

A experiência e a dedução no conhecimento físico

construção da noção física de conservação e do atomismo

Adrián Oscar Dongo Montoya

Como citar: MONTOYA, A. O. D. A experiência e a dedução no conhecimento físico: construção da noção física de conservação e do atomismo. *In:* GONZALEZ, M. E. Q.; DEL-MASSO, M. C. S.; PIQUEIRA, J. R. C. (org.). **Encontro com as Ciências Cognitivas - volume 3.** Marília: Oficina Universitária; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2001. p. 149-176.
DOI: <https://doi.org/10.36311/2001.85-86738-19-0.p149-176>



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

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

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

A EXPERIÊNCIA E A DEDUÇÃO NO CONHECIMENTO FÍSICO: CONSTRUÇÃO DA NOÇÃO FÍSICA DE CONSERVAÇÃO E DO ATOMISMO

Adrian Oscar Dongo MONTOYA¹

Existem princípios de conservação especificamente lógicos e matemáticos, sem relação imediata com os invariantes físicos. Assim, um conjunto ou um número se conservam, independentemente das operações realizadas com seus elementos, e um grupo algébrico ou geométrico possui propriedades que permanecem invariantes no curso das transformações. Enquanto que tais formas de conservação concernem unicamente aos processos dedutivos, as constâncias físicas concernem, em troca, às propriedades do objeto que vão além das estruturas formais lógico-matemáticas.

A importância que coloca o estudo das noções físicas de conservação e atomismo encontra-se no ensinamento que nos possa dar sobre a especificidade do funcionamento do conhecimento físico enquanto união indissociável entre a experiência e a dedução, e sobre as relações entre o pensamento físico e o pensamento lógico-matemático enquanto pensamento puramente dedutivo.

Com efeito, o conhecimento lógico e aritmético diz respeito de formas que se aplicam a objetos independentemente das suas condições espaço-temporais. E a pesquisa psicogenética mostra que essas formas são retiradas da própria atividade coordenadora do sujeito e não das propriedades dos objetos. O número, assim, é essencialmente uma estrutura que se constitui como síntese das ações de ordenar diferenças (serie) e de inserir objetos em conjuntos de encaixes hierárquicos (classe), de estabelecer correspondências termo a termo entre os objetos discretos. O conhecimento físico, contrariamente, diz respeito as propriedades dos objetos enquanto tais, o que significa o compromisso com os objetos inseridos em relações espaço-temporais e causais.

Noutros termos, as classes e as séries constituem atividades do sujeito sobre os objetos individuais e supostos como invariantes e, por isso, essas atividades são independentes das condições espaço-temporais e causais nas quais as transformações dos objetos acontecem. Contrariamente, quando os sujeitos reúnem e/ou ordenam partes da matéria por exemplo, e isso pela ação material ou pelo pensamento, eles compõem relações de

¹ Departamento de Psicologia da Educação - Faculdade de Filosofia e Ciências - Unesp - Campus de Marília - SP. E-mail: adrian@wnet.com.br

parte e de todo, exatamente com se se tratasse de elementos individuais, mas o todo (como no caso da transformação da bolinha de barro) não é mais aqui um conjunto simplesmente mas sim um objeto individual e para conhece-lo é preciso estabelecer relações espaço-temporais (operações físicas).

A análise anterior nos conduz a assinalar que o conhecimento físico acarreta problemas de difícil solução como as seguintes: se o conhecimento físico encontra-se comprometido com o mundo real, a objetividade desse mundo se reduz à experiência ou essa objetividade implica a contribuição necessária de processos dedutivos por parte do sujeito? Em caso favorável a esta segunda solução, qual a natureza dessa contribuição? Trata-se de uma simples aplicação dos processos dedutivos, como das coordenações lógico-matemáticas formais, aos objetos exteriores, ou trata-se da construção de formas dedutivas indissociáveis dos caracteres particulares dos objetos da experiência física?

A solução adequada desses problemas exige, antes de tudo, a análise pormenorizada do processo de construção das noções próprias do conhecimento físico, tais como as questões que apresenta o estudo do tempo e da cinemática, da mecânica e da composição dos corpos. Neste trabalho, escolhemos este último campo, particularmente as questões que dizem respeito a conservação da substância, do peso e do volume, assim como a questão do atomismo. Para isso, estudaremos previamente a construção da permanência do objeto no plano sensório-motor, como substrato substancial das qualidades perceptivas.

1 Investigação sobre a construção do objeto permanente (plano prático ou sensório-motor)

Contrariamente à noção representativa de substância, que trata da questão da composição dos corpos e da conservação do objeto através de conceitos e instrumentos simbólicos, a noção prática de objeto trata da conservação do objeto através da coordenação de esquemas de ação material.

A noção prática de objeto permanente diz respeito das ações especiais para reencontrar os objetos desaparecidos e portanto diz respeito da propriedade dos objetos de serem reencontrados. Desse modo, a formação dessa noção coloca, já nesse plano de ação material, questões epistemológicas sobre as relações entre a experiência e a dedução e sobre as relações entre as ações lógico-matemáticas e as atividades físicas do sujeito.

A investigação experimental básica sobre o objeto permanente, realizada por Piaget, se encontra na obra *A construção do real na criança*, publicada em 1937, que segue à obra de *O nascimento da Inteligência na criança*, de 1936. Ambos trabalhos se encontram intimamente relacionadas, pois a construção do real pressupõe atividades de organização intelectual de ordem lógico-matemáticas. O problema que se coloca, entretanto, é compreender o modo específico das articulações entre as ações especiais de reencontrar e as ações gerais. Se as ações especializadas de ordem físico como pesar, empurrar, encontrar um objeto escondido, localizar um som, etc. implicam ações gerais como deslocar, reunir, dividir, ordenar, substituir, etc., tratar-se-á, então, de uma aplicação de esquemas ou estruturas de ordem lógico-matemático ou de uma construção simultânea com interações particulares?

A construção do objeto permanente exprime, de modo geral, um processo seqüencial como a que se segue:

Ao começo não existem condutas em relação com os objetos desaparecidos nem, portanto, objetos permanentes. Mesmo após a criança ter aprendido a pegar aquilo que vê e ver aquilo que pega (reação circular secundária), acontece que, durante muito tempo, se se esconde com um pano o objeto sobre o qual dirige a mão, ela retira a mão, apesar de saber perfeitamente retirar um pano colocado sobre o próprio rosto. Todo sucede como se o objeto, ao deixar de ser visível, se reabsorvera no pano, isto é, como se as mudanças de posição fossem concebidos como mudanças de estado.

Mais adiante, a criança, por volta dos 8 a 10 meses, chega a buscar o objeto desaparecido atrás das pantalhas, mas, sem tomar conta ainda da continuidade dos deslocamentos. Esta reação mostra, por um lado, que o objeto ainda não está individualizado, embora integrado no contexto de conjunto numa ação bem sucedida, e, por outro lado, mostra que os deslocamentos sucessivos do móbil não se encontram ainda agrupados, mas sim permanecem centrados em função da ação própria.

No final do processo construtivo, a crescente coordenação das ações tem por efeito agrupar os deslocamentos em sistemas reversíveis (retornos) e associativos (desvios) de conjunto, tais que o sujeito, em lugar de relacionar com a sua posição e sua ação os distintos movimentos dos móveis, se coloca, pelo contrário, ele mesmo, como elemento nesse todo perceptivo e motor. Somente então o objeto se desliga da ação imediata, para se fazer substância permanente, isto é, um invariante susceptível de ser reencontrado em função simultânea dos seus deslocamentos e dos movimentos do próprio corpo.

Como se explica, então, a formação do esquema de objeto permanente? Quais são a seu respeito, as relações entre a ação física, ou seja, a ação geradora de percepções qualitativas especializadas (qualidade física de cor, percepção de peso, constâncias de tamanho e de forma do objeto, etc.) e a coordenação lógico-matemática, isto é, a coordenação geral das ações?

O problema destacado neste parte do trabalho se centra, portanto, na pesquisa do caráter substancial do esquema de objeto permanente. Com efeito, o objeto não é apenas um feixe de qualidades transformadas em constantes mas, antes de tudo, o substrato dessas qualidades, isto é, uma substância concebida como existente fora de todo campo perceptual. Ora, este caráter substancial se forma precisamente ao mesmo tempo que as constâncias perceptuais e em relação a isso o papel das ações e as suas coordenações é de máxima importância. Essa coordenação não é outra senão o “grupo” prático de deslocamentos, enquanto que as ações assim coordenadas são precisamente as ações adaptadas às qualidades físicas de cor, peso, etc., características de cada objeto particular.

Na medida em que o equivalente funcional das atividades lógico-matemáticas constitui o grupo prático de deslocamentos, o problema é saber, então, como se construem a permanência do objeto e o grupo de deslocamentos?

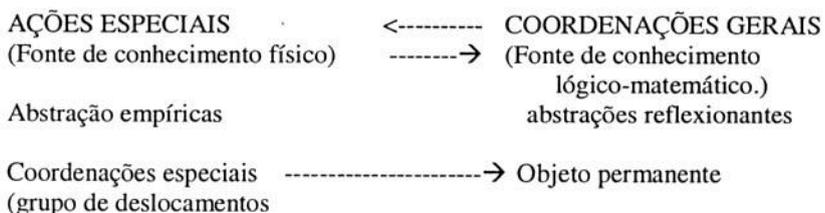
O grande interesse epistemológico que possui a solução dessa questão reside em mostrar a íntima união das ações particulares, fonte de conhecimento físico, e suas coordenações, fonte de conhecimentos lógico-matemáticos.

Com efeito, por uma parte, a criança exerce uma série de atividades especiais sobre as coisas, que lhe permitem descobrir e diferenciar suas qualidades perceptuais: as segue com o olhar, as escuta tratando de vincular os sons com as imagens visuais, as palpa, as frota, as sacode, as levanta, etc. Somente em relação a estas atividades se organizam os distintos elementos perceptuais: resistência, dureza, elasticidade, peso, cor, som, etc. Entretanto, estas percepções das propriedades físicas estão longe de ser suficientes para constituir por elas mesmas um esquema de substância ou um objeto permanente. Por outra parte, as ações especiais somente podem realizar-se coordenando-se entre si. Assim, não apenas acontece que uma imagem visual, sonora, tátil, etc., possa ser percebida unicamente em função de outras imagens do mesmo caráter, simultâneas ou prévias – o que equivale a afirmar que a dependência de cada ação respeito das anteriores – senão que, além disso, os distintos campos estão coordenados entre si mediante coordenações entre os próprios esquemas de ações (assim, a audição é rapidamente vinculada com a visão, esta se coordena com a apreensão

por volta dos 4 ou 5 meses). Então, como estas coordenações não são *associações* entre *sensações* mas *assimilações* ou *integrações* das próprias ações umas nas outras, elas constituem, portanto, o ponto de partida das *estruturações* espaciais e do *esquematismo* do qual procederam as coordenações lógico-matemáticas (classes, relações e os números).

Assim, desde o início das atividades sensório-motoras, as ações especiais, que dão lugar aos primeiros conhecimentos físicos, implicam uma coordenação mútua, e estas coordenações constituem as primeiras formas das que serão as ligações lógico-matemáticas, particularmente as ligações espaciais. Inversamente, no plano da ação, não existe nenhuma coordenação geral sem ações especiais que coordenar.

Existe pois, desde o começo, união entre o físico e o lógico-matemático, não em forma de duas realidades, independentes no começo, que entram em contato, mas sim em forma de dois aspectos ao mesmo tempo indissociáveis e irreduzíveis da mesma totalidade ativa. É justamente essa conexão *sui generis* a que explica a formação do esquema dos objetos permanentes: na exata medida em que as ações especiais exercidas sobre as coisas são coordenadas entre si, estas coordenações próprias do sujeito, que atuam sobre a realidade, vão gerar efetivamente, o grupo prático de deslocamentos, o invariante de grupo que representa o objeto permanente, e as regulações que permitem atribuir a este objeto determinadas qualidades perceptuais convertidas assim em constantes (no sentido de constâncias de cor, de tamanho etc.). (PIAGET, 1974, p. 117)



A construção do objeto permanente mostra, assim, desde um começo, a relação particular e indissociável entre as ações especializadas, fontes de conhecimento físico, e as ações gerais, fontes de conhecimento lógico-matemático. Por um lado, as ações tais como deslocar, reunir ou separar, ordenar, substituir, etc. que são adquiridas tanto através do exercício como através da maturação, não tomam suas características dos objetos; elas resultam de experiências que o sujeito realiza com seus próprios movimentos, utilizando objetos qualquer, e conduzem a estruturar as ações próprias quanto dos dados exteriores. Por essa razão, estas ações, as mais gerais, em vez de abstrair sua estrutura do objeto, vem acrescentar ao obje-

to caracteres retirados da atividade do sujeito (abstração reflexionante), e poderão algum dia ser executados reflexivamente e *abstratamente* em ausência de toda aplicação a objetos atuais. Por outro lado, as ações de empurrar, de pesar, encontrar um objeto escondido, ainda constituindo atos (portanto relativos ao sujeito), acabam numa acomodação a certos caracteres particulares do objeto (sua massa, seu peso, substância, etc.) e implicam em consequência uma experiência referida ao objeto, assim como uma abstração a partir do objeto (abstração física ou empírica). Ora, além dessas diferenças, há uma relação importante a ser destacada:

[...] as primeiras das ações intervêm necessariamente no seio das segundas, enquanto que a recíproca não é verdadeira: para poder empurrar um objeto, sopesa-lo, avaliar a sua cor, localizar o som que produz, encontrar depois que se esconde, etc., há que coordenar movimentos, assimilar estas ações a esquemas anteriores, seriar os elementos da conduta, reunir alguns deles e dissociar outros, etc. Noutras palavras, desde a mais elementar ação sensorio motora, se fazem necessárias uma lógica e uma geometria para captar as qualidades físicas, enquanto que, por mais que a coordenação geral das ações pressuponha a existência de ações particulares que é necessário coordenar, estas podem ser qualquer e não intervêm na especificidade do mecanismo da coordenação. (PIAGET, 1974, p. 107)

A união entre as ligações lógicas-matemáticas e as ações físicas pode conduzir a imaginar tratar-se de uma aplicação das coordenações gerais, previamente construídas, às ações particulares, entretanto, para Piaget, nada seria mais enganoso que uma tese dessa natureza. Para este autor, seria, pois, falso imaginar que o objeto permanente, deva sua invariância à aplicação de esquemas lógicos (identidade) ou matemáticos (grupo de deslocamentos), a dados físicos prévios ou, ainda, a uma inserção de dados físicos a esquemas lógico-matemáticos prévios. Pelo contrario,

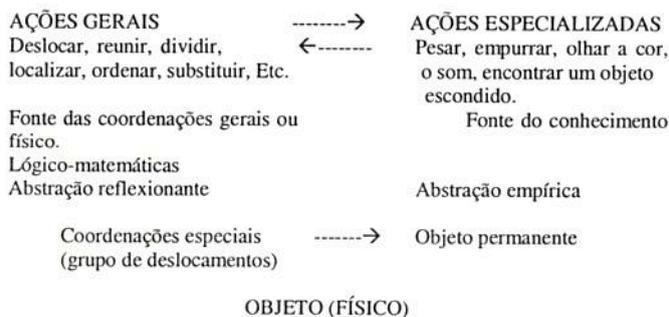
As ações físicas, ao proporcionar o conhecimento das qualidades do objeto, são aquelas que em virtude da sua própria coordenação, atribuem estas qualidades a um substrato de conservação; e esta coordenação, que se inicia junto com tais ações especializadas, é a que constitui a raiz dos esquemas lógico-matemáticos mencionados. (PIAGET, 1974, p. 106)

O anteriormente assinalado conduz a falar de uma *coordenação específica* no conhecimento físico, o qual se manifesta, na construção do objeto permanente, pelo grupo pratico de deslocamentos. Assim, o próprio Piaget esclarece a partir da seguinte questão:

Em que consiste, então, a coordenação específica do esquema substancial? Não poderia se tratar de identificação somente, pois a noção de objeto é relativamente tardia e acaba somente com o fechamento

do grupo prático de deslocamento. É ao contrário, a reversibilidade, própria a esta organização de deslocamentos, que explica a invariância do objeto: as ações de reencontrar tornam-se constitutivas do esquema de substância a partir do momento na qual se organizam em relação com o grupo qualitativo dos movimentos do sujeito, e é em função deste grupo prático que os deslocamentos exteriores do móvel são eles mesmos grupados de maneira a conferir a um tal móvel a qualidade de poder ser reencontrado. (PIAGET, 1974, p.119-120)

O objeto permanente resulta, desse modo, de uma solidificação das qualidades físicas inerentes ao modo de composição reversível das ações que os diferenciam, e é por correspondência com a coordenação das ações dos sujeito que o objeto é assim inserido, a título de invariante, no sistema das transformações percebidas no real.



2 Investigação sobre o desenvolvimento das noções físicas de conservação e do atomismo na criança

A investigação experimental realizado por Piaget em 1941, *O Desenvolvimento das quantidades físicas na criança* junto a crianças de 5 a 12 anos aproximadamente, sobre a transformação da forma da matéria (estudo com bolinhas massa) e sobre a transformação do estado da matéria (dissolução do açúcar) mostra dados surpreendentes para uma visão acabada do conhecimento. A investigação sobre a dissolução do açúcar mostra tanto as questões sobre as noções de conservação como sobre o fenômeno do atomismo nas etapas sucessivas da organização do conhecimento físico. Assim, primeiramente, se mostrarão e analisarão os fatos sobre esses assuntos e seguidamente se mostrará as suas implicações teóricas no sentido da natureza das relações entre a experiência e da dedução.

2. 1. A formação da noção de conservação substancial e os primórdios do atomismo infantil.

Os dados sobre a transformação da matéria mostram limitações sérias da experiência inicial da criança e das *deduções* iniciais do espírito infantil, como bases para a explicação causal. Esses dados mostram, igualmente, a formação progressiva das coordenações mentais específicas na organização dos dados da experiência física.

A atitude inicial da criança se caracteriza pela submissão à experiência imediata e isso em oposição a qualquer dedução e raciocínio. Assim que o açúcar se dissolve completamente e sai do campo da percepção, a criança acredita em seu aniquilamento na qualidade de substância. Isso significa então que a garantia da continuidade da qualidade substancial da matéria é a percepção atual ou imediata (aqui e agora) e não qualquer procedimento dedutivo. Essa atitude implica em acreditar somente na aparência fenomênica dos objetos, isto é no seus estados momentâneos e perceptíveis (fenomenismo) e de atrelar a permanência substancial aos esquemas de atividade própria (egocentrismo), como o peso- força, o gosto-qualidade-pura, as *migalhas* resultantes de um devir biomórfico e a própria substância reduzida a uma força de crescimento ou decrescimento etc., contrariamente a composições a serem efetuadas sobre a transformação operatórias do objeto.

A atitude espontânea inicial dessas crianças é exprimir a não conservação do volume, do peso e da substância e essa não conservação vai até a desapareição total da matéria dissolvida. Isso aparece desde o emprego que a criança faz da expressão *dissolvido* (hipótese do aniquilamento): *dissolvido* significa que “não há mais açúcar”, “não existe mais”, “não estará mais”, “terá desaparecido”, “não restará mais nada” etc.

Mesmo perante dados que desmentem a sua previsão e a sua crença, como o fato de que no final da dissolução efetuada o nível da água não baixar e o peso continuar o mesmo, as crianças permanecem insensíveis e inabaláveis a esses novos fatos. Quando o nível de água permanece constante após a dissolução do açúcar, algumas crianças manifestam uma atitude prudente ao manifestar não compreender nada: “não sei”, “não consigo compreender por que”. Outros contestam os fatos ou afirmam que descerá depois: “ele desceu”, “desceu um pouco”, continuo a mesma altura, mas amanhã ela vai descer”, “descerá após alguns dias”. Um terceiro tipo de reação consiste em ligar entre si os dados imediatos da experiência sem procurar razão ou em ligar qualquer coisa a qualquer outra, desde que os elementos assim reunidos sejam dados simultaneamente na percepção: “ficou de repente assim”, “quando sobe, fica”, o que significa enunciar sem nada acrescentar ao fato a ser explicado, constituindo assim uma relação

legal sem causalidade. Outros limitam-se a dizer que se a água não desce é que “não existe nada para puxa-lo para abaixo”, coerentemente com a sua atitude fenomenista egocêntrica.

Quanto à maneira pela qual essas crianças interpretam o fato da experiência da constância do peso, medido pela balança e contrario a sua previsão anterior, ela não difere em nada às reações perante a constância do nível da água: “ficou de repente assim”, “não consigo explicar”, “há mais água que antes [...] não, não sei”.

Nessas reações a atenção da criança é atraída por um certo número de dados intuitivos, que ela examina um a um: é a aparência do açúcar em pedaços maiores e depois em migalhas, sua desapareição do campo visual, o gosto da água após a dissolução, a subida do nível e depois sua constância, os pesos respectivos do copo contendo o açúcar antes e depois da dissolução, etc. Ora, no curso desta primeira etapa, por mais que o sujeito perceba que o açúcar imergido faz subir o nível da água, ela não coordena esta primeira relação perceptiva com o fato de que a água não se abaixa quando o açúcar se encontra em *migalhas* ou mesmo quando ele se acha inteiramente dissolvido. Por mais que constate que a água adicionada de três torrões de açúcar ainda inteiros pesa mais que a água pura, ela não estabelece nenhum elo entre essa observação e o fato de que o peso permanece o mesmo após a dissolução. A permanência do gosto, por seu lado, não é relacionada com a constância do nível nem com o peso. A existência das migalhas, por fim, não é em nada o início de seccionamento que prosseguirá além das fronteiras da percepção, até a constituição de corpúsculos insecáveis, pois, para a criança, após as *migalhas* não há *mais nada*. Em resumo, tudo se passa como se a criança se limitasse a registrar sucessivamente todos os dados oferecidos à percepção, mas sem uni-los num todo coerente. Ela não coloca esses diferentes dados qualitativos em relações recíprocas e a construi, com esse objetivo, um esquema operatório ao mesmo tempo lógico e quantificante que permita passar de uma constatação a outra, no espaço e no tempo, sem contradições.

É importante lembrar que o pensamento intuitivo não é absolutamente passivo pois ele não deixa de estabelecer relações impostas pela constatação empírica (*a água sobe quando se emerge o torrão de açúcar*) e pré-ligações impostas pelo eu (*o açúcar empurra a água como quando se põe a mão na água*), entretanto, esse pensamento permanece limitada ao campo da percepção atual. Ultrapassar essa situação exige a continuação e a correção da intuição inicial pelo jogo da operação que o transformará completando-a, pois constituir um sistema de conjunto supõe que os estados “atuais” estejam como em função de operações físicas, isto é, de deslocamentos espaço-temporais reversíveis. Contrariamente a este modo de pen-

samento, as crianças desta etapa somente conseguem estabelecer relações atuais e justaposições sucessivas de estados, sem uni-los operatoriamente.

O caracter irreversível das relações percebidas ou estabelecidas pela criança além de explicar a não conservação geral própria desta primeira etapa, explica também o fato de que o sujeito não prolonga em atomismo as transformações, no entanto muito sugestivas e bem acentuadas pelo açúcar em migalhas ou frações cada vez mais pequenas. Apesar de observarem a pulverização no decorrer da dissolução, essas crianças não atravessam os limites da percepção fenomenista e não chegam ainda àquela dedução que, ultrapassando-os, constituiria um atomismo propriamente dito, isto é, construído e não mais perceptível. Para Piaget (1983, p. 124)

[...] bastaria compreender que essas 'coisinhas', essas 'migalhas', essas 'poeira', resultam de um fracionamento do pedaço inicial para que, o fracionamento continuando cada vez mais próximo, ele chegue a corpúsculos supostos ao mesmo tempo invisíveis e existindo ainda a título de substância. A melhor prova de que esse raciocínio é fácil de imaginar é que desde a fase seguinte um bom número de crianças e ele chegará.

Mas, por que as crianças desta fase são incapazes de alcançar o atomismo, para as quais essa hipótese seria tão útil para levantar as contradições em que os encerra seu fenomenismo?. Para Piaget, se elas fracassam em efetuar tal construção, é, pois, simplesmente, que a desagregação do torrão em migalhas não resulta para elas de uma operação de seccionamento, mas sim de um devir ainda intuitivo. A pulverização é concebida como uma evolução ou involução espontânea do açúcar e por isso não reversível, pelo qual é lógico pensar que venha dar num aniquilamento progressivo e sem retorno. A partir do momento, ao contrário, em que ela for assimilada à operação de fracionamento, então por pequenas e invisíveis que se tornem as frações atomísticas assim engendradas, será sempre possível inverter em pensamento a operação e tirar desta composição reversível as noções da totalidade invariante da substância, do peso e do volume do açúcar.

Entre os casos francos de desaparecimento, examinados anteriormente, e os exemplos nítidos de conservação substancial, observa-se um grande número de casos intermediários. São, ora crianças que se acham ainda levadas a crer no aniquilamento do açúcar dissolvido, mas que a experiência da constância do nível de água e do peso os conduzem a procurar uma explicação na direção da conservação do açúcar, ora sujeitos que, de saída, apresentam essa conservação, mas hesitam e se contradizem segundo as diversas observações sucessivas. Esses dois progressos não fazem mais que um, pois, por um lado, aqueles que só parecem chegar às

idéias da conservação graças à coerção da experiência, testemunham, por isso, um progresso notável das noções que intervêm em seu raciocínio, pois os mesmos fatos da experiência não convenciam em nada as crianças da etapa precedente. Isso mostra que uma construção dedutiva é sempre necessária para a leitura dos fatos experimentais e o fato de que essa leitura ensine alguma coisa a esse primeiro grupo de sujeitos mostra suficientemente, portanto, que seus conceitos e seus procedimentos de composição lógica acham-se em vias de transformação. Por outro lado, aqueles que somente o raciocínio parece conduzir aos começos da conservação (segundo grupo) são certamente influenciados por fatos de observação tirados da experiência passada ou colocado em evidência pela discussão com a pessoa que interroga a criança. Nos dois casos, portanto, há ao mesmo tempo progresso do raciocínio e progresso na submissão à experiência real, que é construída e não mais imediata.

Apesar dos progressos observados nesses dois grupos, nessas respostas intermediárias a criança raramente chega a idéia de uma conservação completa da substância do açúcar, isto é, da invariância da quantidade de matéria. Na maioria dos casos, a criança admite simplesmente que **alguma coisa continua** e limita-se a ensaiar compreender sob que forma, sem precisar se se trata ou não da mesma quantidade. Mas esse começo de permanência qualitativa já marca certamente um grande progresso em relação ao aniquilamento completo, próprio da primeira etapa.

Mas como explicar o fato dessas crianças realizarem a descoberta fundamental, isto é, que alguma coisa permanece após a dissolução?

É preciso invocar, em primeiro lugar, **a experiência**: por um lado, a permanência do gosto, o fato de se falar de água açucarada e distingui-la da água pura, constituem, os primeiros dados donde procede a presunção da conservação. Por outro lado, o peso e o nível da água –seja que a criança tenha podido constatar anteriormente uma semiconstância, seja que ela descobre inteiramente quando das verificações finais –, representam também um papel essencial. Assim, é evidente que a experiência participa na gênese da *continuação de alguma coisa*, que é o início da conservação. O problema é saber de que tipo de experiência se trata. Trata-se de uma experiência construída e real ou de uma experiência imediata e fenomênica, trata-se de uma leitura que consiste numa dedução ou de uma percepção?

As crianças da primeira fase são esclarecedores a este respeito. Nessas crianças, nem o gosto, nem mesmo a constatação da identidade de peso e do nível bastam para abalar a sua crença no aniquilamento do açúcar, quanto que para as crianças da fase intermediária essas fatos os perturbam e provam a conservação. Assim, não são, pois, as relações perce-

bidas pela experiência imediata que chegam para engendrar a noção de conservação da substância, na medida em que para as crianças da fase precedente, esses dados da experiência direta não ocasionam nenhuma composição dedutiva e por isso não bastam para abalar a crença no desaparecimento.

O problema que se coloca então é entender como é que as crianças da fase intermediária, agora estudadas, conseguem tirar partido dos mesmos dados para deles induzir a conservação e desse modo não acreditar mais no aniquilamento total do açúcar?

A interpretação do gosto é bastante significativa, pois de momentâneo e não substancial o sabor açucarado torna-se durável e expressa a substância. O que se produz, no raciocínio da criança, entre o momento em que o sabor não é para ela mais que momentâneo e insubstancial e aquele em que se torna durável e indica a existência de uma matéria subjacente? Para Piaget (1983, p. 133),

Não existe outra solução, com efeito: ou uma qualidade parece bastar-se a si mesma, mas é então que ela é relacionada inconscientemente às ações daquele que percebe, ou então ela é desligada desse grupamento ilusório e, para fazê-la ingressar num grupamento real, é preciso então fornecer-lhe um substrato. É por isso que os dois novos caracteres do 'gosto', a permanência e a substancialidade, não constituem, na realidade, mais que um só: eles são simplesmente a expressão de um início de coordenação descentrada ao eu e que procura seu novo ponto de apoio na realidade das 'operações físicas'.

A interpretação dada pela criança sobre a constância de peso ocasiona considerações inteiramente análogas. Todos os sujeitos examinados pensam, antes da experiência final, que o peso dos torrões de açúcar acrescentados ao da água vai desaparecer com a dissolução ou, pelo menos, diminuir notavelmente. Ora, assim que nas constatações experimentais que vem no fim do interrogatório, esses mesmos sujeitos descobrem que o peso permanece constante, disso tiram imediatamente a conclusão de que a substância se conservou. Contrariamente às crianças da primeira fase, nas quais a medição do peso vinda no fim do interrogatório não conduzia em nada a criança a supor a conservação do próprio açúcar, nos casos intermediários da etapa II A observa-se, esse dado experimental ora provocar de saída, ora reforçar, a crença na conservação da substância.

Essa coordenação se explica, é evidente, da mesma maneira que a descoberta da substancialidade do "gosto", pela necessidade de atribuir qualquer qualidade sensível a um *substratum* de que a constância e as transformações sejam componíveis num sistema objetivo. (PIAGET, 1983, p. 134)

A coordenação do nível da água e da substância é também nítida, apesar dos resíduos de fenomenismo em algumas crianças. Para a maioria dos sujeitos, a água descerá de novo a seu nível inicial, após a dissolução. Quando eles constatam, a seguir, que o nível não se alterou depois da imersão dos pedaços de açúcar, disso concluem imediatamente pela conservação do açúcar.

A explicação dos três fatos, a coordenação espontânea antes das experiências finais entre o *gosto* açucarado da água e a continuação da substância, o relacionamento súbito que se efetua no fim do interrogatório entre a permanência do peso e do nível que constata pela experiência e a invariante substancial que deduz, explicam-se, na teoria de Piaget, pela passagem do fenomenismo egocêntrico da etapa I para a composição operatória que se concluirá na etapa IIB. Nas crianças da Etapa IIA, observa-se um processo de diferenciação e de coordenação complementares das qualidades ou relações percebidas e este começo de composição basta para explicar a conservação nascente da substância.

Para Piaget, essa composição consiste em substituir, na medida do possível, o devir intuitivo por um sistema de fracionamentos e de deslocamentos das partes no espaço e no tempo, substituindo assim a noção de qualidades fluentes e subjetivas (devir qualitativo) pela de objetos móveis deixados invariantes no curso de seus deslocamentos.

Em definitivo, os casos mais avançados desta etapa IIA chegam, pois, seja para explicar a permanência da substância açucarada, seja para a ela ligar o peso e o nível constantes revelados pelas experiências feitas no fim do interrogatório, a conceber um sistema de *operações físicas* que coordenam todos os dados numa composição de conjunto: o pedaço de açúcar é formado de grãos que se podem deslocar após o fracionamento de conjunto, mas essa decomposição e esses deslocamentos deixam invariante não apenas cada grão individualmente mas também a totalidade constituída por essa reunião. *É na medida em que essas diversas relações percebidas tanto sucessiva quanto simultaneamente são assim coordenadas num agrupamento de operações e não mais numa simples fusão de qualidades que se impõe uma certa consistência substancial que ultrapassa o fenomenismo egocêntrico da etapa I.* (PIAGET, 1983 p. 139, *itálicos nosso*)

Contrariamente à etapa IIA, onde a conservação é afirmada de maneira incompleta (conservação qualitativa, no sentido da subsistência de alguma coisa) e tendo como base dados empíricos, a etapa IIB é caracterizada pelo fato da conservação ser afirmada de modo completo e necessário ou *a priori*. Mas como as crianças desta etapa conseguem, de maneira *a priori*, a conservação da substância? No caso das bolinhas de barro, por uma dupla composição reversível das relações de comprimento, largura,

etc. (deslocamento da matéria) e das relações de parte e todo (partição ou fracionamento da matéria), isto é, por duas composições ora complementares, ora reunida numa só totalidade operatória, caso em que conduzam à quantificação extensiva.

A quantidade intensiva se define simplesmente pelas relações de parte e todo e as relações de diferença. Por um lado, ela se limita a afirmar que o todo é maior que a parte ou que uma parte tem a mesma grandeza que ela mesma, mas sem comparar uma parte qualquer a outra parte, por outro, que entre A e C há maior diferença que entre A e B ou entre B e C, mas não se sabe quanto de diferença há entre eles. Este tipo de quantidade é aquela que intervêm somente em lógica e em todo grupamento lógico, o que é evidente, pois para exprimir os encaixes de classes a linguagem lógica conhece somente as quantidades *um*, *nenhum*, *alguns* e *todos*.

Tanto no campo dos objetos discretos como dos objetos espaço-temporais ou infralógicos a quantidade intensiva alcança essas relações e esses encaixes, o que é manifestação do acabamento do grupamento lógico. Noutros termos, a quantidade intensiva se constitui graças as operações lógicas e físicas, cujo desenvolvimento pode ser seguido passo a passo. Entretanto, ela não é ainda uma quantidade extensiva, porque esta última pressupõe a unidade: se em lugar de estabelecer $A+A'=B$ ou que $a+a'=b$ podemos igualizar os termos $A=A'$ ou as diferenças $a=a'$, teremos, então, $B=2A$; $C=3A$; etc. (ou $b=2a$; $c=3a$; etc.), isto é, uma série de números ou de segmentos. A passagem da quantidade intensiva para as quantidades extensivas e métrica, e isto do ponto de vista duplo das operações lógicas e espaço temporais, se opera não pelo acréscimo de novas operações, mas pelo re-grupamento das operações em jogo nas grupamentos precedentes (grupos matemáticos).

No caso da dissolução do açúcar, superar o fenomenismo egocêntrico significa estabelecer quantificações intensivas e extensivas, portanto substituir o devir qualitativo por essas mesmas operações de fracionamento e deslocamento que ocorrem na transformação das bolinhas de barro (transformação da forma da matéria). A invariância substancial é adquirida desde que os grãos sucessivamente engendrados (tempo) pelo fracionamento do torrão se deslocam simplesmente no interior do copo (espaço), em lugar de desaparecer. Assim, a pulverização e o espalhamento ou dispersão combinados explicam a permanência do gosto e da substancia.

Essas mesmas operações explicam o nascimento e o desenvolvimento progressivo do atomismo, em quanto modo de explicação da conservação da matéria:

- 1 Modelo explicativo de liquefação. Mais freqüentes no nível IIA, consiste simplesmente em imaginar uma liquefação que prolonga somente os

dados da percepção. Se esta hipótese não reduz ainda a dissolução a operações espaço-temporais e continua a referir-se a um devir intuitivo e irreversível, ela permite, entretanto, considerar o açúcar, uma vez liqüefeito, como um objeto constante, cujos deslocamentos no copo de água não alteram mais as propriedades.

- 2 Pulverização com liquefação. Este segundo modelo explicação da conservação da substancia se manifesta quando a liquefação sucede a uma primeira fase de pulverização, a qual anuncia o atomismo propriamente dito. Assim, quando uma criança diz que o açúcar se dissocia primeiro em *migalhas* ou em grãos, que se espalham na água e são a causa do seu gosto açucarado. Somente em vez de imaginar esses grãos como circulando doravante sem alteração, o que teria dado a solução atomística definitiva, a criança procura conciliar a sua descoberta com o aniquilamento aparente: a liquefação.
- 3 Pulverização atomística. As crianças do terceiro tipo passam diretamente da pulverização fornecida pela percepção à hipótese atomística. Elas chegam em parte espontaneamente e em parte sob a influência das constatações experimentais a um modo de composição causal que elimina qualquer transformação intuitiva ou irreversível em proveito de puras operações de fracionamento do açúcar e de deslocamentos dos corpúsculos assim engendrados.

Observa-se assim, quanto o estudo do desenvolvimento do atomismo, espontâneo fornece as provas da constituição e passagem da quantificação intensiva para a extensiva: nascido dos grupamentos infralógicos de partição e de deslocamentos, o atomismo constitui nas suas origens o protótipo da quantificação intensiva pois tem por objetivo único explicar a conservação. Mas, pelo fato mesmo de que os grãos são também igualizáveis, por tanto, redutíveis a uma coleção de unidades, esta quantificação se desdobra imediatamente de uma métrica implícita, a coleção de grãos constituem, com efeito, um *conjunto numerável* em analogia aos números mesmos.

Em resumo, pode-se concluir até aqui que a formação da noção de substancia e do atomismo implicam tanto a constituição da estrutura lógica de grupamento como a estrutura matemática de grupo. Noutras palavras, a estrutura lógica de grupamento como a estrutura matemática de grupo, coordenando as transformações físicas, alcançam a constituição da conservação da substância e da explicação atomística inicial. Isso pode conduzir a pensar que a organização dedutiva na formação da noção da substância e do atomismo consiste numa simples aplicação de estruturas lógico-matemáticas previas e formais, aos dados exteriores nas transforma-

ções físicas. Hipótese plausível mas não verdadeira, como teremos a oportunidade de observar mais adiante.

2.2 Progressos e defasagens das noções de conservação e do atomismo na criança

Alcançados a compreensão da formação da noção de conservação da substância e das formas iniciais de explicação atomística, o problema que surge imediatamente é porque as composições operatórias que as possibilitam não se aplicam ao peso e ao volume? Noutros termos, contrariamente ao que poderia se esperar, de que as duas operações combinadas dariam seguimento à quantificação do peso e do volume, as atitudes espontâneas dessas crianças, que precedem a constatação final dos dados da experiência, exprimem que os grãos atômicos do açúcar *não tem peso e não ocupam mais lugar*. Porque isso acontece?

Para Piaget (1983, p.143), no caso da transformação das bolinhas de barro observa-se uma defasagem do fenomenismo egocêntrico segundo as ações às quais se aplica o grupamento operatório. Se a substância corresponde à ação de encontrar, o peso, à de sopesar, e o volume à de contornar ou rodear, é claro, com efeito, que será mais fácil, quando do fracionamento de um corpo e da dispersão dos pedaços, agrupar as ações do primeiro tipo e do segundo que as do terceiro, isto é, o fenomenismo e o egocentrismo durarão mais nas segundas ações que nas primeiras, e nas terceiras que nas segundas. Com mais forte razão, quando se trata de um pedaço de açúcar, cujas partículas tornadas invisíveis podem produzir somente ações ou experiências “mentais”, é relativamente mais fácil imaginar-se que se encontra cada um desses grãos espalhados, enquanto que sopesá-los parece despido de qualquer sentido e representar-se o lugar que eles ocupam na água, mais irreal ainda, pois eles são “mais finos que a poeira e não se vê mais”.

Quanto às quantificações dessas qualidades, encontra-se no exemplo da dissolução do açúcar e mesma dificuldade que no das bolinhas de barro: pode-se admitir que uma mesma parcela de matéria conserve as mesmas qualidades quando é agregada ao todo de que faz parte, quando é deslocada ou mesmo completamente separada de outras parcelas? No caso da substância, não há problema e é por isso que essa invariante é conquistada em primeiro lugar: um grão é *o mesmo* se se o veja ou não e seja ele deslocado de um lugar a outro. Sejam quais forem as suas deslocções, as partículas permanecem sempre iguais, em sua soma, ao todo que era o pedaço inteiro antes de sua dissolução. Ao contrario, o mesmo fracionamento e os mesmos deslocamentos das mesmas partículas não autorizam, segundo a criança, a mesma composição quando se trata do peso: a soma dos pesos dos grãos não é mais igual à do todo inicial, porque “estarão em migalhas

muito pequenas, *não será mais em bloco*. Quanto ao volume, o mesmo acontece, mas com a dificuldade a mais em compreender que as partículas espalhadas ocupam espaço, embora invisíveis.

Com efeito, no caso da transformação das bolinhas de barro, uma vez adquirida a noção de conservação de matéria, quando é colocada as mesmas perguntas em relação do peso da bolinha deformada se descobre o fato seguinte: durante dois anos a mais, em média (até os 9 ou dez anos aproximadamente), a criança que tem corretamente raciocinado para deduzir a conservação da matéria, contesta a conservação do peso, precisamente com os mesmos argumentos que ele rechaça perante a quantidade de matéria. Admite, por exemplo, que a bolinha de barro esticada em forma de pão perde seu peso porque fica mais fina, no entanto afirma que conserva a sua matéria, já que a sua finura esta compensada pelo estiramento. Somente depois dos nove anos a criança descobre a conservação de peso e o justificará em razão dos mesmos argumentos (e utilizando as mesmas expressões verbais) que já utiliza desde os sete e oito anos em relação à matéria. Uma desafagem análoga acontece em relação ao volume: quando se lhe interroga sobre a conservação do volume a criança nega este invariante até aproximadamente os doze anos, em nome das mesmas aparências que tem sabido afastar nos campos da matéria e do peso. Por volta dos doze anos, em troca, aceita este invariante do volume, em nome dos mesmos argumentos já utilizados faz dois e quatro anos para o peso e a matéria: identidade, reversibilidade das ações e composição reversível das relações.

No que diz respeito as noções de conservação do peso e do volume, e do progresso do atomismo, na dissolução do açúcar, se faz necessário analisar o processo da sua construção para observar as contribuições particulares da experiência e da dedução e a natureza específica das coordenações lógico-matemáticas envolvidas.

Uma etapa seguinte à conservação da substância se configura quando a criança, no decorrer do interrogatório, seja espontaneamente, seja pela intervenção do experimentador, começa afirmando a permanência do peso, mas sem necessidade *a priori* (subetapa IIIA). Analogamente à subetapa da conservação da substância (IIB), estas crianças admitem que depois da dissolução o açúcar “será um pouco mais pesado que a água pura, porque os fios do açúcar ainda continuam dentro”, mas não a mesma quantidade que o açúcar inteiro. Um passo a frente é dado quanto a criança admite a conservação da quantidade total das partes dissolvidas (subetapa IIIB): “o peso continua igual, porque, quando se dissolve, fica igual”. O peso continua “o mesmo, porque o açúcar deixa o seu peso lá. Ele se dissolve e isso não muda nada no peso.”

Esses dados colocam imediatamente dois problemas: compreender como a criança chega à idéia de uma conservação precisa do peso e por que o processo de pensamento que lhe permite cumprir esse progresso não o conduz, por esse fato mesmo, à conservação do volume do açúcar.

É importante lembrar que as crianças da etapa IIB chegam a construção da invariante substancial por uma composição simultânea dos deslocamentos e dos seccionamentos, mas se recusam a aplicar essa composição às reações de peso. Assim, a soma das partículas dispersas no copo de água é igual ao torrão inteiro inicial, se se considera simplesmente a substância açucarada, mas ela não parece mais igual do ponto de vista do peso, porque uma determinada partícula pesa menos se for ao mesmo tempo seccionada e afastada das outras do que se for agregada ao pedaço total e aproximada de suas vizinhas num bloco único.

No que diz respeito aos sujeitos do nível III, se estes descobrem a conservação do peso, se deverá, portanto, a um sistema de composições que assegure simultaneamente a igualdade do peso total e o da soma das partes e a igualdade das partes entre si ou a identidade de uma mesma parte, sejam quais forem as suas deslocamentos. É isso que se constata nos sujeitos da subetapa IIIA, quando dos conflitos entre a antiga dificuldade dá subetapa IIB e o novo grupamento. Assim, uma criança acredita, de início, numa diminuição de peso, “porque o açúcar estava junto, ficava mais grosso, enquanto que os grãos estão espalhados na água”; em seguida, porém, igualiza o todo inicial e a soma das partículas porque “é a mesma coisa, é um açúcar para cada um”. Quanto os sujeitos da subetapa IIIB, eles afirmam de saída a conservação do peso e a unem à substância precisamente em nome da dupla composição que conduz à conservação (quantificação intensiva e extensiva).

Mas porque somente neste nível de desenvolvimento que a igualdade ou identidade dos pesos das partes, independentemente dos seus seccionamentos e deslocamentos, é admitida pelas crianças? Para Piaget (1983, p. 150), “Não era o mecanismo formal da composição que constituía a dificuldade para os sujeitos da etapa II, pois eles aplicavam com sucesso a mesma composição à substância. Se a igualização das diferenças ou das parcelas é mais tardia para o peso, é que, como já vimos muitas vezes, a ação de “pesar” ocasiona um egocentrismo mais resistente que a de “encontrar” e que a qualidade do peso-fôrça depende assim mais tempo da forma e da posição do objeto pesante”. Isso mostra a condição de indissociabilidade da forma e conteúdo na construção das qualidades físicas.

Certos sujeitos do nível IIIA confirmam de maneira mais notável a oposição do peso concebido como uma relação componível e do

peso como qualidade de ação: no primeiro caso trata-se do peso físico ou quantitativo, desligado do eu e inserido num grupamento operatório, e, no segundo, do peso do egocentrismo fenomenista. No decurso da subetapa IIIB, ao contrário, o peso intuitivo é inteiramente eliminado, em proveito do peso quantitativo. Assim, a quantificação do peso e, portanto, a igualização das diferenças ou das partes no seio do grupamento operatório das relações é devido, mais uma vez, à descentração das qualidades egocêntricas e à sua coordenação num grupamento que as desliga do eu.

Esse grupamento ou composição reversível das relações de peso se traduz sob a forma de um progresso do atomismo. Por um lado, a grande maioria das crianças imaginam um atomismo que repousa sobre o esquema dos *graozinhos*, das *parcelas*, do *pó* etc. Por outro lado, na medida em que os elementos cessam de ser imponderáveis e são dotados tanto de peso invariante quanto de substância, esse atomismo torna-se tanto mais operatório e adquire o caráter de um verdadeiro esquema de composição quantitativa. É assim que diversos sujeitos tiram desse atomismo dedutivo a idéia de uma recuperação possível do açúcar dissolvido: "será preciso deixar de secar e terá a matéria do açúcar que fica no fundos", diz uma das crianças.

Mas, se a conservação do peso resulta assim da construção reversível própria à composição atomística, porque então esta dedução não acarreta imediatamente a conservação do volume? Se o peso total é concebido como invariante por ser composto da soma dos pesos das partículas que se dissociam e se deslocam no curso da dissolução, porque o volume total não é considerado, ele também, como igual à soma dos volumes parciais dos grãos separados e, por conseqüência, como constante?

Para assegurar a conservação da substância e do peso do açúcar dissolvido, a criança concebe os pedaços imergidos como seccionando-se em partes cada vez mais pequenas e as parcelas finais como se deslocando no seio do líquido, com o grupo desses deslocamentos deixando esses objetos elementares invariantes e o dos seccionamentos sua soma constante. Assim, ao *compor* as transformações materiais em grupamentos coerentes, a criança precisa reduzi-los a *operações físicas* de seccionamentos e de deslocamentos. Mas, porque essas composições construídas não se aplicam ao volume?

Se a criança chega desde a etapa II à idéia de que nenhuma substância se perde e que se pode, assim, sempre encontrá-la em pensamento, nada prova de saída, por isso, que o grão conserve seu peso ao deslocar-se ou diminuir. Desde a etapa III o sujeito descobre, que, se se renuncia à idéia segundo a qual o peso depende dos esforços musculares, e que se ele consiste numa pura relação entre os objetos, então as partícu-

las e, conseqüentemente, sua soma conservarão igualmente seu peso. Mas é esta uma razão para que elas ocupem sempre o mesmo "lugar" na água, para que ao dissociar-se ou se difundir, não se contraíam nem se dilatam e não apresentem nenhuma elasticidade notável? Para essas crianças as partículas estão reduzidas ao ponto de serem invisíveis e seus deslocamentos consistem num espalhamento em toda a água do recipiente: "quando o açúcar é inteiro, tem um lugar onde não pode entrar, mas, assim que se dissolve (= transformado em pequenas parcelas), isso se mistura." A água "descerá de novo, porque os pedaços de açúcar terão ido embora da água e a água ocupará de novo mesmo lugar que linha antes", porque "os grãos estão espalhados na água". Além disso o açúcar permeável, parece sem volume próprio, pelo que diz Piaget (1983, p. 153):

do ponto de vista do fenomenismo egocêntrico, seu 'pó' parece comparável a um monte de areia que absorve a água sem que seu volume se adicione ao desta última e a própria água pode ser concebida como elástica ao ponto de que seu nível não seja de modo algum alterado pela imersão de corpúsculos muito pequenos.

Para compor num grupamento racional as variações do volume de um sólido e dos líquidos, é necessário coordenar entre si não somente as dimensões do objeto, mas sua concentração, seus *cheios* e seus vazios, e eliminar toda compressão ou descompressão. Num tal caso, será mais difícil ainda que no caso do peso descentrar as relações egocêntricas para grupa-las numa totalidade operatória.

A novidade da quarta etapa (com os casos intermediários da subetapa IVA e os casos de conservação total, desde o início, da subetapa IVB) consiste portanto no modo de decomposição que torna possível a elaboração desse novo princípio de conservação e do tipo particular de atomismo que lhe corresponde. Com efeito, o progresso da quarta etapa consiste não apenas em generalizar, aplicando aos volumes dos grãos elementares, o esquema de composição que atribui a cada grão um certo peso e que a soma dos seus pesos considerada como igual à do torrão inteiro inicial, mas também em integrá-lo num novo esquema que o completa: o da compressão e descompressão. Esse novo esquema explica as variações do contorno do açúcar segundo este se encontra em blocos ou pedaços macroscópicos ou se ache espalhado sob a forma de um xarope transparente na água total.

As crianças desta última etapa se representam, então, as matérias tais como o açúcar, a pedra, a terra etc. não mais apenas como simples conglomerado de grãos em estado seja de reunião (=sólido), seja de separação (= pó, poeira, etc.), mas imagina suas diferenças de solidez, dureza, resistência ou densidade como devidas às relações íntimas que unem esses grãos, segundo o esquema de compressão (apertado) ou da descompressão.

A criança distinguira, pois, em cada corpo, por um lado, o “volume global”, que corresponde ao contorno externo e que é igual ao volume dos grãos e, por outro lado, o *volume total* ou *volume corpuscular total*, isto é, a soma dos volumes dos grãos particulares, sem levar em conta os espaços intersticiais. Ora, no caso do açúcar, é precisamente a confusão desses dois volumes que é a razão das dificuldades e da não-conservação, próprias às etapas precedentes. Quando da conservação, é o volume corpuscular total que aparece como se conservando, porque é sempre igual à soma dos volumes invariantes de cada partícula, enquanto que o *volume global* varia em função da dissolução, com somente o volume de cada grão permanecendo constante. Dito mais sucintamente, o *volume global* se transforma segundo as compressões, mas essas transformações deixam invariantes os volumes das *parcelas* e o *volume total* que resulta de sua reunião.

Por outro lado, do ponto de vista do progresso do atomismo é importante destacar que os raciocínios empregados para justificar a conservação do volume aparecem como fazendo mais que um com as próprias operações de composição atomística. Assim, para Piaget (1983, p. 160): “... graças as três operações de secionamento e deslocamento simples ou com compressão e aos seus inversos, o atomismo próprio a este nível e a conservação de volume não constituem mais que um só e idêntico sistema explicativo”.

O anterior estaria mostrando que tanto a formação as noções de conservação como do esquema explicativo da composição dos corpos, supõem uma lógica e uma matemática. Entretanto essa forma de composição lógica e matemática não se reduz a uma simples aplicação de estruturas formais aos dados físicos. Os dados psicogenéticos mostram que as noções de conservação e os diferentes níveis de explicação atomística envolvem operações físicas ou espaço-temporais, fato que revela a união indissociável entre a experiência e a dedução na formação do pensamento físico.

3 Natureza das operações físicas ou espaço-temporais

Quando o sujeito, em presença de objetos individuais supostos invariantes, os reúne em classes ou os ordena segundo suas relações, estas classes e estas séries são independentes do tempo e do espaço, da mesma maneira que os números ou equivalências aritméticas que se estabelece entre eles. Se falará então de operações lógico-aritméticas quando duas condições são cumpridas: que os elementos sobre os quais se conduz a operação são objetos invariantes e que tais operações fazem abstração, na sua ação mesma, as condições espaço-temporais.

Por outro lado, quando os sujeitos reúnem (efetivamente ou em pensamento) as partes da matéria numa só bolinha ou os grãos de substância dissolvida num só pedaço, eles compõem as relações de parte e todo exatamente como se se trata-se de elementos individuais a reunir em classes ou de relações entre sub-classes e classes totais, entretanto, nem a bolinha e nem o pedaço são aqui classes, mas sim um objeto individual. Opõe-se, assim, a partição ou adição partitiva (reunião ou seccionamento de partes) à inclusão ou adição lógica (reunião ou exclusão de objetos em quanto elementos de uma classe), distinguindo a primeira dessas operações da segunda pelos caracteres seguintes: primeiro, ela é infralógico, isto é, o todo que constitui seu limite superior é um objeto individual, segundo, ela visa as partes e o todo enquanto elementos espaciais ou temporais, pois ela os delimita por seccionamentos e não mais por simples distinções abstratas.

Por outro lado, quando os sujeitos concebem os estados sucessivos da bolinha, do açúcar como devidos a seus estiramentos ou a contrações, a descompressões ou a compressões, etc. é claro que eles compõem suas relações da mesma maneira que as relações assimétricas qualquer, susceptíveis de seriações simples (aditivas) ou múltiplas (multiplicativas). No entanto, não se trata aí de seriar objetos como tais, mantendo uns com outros certas relações invariantes como eles, mas sim de seriar os “estados” de um mesmo objeto. Consequentemente, as relações entre estados não constituirão relações qualquer, mas sim colocações espaço-temporais, das quais as transformações são deslocamentos e, do mesmo modo que as partições compõem os objetos que podem ser a seguir classificados, assim também as colocações e os deslocamentos são operações infralógicas que engendram as relações que podem ser a seguir seriadas.

Em resumo, e de acordo com Piaget (1983, p. 352), as operações espaço-temporais ou físicas (infralógicas) possuem a mesma estrutura formal que as operações lógicas, mas apresentam uma outra significação operatória e é por isso que não podem ser compostas com elas, enquanto se organizam segundo os mesmos tipos de grupamento. Como as operações lógicas, as operações físicas podem assim apresentar-se sob uma forma qualitativa, com quantificação simplesmente intensiva, e serem quantificadas extensiva ou metricamente.

4 Operações espaço-temporais na formação das noções de conservação e do atomismo

Os fatos analisados nos itens anteriores mostram, de maneira evidente, que a formação das noções de conservação e do atomismo implicam composições lógicas-matemáticas (grupamento e grupo). As operações

físicas de deslocamento, de fracionamento e de compressão – descompressão, envolvidas na constituição das noções de conservação e do atomismo, atestam essa condição a pesar deles não serem puramente formais e nem resultado da aplicação de outras operações puramente dedutivas.

Entretanto, o fato das coordenações físicas serem lógico-matemáticas pode conduzir a realizar inferências como a que se segue: como os grupamentos operatórios em jogo consistem em adições lógicas de partes e em multiplicações lógicas de relações (sem que intervenha desde o começo quantificação matemática), poderia isso levar a pensar que são os grupamentos lógicos correspondentes, agindo sobre classes e relações qualquer, ou os grupamentos infralógicos de ordem espacial, que, a título de formas prévias, vem a aplicar-se ao problema físico da conservação da matéria. Para Piaget (1973, p.128) tal interpretação não é correta, pois, como ele mesmo diz

[...] tal interpretação seria errônea pois, *de maneira nenhuma há 'aplicação' de grupamentos anteriores, lógicos ou infralógicos, ao problema novo da conservação física da matéria, mas sim organização paralela e convergente das ações conduzidas sobre o conjunto de objetos descontínuos (classes e relações), sobre as propriedades espaciais do objeto e sobre as propriedades físicas, e será, seguidamente, o relacionamento reflexivo de todas as estruturas que constituirá a lógica formal. E, a coordenação das ações físicas que engendra o invariante da quantidade de matéria não deixa de ser uma coordenação lógica (que aguarda ser matematizada) : mas, ela não resulta da aplicação de outras coordenações lógicas e constitui simplesmente uma estruturação paralela a aquele dos outros domínios.* (itálicos nosso)

A melhor prova desse carácter lógico mais ainda não formalizado (não generalizável de um domínio a outro) da coordenação operatória, em jogo na conservação da matéria, é o fato das defasagens, analisadas anteriormente. Com efeito, uma vez adquirida a conservação da matéria (7-8 anos), esses mesmos sujeitos, quando se coloca exatamente as mesmas questões no que concerne a conservação do peso da bolinha de barro deformada, contestam a conservação dessa qualidade. É somente depois de dois anos em media que a conservação do peso é adquirida. De igual modo, quando se interroga sobre a conservação do volume físico, este invariante é negado até os 12 anos a partir das mesmas aparências afastadas no domínio do peso e da matéria. Por volta dos 12 anos , pelo contrário, o invariante do volume é aceito utilizando os mesmos três argumentos já empregados desde dois ou quatro anos para os pesos e para a matéria: identidade, reversibilidade das ações e compensação reversível das relações.

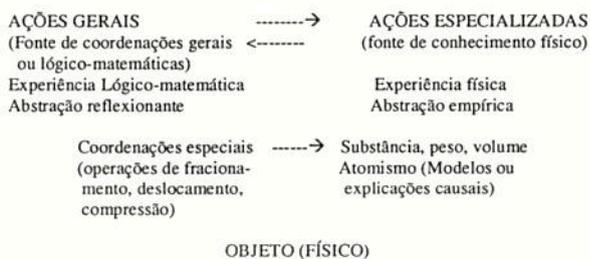
Em relação à dissolução do açúcar, a conservação da substância, do peso e do volume apresentam as mesmas defasagens, com um progresso sucessivo da explicação atomística. Assim, as mesmas crianças que alcançam a conservação quantitativa da substância do açúcar em função das composições complementares das operações de partição e deslocamento, perante a qualidade de peso acreditam que este diminui parcial ou totalmente. Argumentam que *pesa menos* ou *não pesa nada*, pois não é possível imaginar pesar pequenos grãos que não se pode ver ou que é inadmissível sopesar grão muito pequenos.

Essa evolução surpreendente, segundo decalagens de dois em dois anos, mostra não somente a natureza operatória das noções de conservação (contrariamente á hipótese da identificação) mas também, e sobretudo, que as coordenações operatórias em jogo, embora já lógicas na sua composição dedutiva, não são ainda formais, no sentido de que elas podem ser generalizáveis imediatamente de um domínio a outro. A forma e o conteúdo permanecem portanto ainda indissociáveis e indiferenciados. Mostra também que as coordenações operatórias envolvidas na aquisição das noções de conservação física não são o resultado da aplicação de outras coordenações lógico-matemáticas, como aquelas das classes e series lógicas e do número, por exemplo.

Para Piaget, enquanto que sobre os patamares superiores é possível dissociar esta forma lógico-matemática do seu conteúdo experimental, nas suas fases iniciais, pelo contrário, a forma e conteúdo, isto é, a coordenação e as ações coordenadas, constituem uma mesma totalidade, no qual as interdependências são reveladores da natureza do pensamento físico. Assim, do ponto de vista das relações entre a coordenação lógico-matemática (isto é, o grupamento das operações ou das relações engendradas por eles) e o conteúdo físico ou experimental (isto é, as ações particulares efetuadas sobre o objeto e que somente o grupamento as transforma em operações), é claro que essas duas séries de elementos são indissociáveis: de uma parte, não poderia existir coordenações sem ações a coordenar, e estas, de outra parte, não são jamais dadas em estado isolado, mas sim, desde o começo, ligadas por coordenações susceptíveis de regulações diversas nas quais a equilíbrio progressiva alcança a composição reversível. Sobre este ponto diz Piaget (1974, p. 127): “[...] a medida deste progresso estrutural da coordenação, as ações se transformam elas também e reciprocamente, numa organização estreitamente correlativa da forma e do conteúdo”. Assim é uma só e mesma organização de conjunto da ação que estrutura simultaneamente a experiência e sua forma dedutiva.

Concluindo, tanto no plano da ação material como da representação, não é, pois, uma instancia lógico-matemática ou infralógica (es-

paciais), construída anteriormente, que estrutura os dados da experiência; pelo contrário, são as ações físicas especializadas (encontrar, pesar, contornar, etc.) ao coordenar-se em sistemas, conduzem aos grupamentos lógicos e grupos matemáticos, as que são as responsáveis pela descoberta de propriedades e qualidades aos objetos: permanência, substancialidade, de peso e volume. A experiência real, que resulta da transformação da experiência imediata, resulta da coordenação recíproca dos estados e momentos da transformação do objeto, pois abrange os diferentes dados do real num sistema coerente. O próprio modelo explicativo do atomismo se constitui como expressão da composição das coordenações ou operações em questão (operações físicas de deslocamento, de fracionamento, de compressão e de descompressão, etc.).



5 Origens históricas e psicogenéticas do atomismo

Pensando sobretudo na composição química, na qual as composições dos átomos em moléculas chegam a sínteses imprevisíveis partindo das propriedades das partes, Bachelard concorda com alguns autores na idéia de que de que as doutrinas atomistas antigas permaneciam afastadas da idéia de combinação propriamente dita. De qualquer forma, é evidente que se o atomismo grego e o atomismo ingênuo da criança não tem nada a ver com a combinação química, não deixa de ser certo que todo atomismo é o produto de uma composição.

Embora controvertida ainda a hipótese de uma influencia direta do atomismo especulativo dos antigos gregos sobre o atomismo científico moderno, a hipótese da constituição e desenvolvimento da própria razão como fonte do atomismo (todas as formas de atomismo) é fortemente aceito pelos historiadores da ciência, afastados das concepções positivistas. O problema aparecendo somente quanto ao modo de relação entre a razão e a explicação atomística. Assim, para alguns o atomismo é engendrado pelo aparecimento dos números inteiros (Hannequin) e pela identificação (Meyerson) e, para outros pela composição construída racionalmente a partir de intuições sensíveis (Bachelard).

Os dados psicogenéticos analisados nos itens anteriores mostram que se um processo de identificação intervêm em cada um das formas sucessivas de atomismo elementar (substância, peso, volume), ele intervêm somente em conexão com o sistema total de operações componíveis e reversíveis. Assim, identidade constitui apenas um dos elementos da composição operatória. As operações diretas, inversas, associativas são outras formas de composição operatória (grupamentos). Quanto aos princípios científicos de conservação, a identidade racional que eles comportam pressupõe, mais ainda, uma indissociabilidade com as variações racionalmente construídas ou reconstruídas. Essa identidade racional encontra-se implicada na totalidade do sistema operatório. Segundo Piaget (1974, p. 153),

[...] não somente a explicação do físico é feita simultaneamente sobre a transformação como tal e sobre a invariante, mas ainda, e sobretudo, a escolha da invariante encontra-se ligada ao sistema operatório e serve para explicar a transformação mesma. Deste ponto de vista, um princípio de conservação é muito menos a manifestação de uma pesquisa da identidade que a expressão de uma assimilação do conjunto das transformações dadas às operações, na qual a conservação ou a identidade constituem a condição necessária, mas, de maneira nenhuma suficiente para a razão.

Por outro lado, as pesquisas psicogenéticas apoiam a tese de Bachelard, no sentido de que o atomismo é resultado da participação de composições construídas racionalmente. Entretanto quando este autor insiste em que a idéia de átomo tem por matéria as intuições perceptivas precisas, isto é, resultado de uma passagem da intuição para a composição operatória (ilustrada pela fórmula da "metafísica da poeira"), os dados genéticos não lhe são favoráveis.

Do mesmo modo que a visão da poeira numa sala de livros, quando da penetração dos raios de sol, a desagregação do açúcar e do sal em polvo, quando da dissolução na água, pode inspirar a idéia de grão invisíveis, e uma afirmação ditada pela necessidade de conservação. Ora, os dados psicogenéticos analisados nos itens anteriores desmentem a hipótese de Bachelard quanto a essa possibilidade imediata. Embora confirmem a hipótese da necessária composição operatória dos dados da experiência para a formulação da idéia de átomo, desmentem, entretanto, a existência da intuição atomística antes da composição atomística, pois antes da idéia de átomo há simplesmente aniquilamento da matéria, quanto da dissolução total do açúcar ou do sal.

No que se refere à hipótese da redução do atomismo à idéia de número, os dados psicogenéticos não são, igualmente, favoráveis. Com efeito, embora exista parentesco entre o modo de composição próprio ao atomismo nascente e aquele que engendra os números inteiros, isso não

significa identidade de um só e mesmo sistema operatório. As composições próprias ao atomismo são de natureza espaço-temporal, como foram analisadas no item anterior.

As pesquisas piagetianas mostram que a forma elementar de atomismo, correlativa da conservação da quantidade de matéria, aparece quase que ao mesmo tempo que as operações formadoras do número. Nesse mesmo nível, se constituem as operações aditivas que intervêm na construção das primeiras invariantes espaciais. Entretanto, esses dados não sinalizam na direção de uma identidade entre as operações infralógicas que conduzem à reunião dos elementos espaciais e as operações lógico-matemáticas que engendram as classes, as series e os números. Desse modo,

É evidente que, se se admite essa distinção genética, o atomismo enquanto composição das partes do objeto por oposição às reuniões dos objetos em classes ou em coleções numéricas, representa, precisamente, o protótipo das operações infralógicas, sem nenhuma aplicação direta da noção de classe nem *a fortiori* da idéia de número, mas reúnem as partes elementares em objetos totais segundo o mesmo esquema operatório que a adição lógica. (PIAGET, 1974, p. 146)

O parentesco entre as operações infralógicas em jogo no atomismo nascente e as operações espaciais é bastante estreita, pois no momento do acabamento do atomismo o sujeito é capaz de dissociar um conteúdo linear em número de pontos ilimitados. O átomo é assim concebido como uma sorte de ponto físico, como o ponto é um átomo espacial. Assim, a generalidade desses esquemas infantis estaria mostrando para Piaget (1974, p.146) o papel de esquemas parecidos na formação histórica das noções e estariam provando por sua vez o caráter natural, para a razão em desenvolvimento, da decomposição e composição atomística.

Referências

- BACHELARD, G. *Les intuitions atomistiques*. Paris: Boivin, 1933.
- _____. *Le materialismo racional*. Paris: P.U. F., 1953.
- DONGO MONTROYA, A *representação imagética e construção do conhecimento na criança*. 1999. Tese (Livre Docente) - Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Marília.
- MEYERSON, E. *Identidade e realidade*. Paris: Alcan, 1912.
- _____. *De l'explication dans les sciences*. Paris: Payot, 1921.
- PIAGET, J. *Introduction à l'épistemologie génétique: la pensée physique*. Paris: Presses Universitaires de France, 1974. v.2
- _____. *Logique et connaissance scientifique*. Paris: Gallimard, 1967. (Encyclopédie de la Pléiade).

PIAGET, J. *O desenvolvimento das quantidades físicas na criança*. Rio de Janeiro: Zahar, 1983. Primeira edição em língua francesa 1941.

_____. *A construção do real na criança*. São Paulo: Ática, 1966. Primeira edição em francês, em 1937.

_____. *O nascimento da inteligência na criança*. Rio de Janeiro: Zahar, 1978. Primeira edição em francês, em 1936.

_____. *Logique et connaissance scientifique*. Dijon: Gallimard, 1967.

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