

Linguagem e percepção visual no ensino de Geociências

Maurício Compiani*

Resumo: Pretendo mostrar neste artigo que a complexidade do objeto e dos fenômenos em Geociências solicita o uso da linguagem visual e força um compartilhamento desta com a linguagem verbal. No contexto do ensino fundamental, resalto a Geologia como ciência histórica, destacando a sua racionalidade de partir do efeito para explicar as causas dos fenômenos, valorizando a lógica e a narrativa histórica, os raciocínios espaciais e a linguagem visual. Incentivo os alunos a desenvolverem a narrativa histórica entrelaçando o verbal (narrativo) e o não-verbal (desenhos). Faço uma discussão com duas estórias e com dois desenhos que mostram que os alunos desenvolveram um “pensamento visivo”, determinado pela necessidade de estruturar no desenho a organização e a representação de conceitos visuais; nas estórias, além disso, desenvolve-se a lógica narrativa em que as partes foram conformadas tendo em vista uma noção da estória final. Essas discussões estão apoiadas na semiótica peirciana e nos estudos de percepção visual (Gestalt).

Palavras-chave: Ensino de Ciências; ensino de Geociências; linguagem visual; percepção visual; narrativas.

Abstract: This paper is intended to show that the object of investigation and the phenomena complexity in Geosciences require the use of visual language and cause its inevitable sharing with the oral language. In elementary teaching (ages 11-14), Geology is highlighted as a historical science, stressing its reasoning of starting from the effects in order to reach the phenomena causes, emphasizing logic and historical narrative, spatial reasoning and visual language. Students are encouraged to develop historical narrative, interlacing the verbal (narrative) and non-verbal (drawings) language. Two stories are presented, along with their corresponding drawings showing that the students have developed ‘visual thought’ determined by the necessity of structuring the organization and representation of visual concepts in drawings. In addition to this, the students have developed a narrative logic in which the parts have been adjusted according to notions of the final story. The theoretical framework for these ideas is Peirce’s semiotics and studies of visual perception (Gestalt).

Key words: Science teaching; geosciences teaching; visual language; visual perception; narratives.

* Professor do Depto. de Geociências aplicadas ao Ensino (DGAE), Instituto de Geociências (IG) da Unicamp. compiani@ige.unicamp.br

Introdução

Algumas pesquisas estão mostrando o reinado da linguagem ou de uma cultura escrita no contexto educacional (WERSTCH; MINICK, 1988; PONTECORVO et al., 1992). É importante refletir sobre isso e pesquisar novas linguagens, como será o meu intento mostrar neste artigo. A partir do estudo de caso do meu doutorado (COMPIANI, 1996a; 1996b) e dos resultados do projeto de formação continuada com temas geocientíficos¹ (COMPIANI et al., 2000), busquei exemplificar não apenas a ênfase dada na compreensão dos padrões e raciocínios espaciais, no desenvolvimento da capacidade dos alunos para fazerem conexões e raciocínios sobre bases abstratas e desenvolverem a narrativa sucessivo-causal, mas também a intenção de casar o verbal (narrativo) e o não-verbal (desenho), já que a complexidade do objeto e do fenômeno em Geociências solicita o uso da linguagem visual e força um compartilhamento desta com a linguagem verbal.

Em Geociências, o recurso visual amplia as possibilidades de se trabalhar com a dimensão gigantesca do espaço e tempo. E, também, de se trabalhar a grande variedade de escalas observáveis (da micro à macro, até a astronômica), onde temos uma gama enorme de formas diversas que vão desde o Universo visível, a Terra, os continentes, suas estruturas, rochas, minerais, até a estrutura cristalina e química da matéria. Fora isto, temos o problema que as Geociências compartilham com todas as outras ciências, que é o da representação das explicações que, normalmente, é apresentada em duas dimensões (o papel), quando sabemos que o mundo se apresenta em três dimensões com, pelo menos, mais uma outra quarta dimensão: o tempo. As características anteriores são o limitante para se ensinar Geociências na escola fundamental e são, ao mesmo tempo, o desafio. O apaixonante destas pesquisas foi superar parte do desafio e mostrar caminhos criativos para tratar o tema no ensino fundamental de 5^a a 8^a séries. Caminhos que, a despeito de suas diversidades, foram trilhados também por Nussbaum (1979), Lillo (1994), Massa (1994), Bezzi (1995), Orion (1996), entre outros autores.

Os próprios alunos deram-me uma pista para o casamento entre o verbal (narrativa) e o não-verbal (desenho). A pista é a história em quadrinhos que alguns deles, espontaneamente, utilizaram para realizar a atividade proposta. Não tenho dúvidas da necessidade de discutirmos alternativas ao reinado da escrita, pois isso é fundamental para abrirmos nosso olhar para novas potencialidades da linguagem visual, da cognição, da cultura no contexto escolar, principalmente para nós, geocientistas, que sabemos da relevância, no ensino de Geociências, da abstração,

1. Projeto Geociências e a formação continuada de professores em exercício do ensino fundamental apoiado pela FAPESP, FINEP e CNPq.

das narrativas históricas, dos raciocínios visuais e espaciais, do uso de analogias e modelos, etc.

No sentido de quebrar o domínio da linguagem verbal na escola, tenho levado adiante o desafio de tratar o entrelaçamento entre linguagem visual e verbal. Em relação a uma teoria da Geologia, tenho dado continuidade aos estudos, dentro de uma visão semiótica piereana, iniciados por Paschoale (1989 e 1990). No tocante ao olhar para a linguagem visual, notadamente, as expressões gráficas dos alunos, busco subsídios teóricos na Percepção Visual com destaque para a Gestalt (ARNHEIM, 1980 e 1987) e vejo ligações desse autor com as idéias de Vickers (1979) no campo das Artes; desse ponto de vista, apóio-me na discussão sobre intuição *versus* racionalidade.

Um olhar semiótico para linguagem visual e verbal em Geociências

Com relação à linguagem visual tenho muito que discutir. Quando, no ensino de ciências, são utilizados, por exemplo, desenhos, a justificativa básica é fazer emergir aqueles indícios interpretáveis que não apareceriam caso a expressão fosse apenas verbal, já que, por vários motivos, as crianças apresentam limitações para expressar suas idéias falando e, principalmente, escrevendo. O escrito e as falas não expressam tudo o que elas pensam, daí a necessidade de ampliar o modo de expressão.

Mesmo do ponto de vista do ensino de ciências, parece-me restrito o uso de desenhos apenas para ampliar o modo de expressão das crianças. Essa é uma postura que reforça o reinado da linguagem verbal na escola. As crianças apresentam desenvolvimentos cognitivos diferenciados, tanto em relação ao verbal, quanto ao não-verbal. É notório crianças que se expressam bem verbalmente, mas não desenhem quase nada por deficiências de representação da perspectiva, da passagem da tridimensionalidade (o mundo) para a bidimensionalidade (o papel), etc. e vice-versa. Eu concordo com Francastel (1987) que ver é uma ação; o espírito não está passivo ao fazer o registro de uma representação que, além do mais, é diferente para cada observador. Daí, o problema a colocar-se é aceitar, quando se trabalha com o não-verbal, que o material visual não deve ser simplesmente olhado, mas sim, ativamente explorado (BARLEX; CARRÉ, 1985). Então, para levar em conta as ilustrações, os gráficos, os desenhos e outros recursos não-verbais, deve-se aceitar o quão fundamentais estes são para a compreensão das experiências e para os pensamentos mais abstratos. Para uma proposta didática de interação, de comunicação, com ênfase na utilização de conceitos abstratos e modelos, a função dos signos verbais e não-verbais é igualmente relevante. Trabalhar com o não-verbal traz, provavelmente, muito mais problemas de interpretação das idéias das crianças do que, erroneamente pensa-se, auxílio no desvendar das limitações da escrita.

A incorporação da linguagem visual no processo de ensino-aprendizagem poderia clarear ou, até mesmo, propiciar uma atitude crítica diante do uso corriqueiro, na escola, de recursos descontextualizados, que apresentam conceitos e generalizações sem conexão direta com os respectivos objetos singulares. Exemplificando: a imagem de um granito revela a mediação entre um corpo rochoso singular e o conceito de granito, pois temos a configuração — de um ou alguns granitos — que nos dá indícios das propriedades do enunciado “granito”. Num texto que discute sobre granitos, a descrição de um corpo rochoso particular é feita por uma série de generalizações, que não revelam a mediação entre os granitos existentes e o conceito (enunciado) de granito (PASCHOALE, 1984).

O verbal e o visual são de importância vital nas Geociências, pois a combinação do visual com o verbal tem a capacidade de possibilitar mais facilmente a mediação do singular — que a imagem potencialmente representa — com o enunciado que o verbal representa. É interessante o exercício de apreensão de um objeto, pois é indissociável o visual do verbal. Voltando, então, às noções que Paschoale (1984) apontou ao mostrar a mediação, por exemplo, do enunciado granito com a imagem de um granito: A percepção e concepção deste granito passará pelo espacial. Dependendo da foto, do ângulo, etc., o granito estará representado pelos elementos visíveis. O esquema visual daquele granito será único. O visual, desse modo, realça a função indicante dos signos, mostra o granito que o signo redobra (“granito” significa este granito e não outro). Perceber e conceber o granito também passará pelo verbal. Ao mesmo tempo, o granito nos fala sobre o seu individual, como também nos instrui sobre todos os granitos. O verbal, assim, tem função simbólica de representar o objeto na sua ausência, visa o objeto na sua generalidade (este granito é um “granito” entre outros).

No ensino de Geociências, o reinado do pensamento verbal dificulta uma aprendizagem significativa. Já foi devidamente apontado por Paschoale (1984, 1989 e 1990) o intenso uso de índices (vestígios), ícones (imagens) e símbolos (verbais e não-verbais) para formular os construtos em Geociências. Apenas para confirmar a relevância do visual, Rudwick (1978) demonstrou que o estabelecimento da História Natural como Ciência só foi possível na segunda metade do século XVIII, junto com a elaboração dos primeiros mapas geológicos; nos preâmbulos da maioridade, foi insuficiente apenas a decodificação dos registros deixados nas rochas e nas estruturas geológicas.

A linguagem escrita não dá conta da complexidade das representações das explicações em Geociências. As escalas espaciais e temporais gigantescas colocam fortes limitantes para a utilização apenas da escrita. Por isso, a linguagem visual e o raciocínio espacial têm importância destacada na Geologia.

Eu pergunto: como é possível salientar o objeto do processo? Como se cria a representação do espaço, a profundidade, o movimento? Estes problemas serão

mais facilmente enfrentados se o professor encorajar seus alunos a usarem a inteligência e a imaginação, exercitando o uso da intuição, do que se recorrer a truques mecânicos. O intuitivo está mais ligado à percepção visual e à representação espacial. É o lado intuitivo que lida mais facilmente com o contexto, com a estrutura global, com a forma, o fundo e o contorno. Por isso, a realização de atividades com padrões espaço-temporais, modelos e suas respectivas discussões são fundamentais para o desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Complementando um pouco mais as idéias sobre a Geologia, ela é casada, em última instância, com o abstrato, com a história. Segundo Paschoale (1990), uma explicação histórica é apenas suposta, não demonstrável experimentalmente. Em outras palavras, a explicação geológica é hipotética no sentido do possível: a relação entre causa e efeito não é conhecida, mas apenas suposta.² O processo de elaboração de hipóteses supõe que o registro (evidência) seja um produto de um processo passado, ou seja, as evidências apontadas servirão para a estruturação das hipóteses.

O que direciona o olhar do geólogo são as suposições, as hipóteses e teorias para desvendar a história da Terra. Na natureza, os processos passados, quando resistem à erosão, denudação, etc., deixam formas. Como estas formas passam a ser “formas fixadas”, ou seja, vestígios, registros do processo passado?

Essa forma (uma ocorrência concreta), que é o nosso objeto de investigação, é sempre um índice³ que pode indicar um processo, mas qual? Há vários vestígios que não o são para qualquer observador. Não é fácil a partir de um produto encontrar a sua causa ou os processos que o originaram. Para Paschoale (1990), um dos marcos da pesquisa geológica é a busca não apenas da conexão inequívoca entre produto e processo, mas a busca de uma generalidade presente nessas manifestações. Daí, a busca de uma ordem, de um padrão, ser importante. Pois esse padrão estabelece a mediação entre o registro e seu significado, o que é essencial para a formulação da história.

Em Geologia, sabemos que a explicação se faz a partir de uma série de marcas observáveis, as quais só podem ser estudadas por associações e semelhanças com outras feições. Duas cognições são importantes: primeiro, a forma deve ser identificada como significativa e, para isso, é operado todo um arcabouço de ex-

2. Isso de modo geral, uma vez que dos fenômenos geológicos que ocorrem na atualidade e são passíveis de observação, como terremotos, vulcanismos, etc., podem-se identificar as causas com alguma precisão.

3. Segundo Paschoale (1990, p. 247): “Todo signo enquanto ocorrência material é índice de algum objeto, mesmo que suposto ou provável, como um vestígio.” Rastros, pegadas, resíduos, remanências são todos índices de alguma coisa que por lá passou, deixando suas marcas. O índice é sempre dual: ligação de uma coisa com outra. Os índices estão baseados nas relações naturais, causais, entre os fenômenos e os seres, daí a representação de nuvem ser indicadora de chuva.

periências anteriores entre feições e informações de processos contemporâneos para capacitar a mente observadora-interpretadora a perceber que tais feições são indicativas de um processo passado, ou seja, são índices de uma relação físico-existencial que apontam para o objeto que dela faz parte. As marcas de ondas do passado, por exemplo, foram identificadas a partir dos processos atuais que deixam marcas onduladas em nossas praias. A outra cognição, então, é transformar esta forma em “forma fixada”, ou seja, num símbolo⁴ que embute códigos que desvendam as relações de causa de sua origem. Esta divisão em duas cognições é artificiosa, porém é importante reter que a procura do registro já direciona as duas cognições. A primeira cognição é mais descritiva e, com o apoio das idéias de Leveson (1988), posso afirmar que é aquela em que o desenho é fundamental para o discernimento de algum padrão. A segunda cognição é mais explicativa; a utilização do padrão discernido serve para dar base fatural à formulação de hipóteses que transformem as formas em evidências de supostas causas de suas origens; nesse momento elas são formas que fixaram um evento do passado: formas fixadas. Por exemplo, através de observações astronômicas identificou-se um padrão de explosões (supernovas) e aglomerações (sistemas estelares em formação); é este o padrão utilizado para a elaboração da hipótese explicativa da formação do Universo, o que, por sua vez, enquadra em um corpo teórico as próprias evidências que foram e são apoios para a teoria.

Para que tal interpretação seja possível, está claro que não basta somente a linguagem verbal, mas é necessário um desenvolvimento aguçado de todas as funções semióticas: todos os tipos de sinais, imagens, formas, modelos, etc. Ao lado disso, na elaboração de hipóteses explicativas dos processos geológicos, destaca-se o raciocínio histórico-comparativo, no qual predominam operações como comparações, correlações, correspondências, seqüências causais, similaridades, etc.

Segundo Massa (1994), a Geologia requer todo um trabalho de simbolização para “concretizar” e figurar os conceitos; estas “imagens” criadas tornam-se um verdadeiro código icônico⁵. Desse modo, o modelo apresentado requer todo um contínuo passo da imagem ao conceito e, deste, às hipóteses explicativas que, por sua vez, retornam à imagem e assim por diante.

Pelo exposto neste subitem, coloco em questão a visão tradicional de que a percepção só pode lidar com situações individuais, sendo incapaz de generalizar,

4. Para Santaella (1984), o símbolo extrai seu poder de representação porque é portador de uma lei que, por convenção ou pacto coletivo, determina que aquele signo represente seu objeto. A generalidade é atributo do símbolo.

5. Para Paschoale (1990), os signos icônicos substituem um objeto por se parecerem, de alguma forma e devido à sua própria natureza, com o objeto. Uma relação de similaridade (ou por contraste) é o fundamento deste tipo de signo. Os ícones são imitativos e servem para representar, reproduzir o real (desenhos, imagens, sons, etc.).

ato que seria do pensamento. Isso leva à idéia de que a formação dos conceitos vai além dos pormenores, o que conduz à crença de que a percepção termina onde começa o pensamento. Para finalizar, coloco mais lenha na fogueira, dizendo que não podemos aceitar a visão empirista ingênua sobre os mecanismos de criação científica. Tal visão nos diz que, a partir da manipulação destes e de sua caracterização através das propriedades, estamos relacionando objetos e encadeando propriedades para chegarmos às sistematizações conceituais. É a visão ingênua de que se pode captar ontologicamente o objeto. O mundo não contém propriedades (como formas, sabores, etc.); estas constituem conceitos elaborados abstratamente. BAKHTIN (1981, p. 51) soluciona bem a questão:

a significação só pode pertencer ao signo, esta constitui a expressão da relação do signo, como realidade isolada, com uma outra realidade, por ela substituível, representável, simbolizável. É impossível representar a significação à parte do signo, como algo independente, particular. Isso é tão inexecutável como considerar a significação da palavra cavalo como sendo o cavalo particular que tenho diante dos meus olhos. Se assim fosse, seria possível, tendo comido uma maçã, dizer que se comeu não uma maçã, mas a significação da palavra maçã.

Intuição *versus* racionalidade

Vou fazer um pequeno aparte para discutir algumas idéias sobre a intrincada dialética entre o racional e o intuitivo. Segundo Arnheim (1987), a intuição e a racionalidade são dois procedimentos próprios da cognição, e esta é um *continuum* que vai da percepção imediata até os construtos teóricos mais elaborados. Para o autor, as capacidades que, normalmente, vêm atribuídas ao pensamento – de distinguir, de confrontar, de delimitar e, assim por diante – operam já na percepção elementar. Ao mesmo tempo, cada ato do pensamento solicita uma base sensorial. Com essa idéia de um *continuum* entre percepção e pensamento, o autor defende o conceito de pensamento visivo. Para o autor, é essencial ir além da noção tradicional de que imagens fornecem a matéria-prima e o pensamento só começa depois que a informação foi recebida. O pensamento realiza-se por meio de propriedades estruturais inerentes à imagem, e esta deve ser formada e organizada pelo pensamento, de tal forma que torne visíveis as propriedades que sobressaem. Para Arnheim (1980, p.89):

De um modo mais prático, a configuração [forma de um conteúdo] serve, antes de tudo, para nos informar sobre a natureza das coisas através de sua aparência externa. O que vemos da configuração, cor e comportamento externo de

um coelho nos diz muito sobre sua natureza. A diferença na aparência entre uma xícara de chá e uma faca indica qual o objeto que serve para conter um líquido e qual para cortar um bolo. Além disso, enquanto o coelho, a xícara e a faca nos falam sobre os seus seres individuais, cada um deles nos instrui, automaticamente, sobre a espécie toda -coelhos, xícaras e facas em geral- [...] Assim, uma configuração nunca é percebida como apenas a forma de uma coisa particular, mas sempre como a de um tipo de coisa.

Continuando, é interessante a idéia discutida por Vickers (1979) e Arnheim (1987) de que existem, pelo menos, dois principais modos de conhecimento: a racionalidade e a intuição. Um indivíduo usa ambas em apropriadas (ou não) combinações, no seu esforço interminável para conhecer o mundo no qual ele se encontra. Para Vickers, a racionalidade é mais dependente da análise, raciocínio lógico, cálculo e descrição explícita; já a intuição é mais dependente da síntese e reconhecimento de padrão, do contexto, das relações entre componente singular e outros aspectos da organização perceptiva e das múltiplas possibilidades de relações entre figura e fundo. Para Arnheim (1987), a análise intelectual serve para abstrair do contexto individual suas características de elemento e evento, buscando a generalização para propiciar a classificação; a intuição, porém, fornece a estrutura global de uma situação e determina a posição de cada elemento internamente ao global. Recolocando as idéias, são dois modos de pensar indissociáveis: o primeiro (perceptivo) envolve o reconhecimento ou a criação de formas, sem considerar os elementos que as compõem; o outro (lógico) envolve a abstração e a manipulação de elementos, sem considerar as formas às quais estão combinados⁶.

Segundo Arnheim (1980), o ato elementar de desenhar o contorno de um objeto no ar, na areia ou numa superfície de uma pedra ou papel significa a redução da coisa a seu contorno, o que não existe como regra na natureza. Captar a semelhança estrutural entre uma coisa e qualquer representação dela é, contudo, uma enorme proeza da abstração. Essa tradução é uma realização muito elementar da mente. Há indicações de que as crianças pequenas e os macacos reconhecem as imagens lineares de objetos conhecidos quase espontaneamente. Assim, ele afir-

6. Para mim, sem dúvida, nos mais criativos raciocínios geológicos a parte correspondente aos processos intuitivos é de fundamental importância. Como exemplo, quando da elaboração da teoria da Deriva Continental, Wegener tinha uma perfeita noção das semelhanças geográficas entre América do Sul e África, da distribuição paleobiogeográfica dos fósseis entre os continentes, ou seja, da distribuição espaço-temporal dos fósseis e das semelhanças geométricas do encaixe entre os dois continentes. Cálculos e medidas não desempenhavam parte importante desses atos de reconhecimento. Estes foram exercícios da capacidade humana de apreciar, comparar e contrastar formas. A aparência chamou a atenção humana antes de existir alguma teoria para explicá-la. A teoria surgiu para explicar o senso intuitivo das formas.

ma: a forma é determinada não apenas pelas propriedades físicas do material, mas, também, pelo estilo de representação de uma cultura ou de um artista individual.

Por isso, sua premissa básica é: perceber e conceber procedem do geral para o específico. Em primeiro lugar, qualquer configuração permanecerá indiferenciada o quanto permitir a concepção que o indivíduo tem do objeto em mira. Em segundo lugar, a lei da diferenciação afirma que, até que um aspecto visual se torne diferenciado, a série total de suas possibilidades será representada pela estrutura mais simples entre elas. Desse modo, primeiro, a reta representa todas as formas alongadas, para depois, pela lei da diferenciação, tornar-se uma forma específica da qualidade de reta. Arnheim identifica-se com as leis básicas da Gestalt e de sua teoria da percepção visual: qualquer padrão de estímulo tende a ser visto de tal modo que a estrutura resultante é tão simples quanto as condições dadas permitam.

Segundo Arnheim (1980), há provas suficientes de que, no desenvolvimento orgânico, a percepção começa com a captação dos aspectos estruturais mais evidentes. Tornou-se claro que as características estruturais globais não são um produto posterior à abstração intelectual, mas uma experiência direta e mais elementar do que o registro de detalhe individual. Uma pá de cal nos “indutivistas” que acreditam que, para elaborar a generalização do conceito de triangularidade, é necessário partir de uma variedade de observações individuais de triângulos.

Eu acho difícil admitir que o aluno aprenda fundamentalmente pelo método indutivo: que ele olhe, manipule, observe, compare, raciocine e conclua; que as generalizações sejam elaboradas sempre a partir de casos singulares; e que, de parte em parte, se torne cognoscível o todo. Do que eu discuti até aqui, gostaria de ressaltar a idéia de que um primeiro nível de observação comporta uma parte de abstração. Assim, concordo com as idéias de Massa (1994) e com as implícitas no trabalho de Leveson (1988) de que uma descrição em curso não será acrescida de detalhes se não definirmos, previamente, classes conceituais para se constituírem (ou evoluírem a partir das existentes) como referências das abstrações e generalizações a serem construídas. Nesse caso, apostei que o padrão espaço-temporal do modelo de formação das galáxias (fig. 1) seria uma classe conceitual de referência. Ora, esse padrão, como outro qualquer, é produto de uma teoria que visa orientar o nosso olhar da natureza. Como decorrências para o ensino, precisamos captar, nas teorias e conteúdos a serem ensinados, as classes conceituais mais frutíferas a um contexto de aprendizagem.

Fenômenos visíveis e não visíveis em Geociências

A primeira experiência a ser discutida neste trabalho foi realizada numa 5ª série diurna com 21 alunos de uma escola pública na cidade de Jundiaí; o tema tratado na disciplina de Geografia foi “A formação do Universo” (COMPIANI,

1996a). Nos primeiros debates, os alunos concluíram que o início do Universo foi a partir de uma explosão, seguida da expansão da nuvem cósmica. Na segunda parte da aula foram introduzidos a pergunta e o modelo a seguir, para criar o contexto conceitual da atuação da atração gravitacional sobre a expansão da nuvem cósmica, aglomerando e formando as galáxias.

Por que o Universo foi evoluindo assim:

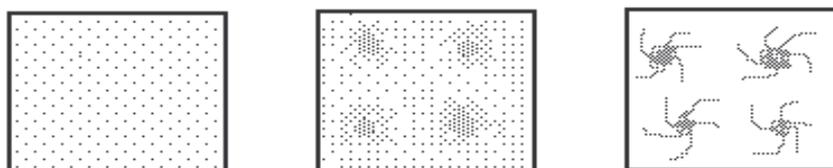


Figura 1 – Modelo de formação de galáxias

O modelo é uma configuração global a ser inicialmente percebida. O trabalho com a percepção global visa o desenvolvimento do uso da intuição, que poderá facilitar operações mentais com padrões. Esses padrões, em uma certa medida, podem ser considerados como *gestaltens* que potencialmente se tornam suportes lógicos que estruturam o pensamento. Partiu-se dos vestígios, registros e produtos de algo acontecido para explicar as suas possíveis causas, ou seja, o caminho seria do efeito para a causa provável. A aglomeração (galáxias em espiral) é perceptível no modelo, representa o acontecido, o efeito; pretendia-se, então, que, a partir dessa primeira percepção, os alunos construíssem a sua causa: a atração gravitacional.

Por não ser possível tratar de todos os alunos, neste texto, escolhi as histórias de dois deles: Luís e Juliano. Elas não são representantes de outras entre as 21 histórias, pois cada uma delas é singular e própria, dificultando a escolha, mesmo que o objetivo fosse escolher histórias apenas parecidas com outras. Eu e a professora de Geografia elegemos aquelas que poderiam facilitar o nosso intento para discutir o papel da intuição e racionalidade, conforme já exposto.

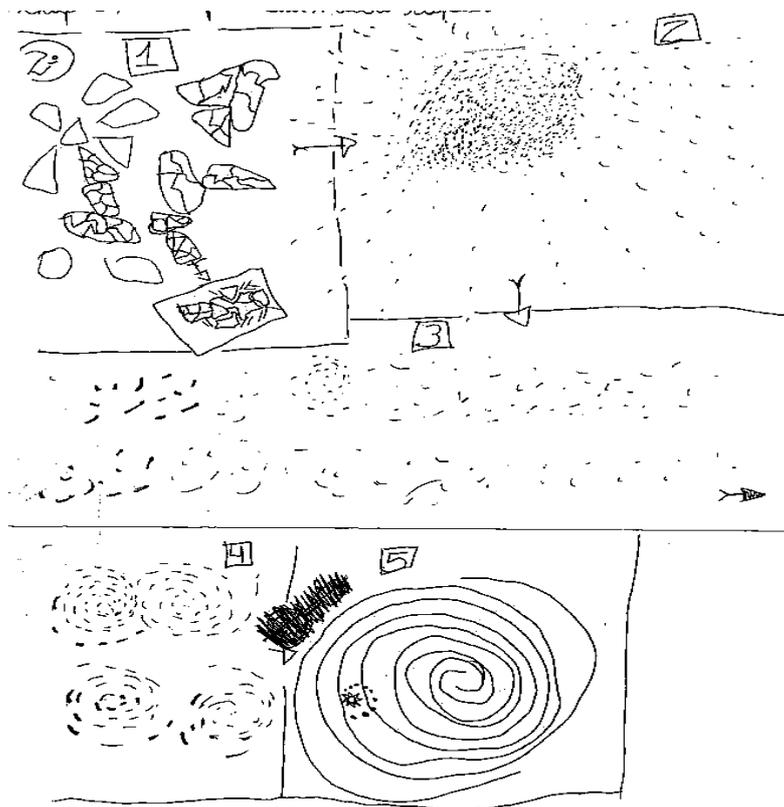
Luís (idade: 11)*

A formação do Sistema Solar

Começou a formação do sistema solar com a explosão de um astro, que formou uma nuvem brilhante de poeira cósmica.

* A grafia e os desenhos foram mantidos como os alunos fizeram; apenas a grafia foi digitada para facilitar a leitura.

mica, que se expandiu, e foi se juntando por uma atração gravitacional giratória e formou a galáxias e os Sistemas Solares que se resfriaram em um choque, se resfriaram muito rápido.

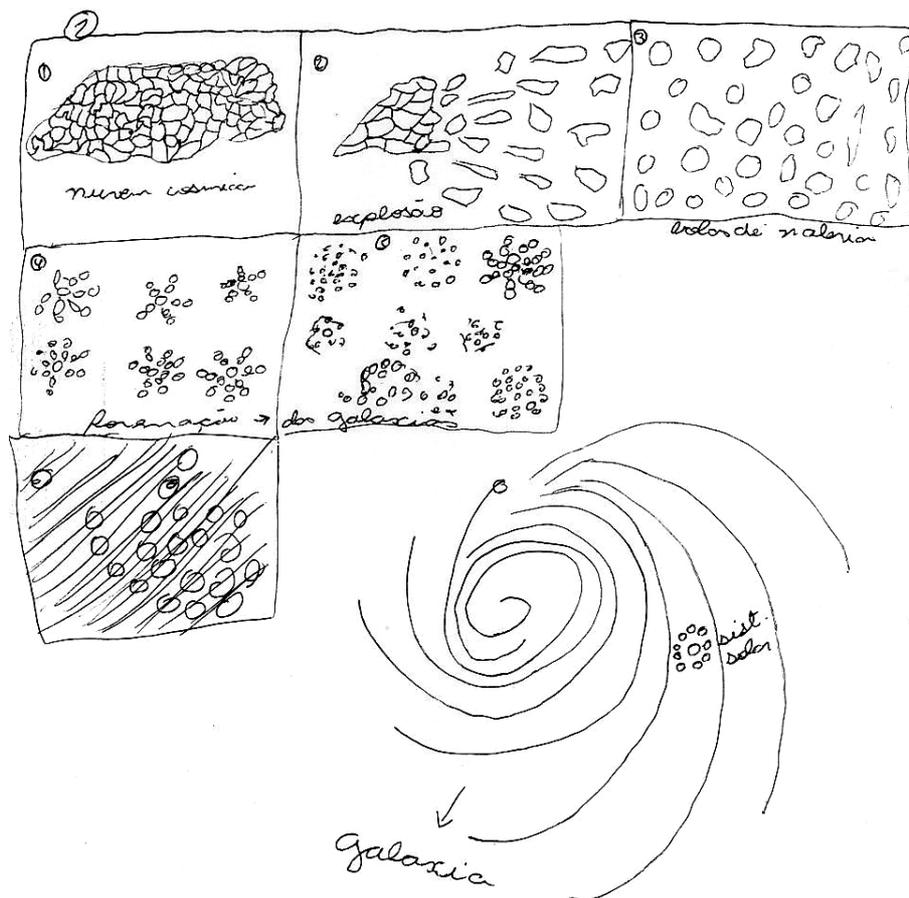


- 1 Junção e compressão;
- 2 Explosão e formação da nuvem cósmica;
- 3 Formação das galáxias;
- 4 Galáxias prontas;
- 5 Sistema solar pronto.

Juliano (idade: 11)

O universo surgiu de uma nuvem brilhante de poeira cósmica que foi se comprimindo e com alta pressão e temperatura

que se explodiu formando bolas de materia que a atração gravitacionau e o movimento rotatorio formaram as galaxias e os sistemas solares que foi resfriando as bolas de materia e se arredondando formando os planetas



Para o Luís, o que de fato explodiu foi a matéria cósmica, que sofreu antes junção e compressão. O quadrinho 2 (Q2) seria o equivalente ao Q1 do modelo (fig. 1). Depois de ocorrida a explosão, lê-se, claramente, através dos quadrinhos com suas legendas e a narrativa escrita, os seguintes passos: expansão e formação da nuvem brilhante; depois, como efeito da atração gravitacional e movimento rotacional, formaram-se as galáxias e o Sistema Solar. Na formação do Sistema Solar, atuou o resfriamento muito rápido e ao mesmo tempo o choque da matéria cósmica. O raciocínio e a representação tornam-se claros e contínuos porque simbolizam a figura da espiral (galáxia) para incluir o Sistema Solar (último quadrinho). É uma seqüência muito próxima de uma versão científica.

Juliano mostra uma grande criatividade ao ajustar suas idéias prévias com as ensinadas. Para ele o início era a nuvem cósmica, porém havia aprendido que a explosão inicial fora a partir de uma matéria comprimida e com alta temperatura. Assim, introduz dois quadrinhos (Qs) 1 e 2, que não estavam presentes no modelo dado (fig. 1), para mostrar que são as partes da matéria comprimida (nuvem cósmica dividida em partes e justapostas) que explodirão. Nota-se nos Qs 2 e 3 que são essas partes que se expandem e se tornam as bolas de matéria. Para ele, as bolas de matéria do Q3 formariam algo que seria semelhante à nuvem cósmica do modelo do professor (Q1 do modelo). Sempre acompanhado pela narrativa escrita, então, semelhante aos quadrinhos 2 e 3 do modelo, ele faz o Q4 e Q5 mostrando as bolas de matéria formando as galáxias. No seu desenho final (grande espiral, como uma galáxia), são as mesmas bolas de matéria que vão arredondar, compondo os planetas de nosso Sistema Solar dentro da galáxia.

As duas produções fazem uma narração com história em quadrinhos com legenda (HQI)⁷. Nas estórias do Luís e do Juliano, através dos quadrinhos com suas figuras e fundo e suas legendas, lê-se a sucessividade dos fenômenos e a implicação lógica de causa e efeito entre os quadrinhos. É clara a unidade narrativa nestes, cada um indicando e singularizando as mudanças espaciais em cada fenômeno. Esta cognição é feita pelo leitor de quadrinhos, que é praticamente co-autor da história, pois o quadrinho mostra uma seqüência intercalada por espaços vazios, onde nosso cérebro cria as imagens de ligação; entre um quadrinho e outro, o movimento tem continuidade na cabeça do leitor (LOVRETO, 1993).

Juliano mostra racionalidade e intuição. É intuitivo quando apresenta uma boa noção de contexto e síntese. O modelo funcionou como uma *gestalten*, ele soube introduzir dois novos quadrinhos (Q1 e Q2) e o desenho final da espiral para amarrar com sua narrativa e formular uma seqüência completa até o Sistema Solar, conforme fora solicitado, sem quebras ou lacunas importantes. Ele mostra capacidade analítica quando monta as partes, isto é, os quadrinhos, de modo a expressar a continuidade dos fenômenos através, também, da continuidade espacial, pois os quadrinhos estão ligados por representações que indicam claramente a identidade da mesma figura em todos eles. Auxiliados pelos elementos invariantes (por exemplo, figuras do Q1 @ figuras do Q2), podemos criar as imagens de

7. Para Cagnin (1975), a história em quadrinhos é uma forma narrativa por meio de imagens fixas. É um sistema narrativo formado de dois códigos de signos gráficos: a imagem, obtida pelo desenho, e a linguagem escrita. A linguagem escrita tem um papel mais descritivo no sentido de conduzir a narrativa, o elemento verbal tem amplo poder de representação no vasto campo das classes conceituais, já os desenhos se incumbem de singularizar e concretizar a narrativa através de personagens, cenários e movimento; o elemento visual está revestido da imensa riqueza da representação do real com características individuais.

ligação, e a sucessividade e a espacialidade dos fenômenos têm continuidade em nossa mente. As partes justapostas da nuvem cósmica tornam-se as bolas de matéria que continuam pelos quadrinhos, formando as galáxias, até se transformarem nos planetas do Sistema Solar. Ele conseguiu elaborar, com as idéias das aulas, uma concepção da formação do Universo até o Sistema Solar.

Luís apresenta um raciocínio mais abstrato. As diferenças de sua representação do Q1 para o Q2, deste para o Q3 e do Q4 para o Q5 indicam um maior grau de simbolização, ou seja, os signos icônicos tornam-se convencionais e articulados (por exemplo: a divergência como explosão e o pontilhado como nuvem). Percebe-se que as figuras dos quadrinhos são variantes (por exemplo, as formas aparentes das figuras do Q1 são diferentes do Q2), onde a estrutura temporal e o discurso da narrativa são determinantes. A significação está na própria narrativa: as imagens entre os quadrinhos não representam pura e simplesmente o objeto, mas transformam-se em elementos do discurso. De modo diferente, no desenho de Juliano, há uma necessidade de expressar a continuidade dos fenômenos através, também, da continuidade espacial, pois os quadrinhos estão ligados por representações que indicam claramente a identidade da mesma figura em todos eles. Os dois alunos fizeram algo elementar, que é transformar ícones em índices (nuvem-nuvem cósmica, espiral-galáxias). Tudo isso mostra os desafios que o uso das linguagens verbal e não-verbal coloca, por exemplo, ao explorar a riqueza entre ícones, índices e símbolos utilizados.

A segunda experiência que apresento aborda o tema “ciclo da água”, desenvolvido durante o projeto Geociências. A atividade foi realizada na disciplina de Ciências com alunos de uma 5ª série do período da tarde. A classe era composta de 37 alunos que freqüentavam as aulas regularmente (SUGAHARA; COMPIANI, 1999). Todo o tema foi desenvolvido durante um bimestre de três aulas semanais.

No ensino fundamental, na disciplina de Ciências há uma série de fenômenos naturais não visíveis que envolvem, para sua compreensão, abstrações, simbolizações, noção escalar e raciocínios espaço-temporais. Por exemplo, o subsistema água subterrânea, do ciclo da água. A professora desenvolveu uma série de estratégias e recursos mediadores de ensino (observações diretas e indiretas, experiências, recursos visuais) que facilitaram a aprendizagem desses fenômenos.

Os objetivos de ensino foram: i) estudar os processos e fenômenos associados ao ciclo da água; ii) estudar no ciclo da água a interação entre os subsistemas de superfície e subsuperfície, notadamente a água subterrânea. Dois aspectos do tema foram abordados: ciclo hidrológico e atmosfera – especificamente o processo de evaporação; e ciclo hidrológico e solo – particularmente a infiltração e a formação do lençol freático e das nascentes. É a este segundo aspecto que vou me ater neste trabalho.

Para tratar da espacialidade envolvida nos fenômenos, foi utilizada uma série de estratégias e de recursos mediadores de ensino, por exemplo, o uso de transparências figurativas exemplificando o ciclo da água em superfície e no subsolo [blocos-diagramas do ciclo hidrológico (p. 40) e dos elementos de um sistema de águas subterrâneas (p. 45) do *Atlas Visual A Terra*, 1996]. Outros recursos, buscando tratar de observações diretas e indiretas, foram utilizados, como experiências para compreensão do processo de infiltração da água no solo e para que os alunos associassem os processos do ciclo da água com situações do cotidiano.

Procurou-se desenvolver alguns princípios metodológicos, tais como:

- i. iniciar as atividades a partir de uma compreensão mais global do ciclo da água para depois decompô-lo em partes e subsistemas, visando o estudo desses subsistemas sem perder de vista o global do ciclo da água. O sistema de subsuperfície é quase todo não visível, com exceção do início (infiltração) e final (minas d'água). Nossa hipótese é que o estudo desse sistema, já com uma primeira compreensão mais global do ciclo, facilita a compreensão dos fenômenos não visíveis e do próprio ciclo da água;
- ii. partir de representações mais figurativas do ciclo e fenômenos e caminhar para as representações mais formais. Nossa hipótese é que partir das representações figurativas que buscam uma certa identidade com a realidade por meio da tentativa da cópia possibilita uma melhor inter-relação entre representações concreto-imediatas (mais figurativas) e lógico-imagéticas abstratas (mais formais).

Buscando apenas iniciar as discussões das hipóteses levantadas atrás e sem ter a intenção de exemplificar a riqueza das mediações, das explicações e das interações coletivamente instauradas sobre o tema, discutirei os resultados da terceira questão de uma das avaliações, que tinha como objetivo verificar como o aluno iria representar um reservatório de água subterrânea. De um modo geral, os alunos, para representarem o reservatório, mostraram como o reservatório se formou.

Na figura 2⁸, o aluno fez a representação bastante próxima do que seria o esquema figurativo científico. Esse esquema, como os de mais alguns, foi criação do próprio aluno, pois a professora não havia feito nada parecido na lousa. O aluno integrou as imagens, os conceitos trabalhados em sala e, além disso, conseguiu representá-los. Conseguiu representar e integrar conceitos importantes, como o da impermeabilidade de uma superfície para reter a água, a porosidade, zona saturada da água subterrânea, zona não saturada e infiltração (todos fenômenos não visíveis).

8. Todos os desenhos no original são coloridos.

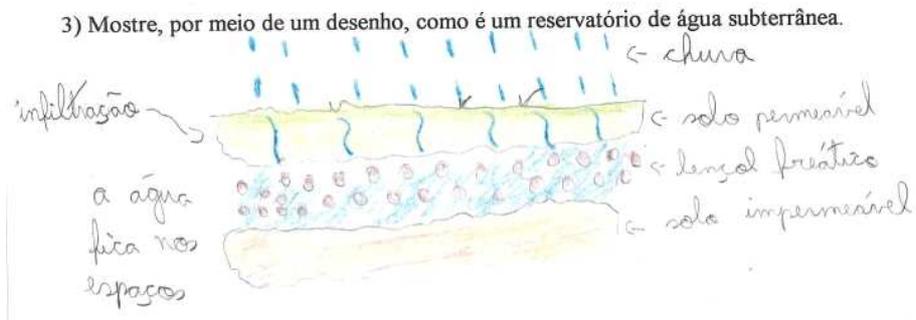


Figura 2 – Desenho de aluno da questão 3

Na figura 3, o aluno utilizou como base de seu desenho as legendas feitas pela professora para exemplificar os poros do subsolo. Na ocasião ela os fez redondos, indicando um *zoom* para mostrar os grãos com ar e depois saturados com água. Porém, imbuído da idéia de explicar a formação do reservatório sem água e depois saturado pela água, o aluno indicou que esse reservatório está no solo e deu a noção de impermeabilização. Este desenho questiona a segunda hipótese de que imagens figurativas mais próximas do concreto-imediato auxiliariam representações mais abstratas lógico-imagéticas, pois ele é, essencialmente, uma representação formal abstrata.

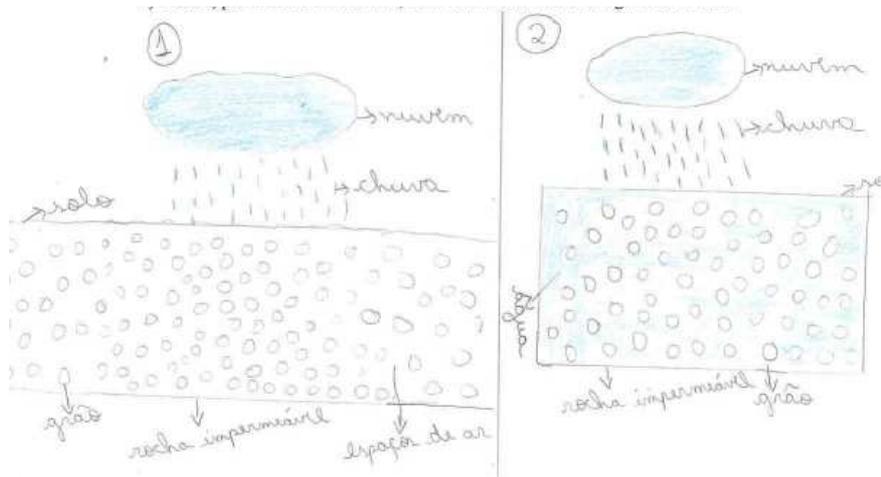


Figura 3 – Desenho de aluno da questão 3

As figuras são bem diferentes como representações. Na figura 3, o aluno utilizou como base de seu desenho a idéia de legenda feita pela professora para

exemplificar os poros do subsolo. Já a figura 2 foi “criação” do aluno, pois a professora não havia feito nada parecido na lousa. Em ambas figuras, os alunos não estão distantes do que seria a representação mais próxima do esquema científico. A figura 3 é uma representação mais formal e a figura 2, mais figurativa (“copiando o real”). Os alunos integraram de algum modo as imagens e os conceitos trabalhados em sala e, além disso, conseguiram representá-los.

Conseguiram representar e integrar conceitos importantes, como o da infiltração da água, a impermeabilidade de uma superfície para barrar essa infiltração, a porosidade para “armazenar” a água, a zona saturada de água subterrânea e a zona não saturada. De igual importância é a representação da precipitação como fonte de água para a infiltração e de parte do ciclo da água.

Utilizei duas representações de alunos para exemplificar a riqueza das respostas. No início da aula, quando do levantamento das idéias prévias, apenas dois alunos mostraram indícios de noções da água subterrânea. Ao final, praticamente todos já sabiam da existência da água subterrânea e mostrei dois dos desenhos. As figuras 2 e 3 representam os desenhos que mais se aproximam de um modelo do subciclo subterrâneo da água. Modelo porque sintetizam imagens e palavras que representam objetos e fenômenos visíveis e não visíveis, porque houve necessidade de construir conexões e raciocínios em bases perceptivas e abstratas. Parece que uma compreensão mais global do ciclo, dada durante as aulas, facilitou a compreensão dos fenômenos não visíveis do subciclo subterrâneo da água.

É possível caminhar um pouco mais e discutir que os alunos, a partir de vários recursos mediadores (imagens, experimentos, diálogos) para trabalhar a espacialidade e coisas visíveis e não visíveis, foram criativos ao expressarem suas idéias. Nas palavras de Arnheim (1980), alguns alunos desenvolveram um “pensamento visivo”, determinados pela necessidade de estrutura do desenho, da busca de ordem e da presença de conceitos visuais: lençol freático, base impermeável, topo permeável, processo de infiltração e saturação dos poros do solo. Parece que, trabalhando indissociavelmente a intuição e a racionalidade, eles criaram seus modelos.

O lado intuitivo os alunos mostram na unidade do todo (desenho), na planificação de proporções, no exercício dos problemas decorrentes da representação espacial das figuras (contorno e fundo). O lado analítico eles mostram na forma de desenhar, representativa dos objetos e eventos e ao depararem com o problema de como salientar o objeto: poros e partículas, zona saturada e não saturada, topo permeável e base impermeável, permitindo-lhes tratar em particular uma simples forma, sem perder de vista sua relação com outras formas no desenho como um todo.

Idéias Finais

As duas estórias e os dois desenhos discutidos mostraram que, dentro de limites, as partes foram conformadas tendo em vista a sua colocação final no padrão global. Os alunos desenvolveram um “pensamento visivo”, determinados pela necessidade de estruturar no desenho a organização e a representação de conceitos visuais.

No caso dos dois desenhos do subciclo da água, em classe, nos diálogos e experiências partiu-se de uma compreensão mais global do ciclo da água, para depois trabalhar com o subciclo da água subterrânea. Por trás, há a concepção de que as características estruturais globais não são um produto posterior à abstração intelectual, mas podem ser uma experiência direta e mais significativa que antecede e constitui parte da compreensão do registro de detalhes individuais, propiciando a relação entre as partes.

Tudo isso nos mostrou os desafios que o uso das linguagens verbal e não-verbal coloca; por exemplo: como explorar a riqueza entre ícones, índices e símbolos utilizados? Segundo Goodnow (1983), é parte da aprendizagem saber que uma coisa pode representar a outra; aprender que palavras, fotos e diversos signos sobre um papel representam ou correspondem a outros objetos ou acontecimentos. Para a autora, essa aprendizagem parece ser muito mais uma questão de descobrimento e de extensão de regras do que de imitação. Nesse sentido, Arnheim (1980), discutindo os desenhos das crianças: “um padrão formal, uma vez acrescentado ao repertório da criança, será usado – de um modo mais ou menos idêntico – para descrever objetos diferentes de estrutura análoga” (p. 169), cita como exemplo que um círculo pintado internamente de vermelho e externamente de amarelo foi usado por uma mesma criança para representar o Sol e uma lâmpada. E conclui: tal aplicação de um padrão adquirido a uma grande variedade de temas, com frequência, à custa da verossimilhança, pode ser encontrada mesmo nos mais altos níveis do pensamento humano, como, por exemplo, em configurações características do estilo de um artista ou nos conceitos-chave de uma teoria científica. Há aqui uma complexa discussão da relação entre experiências perceptivas e construção de significados; aliás, um dos motivadores desse trabalho.

Referências bibliográficas

ARNHEIM, R. *Arte e percepção visual – uma psicologia da visão criadora*. São Paulo: 2ª ed, Pioneira e EDUSP, 1980, 503 p.

ARNHEIM, R. *Intuizione e intelletto*. Milano: Feltrinelli Ed, 1987, 374p.

ATLAS VISUAL A TERRA. São Paulo: Círculo do Livro, 1996, 63p.

- BARLEX, D.; CARRÉ, C. *Visual communication in science*. Cambridge Univ. Press, 1985, 122p. (Cambridge Science Education Series).
- BAKHTIN, M. *Marxismo e filosofia da linguagem*. São Paulo: Ed. Hucitec, 1981, 196p.
- BEZZI, A. Water cycle and constructivism: some “epistemological” speculations. *Cadernos do IG/Unicamp*, Campinas, v.5, n.1, p.31-46, 1995.
- CAGNIN, A.L. *Os quadrinhos*. São Paulo: Ed. Ática, 1975, 239p.
- COMPIANI, M. *As Geociências no ensino fundamental: um estudo de caso sobre o tema “A formação do Universo”*. 1996a. (Tese de doutorado). Campinas: FE/Unicamp, 1996a, 216p.
- COMPIANI, M. A narrativa histórica das Geociências no ensino fundamental (EGB): um exemplo com o tema “A formação do Universo”. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Girona, v.4, n.extra, p. 64-69, 1996b.
- COMPIANI, M. et al. Geociências e a Formação Continuada de Professores em Exercício no Ensino Fundamental: Reflexões. *Pro-Posições*, v.11, n. 1 (31), p. 25-35, 2000.
- FRANCASTEL, P. *Imagem, visão e imaginação*. São Paulo: Martins Fontes Ed., 1987, 227p.
- GOODNOW, J. *El dibujo infantil*. Madrid: 3.ed, Ed. Morata, 1983, 215p. (Série Bruner, El desarrollo en el niño, n.8).
- LEVESON, D.J. The Geologist’s Vision. *J. Geological Education*, v.36, p.306-309, 1988. (Tradução Vívian Branco Newerla).
- LILLO, J. Análisis de errores conceptuales en geología a partir de las expresiones gráficas de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.12, n.1, p.39-44, 1994.
- LOVRETO, J.A. A linguagem do futuro. In: ALVES, M.L.; DURAN, M.C.G. (coord.). *Linguagem e linguagens*. São Paulo: FDE, 1993, p.65-76. (Série idéias, n.17).
- MASSA, B. La adquisición precoz de conceptos abstractos: algunas consideraciones sobre la observación en geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Madrid, n. extra, p.34-39, 1994.
- NUSSBAUM, J. Children’s conceptions of Earth as a cosmic body: a cross-age study. *Science Education*, John Wiley & Sons, Inc., v.63, n.1, p.83-93, 1979.
- ORION, N. An holistic approach to introducing geoscience into schools: The Israeli model from practice to theory. In: STOW, D.A.V.; McCALL, G.J.H. *Geoscience Education and Training -In Schools and Universities, for Industry and Public Awareness*. Rotterdam: A.A. Balkema, 1996, p.17-34.
- PASCHOALE, C. Alice no país da geologia e o que ela encontrou lá. In: CONGR. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG, v.5, p.242-249, 1984.
- PASCHOALE, C. *Geologia como Semiótica da Natureza*. 1989. (Dissertação de Mestrado) São Paulo: PUC/SP, 138p.
- PASCHOALE, C. Dupin geólogo? Uma abordagem semiótica para a geologia e o conto policial. In: LOPES, M.; FIGUEIRÓA, S. (org.) *O conhecimento geológico na América*

Latina: questões de história e teoria. Campinas: Unicamp-Instituto de Geociências, 1990, p.241-258.

PONTECORVO, C.; AJELLO, A.M.; ZUCCHERMAGLIO, C. *Discutendo si impara.* Roma: Nuova Italia, 1992, 266p.

RUDWICK, M.J.S. The emergence of a visual language for geological science 1760-1840. *History of Science*, p 149-195, 1978.

SANTAELLA BRAGA, M.L. *O que é semiótica.* São Paulo: Ed. Brasiliense, 1984, 114p.

SUGAHARA, N. N. G.; COMPIANI, M. Explicações, representações visuais sobre o ensino da água mineral nas salas de aula de ciências. Encontro sobre Linguagens, Leituras e Ensino das Ciências, 3, Campinas, 1999. *Anais em CD-ROM*, ABL, 1999, 15p.

VICKERS, G. Rationality and intuition. In: WECHSLER, J. (ed.) *On aesthetics in Science*, 1979.

WERSTCH, J.V.; MINICK, N. The problem of meaning in a sociocultural approach to mind. *Paper presented at the University of Calgary lectures series "Theoretical Advances in the Study of Cognition"*, 1988.

Recebido em 13 de outubro de 2005 e aprovado em 03 de novembro de 2005.