

A INFLUÊNCIA DO VENTO NO TRANSPORTE DE CINZAS E DE POEIRAS PROVENIENTES DA ACTIVIDADE VULCÂNICA: PROPOSTA DE UMA ACTIVIDADE EXPERIMENTAL¹

Jorge Bonito
Departamento de Pedagogia e Educação
Universidade de Évora²

Resumo

O actual panorama para a educação em Ciências preconiza um ensino das Ciências voltado para a formação de uma cidadania adequadamente esclarecida, capacitada para responder aos permanentes desafios que surgem diariamente na sociedade. Com base nestas ideias, tem sido defendido que o ensino das Ciências se centralize à volta dos saberes do dia-a-dia e dos processos através dos quais os alunos aprendem, constroem e usam o conhecimento científico. Partindo do caso do vulcão *Popocatépetl*, no México, com as suas actuais erupções que projectam poeiras a várias centenas de quilómetros, apresenta-se uma actividade laboratorial que contribui para desencadear resposta dos problemas ambientais previamente formulados.

1 - Introdução

O actual panorama para a educação em Ciências preconiza um ensino das Ciências voltado para a formação de uma cidadania adequadamente esclarecida, capacitada para responder aos permanentes desafios que surgem diariamente na sociedade. Nesta acepção, o ensino das Ciências possibilita o acesso a um conjunto de saberes, e de saberes-fazer, que dão resposta às necessidades do indivíduo, para a compreensão do mundo, e da própria sociedade, na resolução de problemas, na ininterrupta procura do bem-estar do ser humano e da comunidade biótica, através de um desenvolvimento sustentável, e da preservação do ambiente e do equilíbrio dinâmico do ecossistema Terra.

Com base nestas ideias, tem sido defendido por alguns autores (Driver, 1988; Santos e Praia, 1992; Cachapuz, 1995; Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2003) que o ensino das Ciências se centralize à volta dos saberes do dia-a-dia e dos processos através dos quais os alunos aprendem, constroem e usam o conhecimento científico. O modo de aprender foi, assim, elevado para uma posição a par daquilo que se aprende, uma vez que, conforme revelam vários estudos de psicologia cognitiva, influencia de forma decisiva a qualidade dos significados construídos e o próprio pensamento. O aluno é considerado, desta forma, o centro à volta do qual se estrutura o ensino, uma vez que é ele que aprende, e o objectivo primeiro do ensino é, precisamente, provocar aprendizagem. Modernamente, preconiza-se que o processo de ensino-aprendizagem se organize ao redor de abordagens de natureza cognitivo-constructivistas. Como referem Tavares e Alarcão (citado em L. Almeida, 1998), a aprendizagem é uma «construção pessoal resultante de um processo experiencial, interior à pessoa, e que se traduz por uma modificação de comportamento relativamente estável» (p. 54).

2 – Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências

A cultura científica não deve ir acumulando conhecimento sobre conhecimento, à maneira medieval (Coelho, 1988). Uma filosofia do não que rejeite as formas *a priori* não pode respeitar, sempre, os princípios da razão. Bachelard rebelou-se contra a máxima de *sapiens non mutat consilium*³, passando a imprudência a ser um método no reino do pensamento. Mesmo que as experiências venham confirmar apenas o que já se sabe, toda a descoberta científica tem uma peculiaridade: determina um método novo, e é nesse sentido que Bachelard fala de imprudência⁴. Um modelo de Ciência nesta perspectiva, desenvolve uma concepção do mundo de natureza teórica, que tenha uma relação evidente e lógica com a experiência sensorial e que seja, por conseguinte, susceptível de contrastação objectiva. Friedler e Tamir (1990, citados em Izquierdo, 2000) representaram esse modelo científico (Figura 2.1.).

¹ Artigo publicado em 2005 na *Revista Portuguesa de Pedagogia*, 2 (39), 197-227, da Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra.

² Apartado 94, 7002-544 Évora (Portugal). Correio electrónico: jbonito@uevora.pt. Sítio na web: <http://evunix.uevora.pt/~jbonito>.

³ Séneca, em *De Beneficiis*, 4, 34, 4.

⁴ Para Bachelard, a prudência, o conformismo, a constância, a lentidão são valores suspeitos no conhecimento Científico.

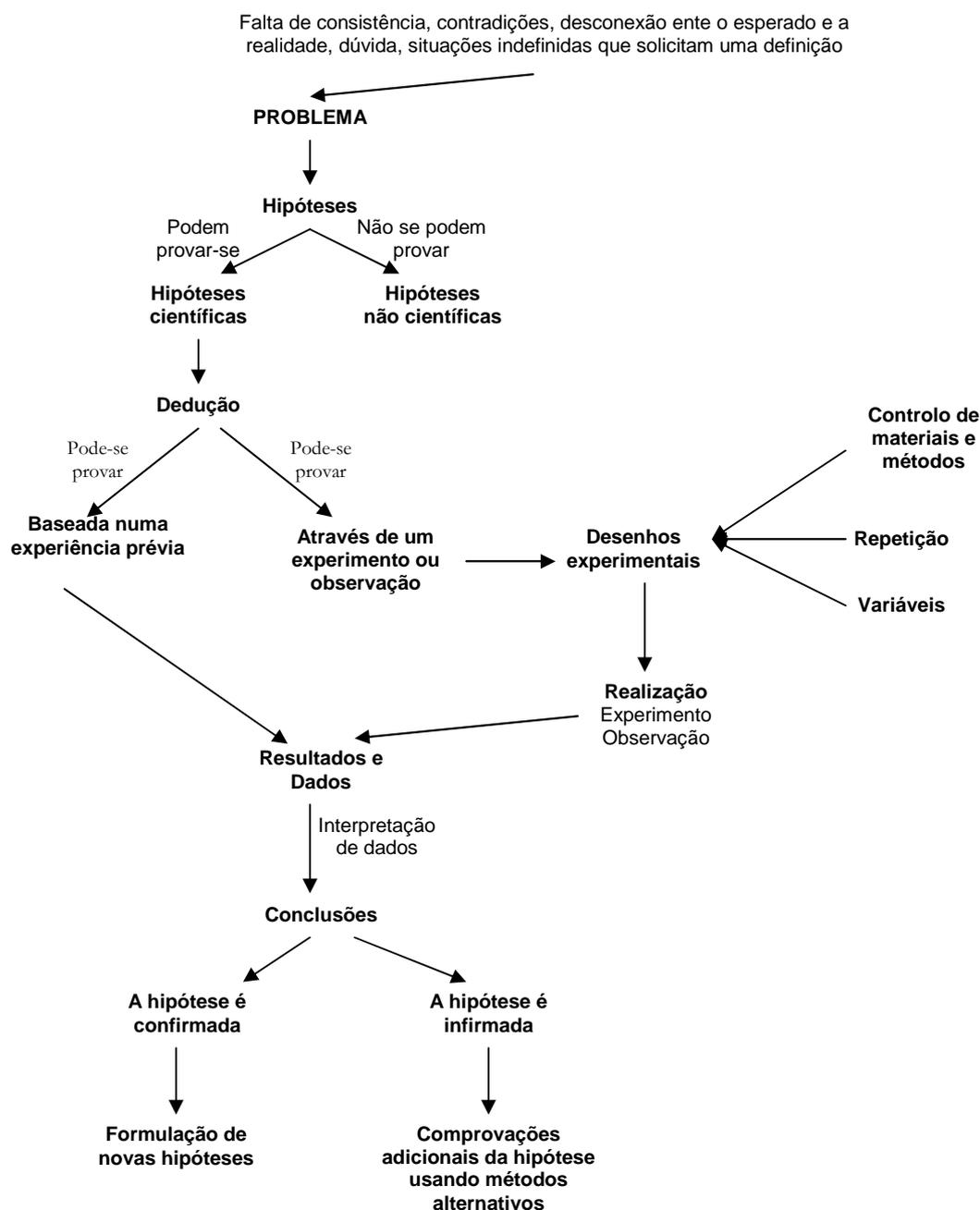


Figura 2.1. Metodologia científica (segundo Friedler e Tamir, 1990, citados em Izquierdo, 2000).

O ensino das Ciências, de acordo com Izquierdo (2000), contribui para estabelecer os aspectos normativos teóricos e práticos que são partilhados pelos membros da comunidade Científica, e a partir dos quais eles trabalham e inovam. A educação Científica é, assim, encarada como a preparação para se exercer, ou para compreender, a actividade Científica («alfabetização» ou literacia científica)⁵. Não menos complexa que a Ciência, porque dela parte, é o ensino das Ciências. Em consequência, o ensino das Ciências deve ter o objectivo, o método e o campo de aplicação adequados ao contexto escolar, assegurando a ligação com os valores do aluno e com os objectivos

⁵ A educação Científica é, modernamente, vista como uma componente central das políticas educacionais. Hazene e Trefil (1991/1992) defenderam três tipos de argumentos da importância da cultura Científica: (i) o argumento dos cívicos; (ii) o argumento dos estéticos; (iii) o argumento dos intelectuais. De acordo com os autores, o início de uma solução em relação à cultura Científica começa com uma simples declaração: «se esperas que alguém saiba alguma coisa, tens de lha contar» (p. 17). Consideram, na continuação, que existe uma falha de conexão entre os tipos de conhecimento para cujo ensino as instituições educacionais estão equipadas e o tipo de conhecimento de que o cidadão necessita, uma vez que as universidades (e, por extensão as escolas de ensino não superior) estão estruturadas para ensinar uma Ciência de cada vez.

da escola. Por outro lado, a Ciência constitui uma forma de cultura de toda a população requerendo, por isso, novas estratégias de ensino e um projecto curricular adequado⁶.

Há necessidade, nesta ordem de ideias, de um conhecimento que se possa aplicar⁷. Guidoni (1985) e Perkins (1986) designaram de activo este tipo de conhecimento, requerendo quatro elementos fundamentais (Figura 2.2.), que produzem implicações no que se deveria fazer na aula (Izquierdo, 2000).

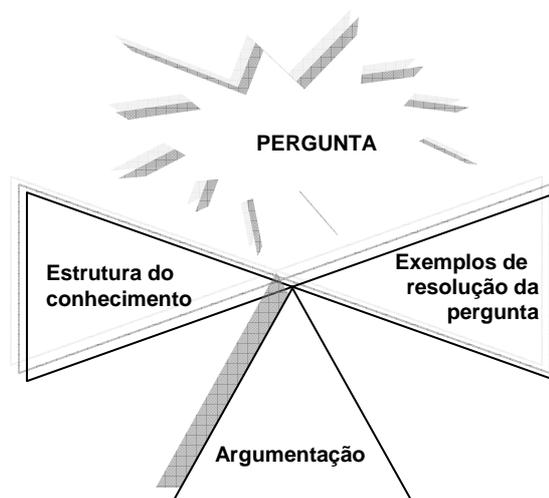


Figura 2.2. Componentes de um conhecimento activo (baseado em Guidoni, 1985 e Perkins, 1986).

Teríamos assim uma aula (i) geradora de perguntas (veiculada às ideias dos alunos e à sua própria visão do mundo); (ii) estruturadora de conhecimento (que ensina a pensar sobre o mundo através de modelos, para gerar conceitos científicos e teorias); (iii) transformadora do mundo (que estabelece ligação entre as aplicações do conhecimento estruturado e o mundo); e (iv) argumentativa (que usa a linguagem para representar o mundo explicável e inteligível).

Sendo a Ciência actual entendida como construção justificada, o seu ensino será, conseqüentemente, também construtivo. Este adjectivo «construtivista» é modernamente aplicado a um modelo de aprendizagem defendido pela maioria dos investigadores e educadores, permeando os significados que deveria efectivamente produzir. Mas, recentemente, Osborne (1996) e Anguita (2001) iniciaram um debate acerca deste modelo, que permanece ainda aceso. Na verdade, o ensino da Ciência depende directamente do contexto da actividade Científica, muito embora procure, também, desenvolver o pensamento crítico, uma perspectiva ética e estética, entre outros aspectos. O que se pretende com o ensino das Ciências é, em síntese, que o processo de ensinar e de aprender Ciência conduza ao desenvolvimento pessoal das técnicas de construção de conhecimento dinâmico, ou seja, de acordo com Izquierdo (2000), «que possa transformar também o mundo dos alunos tornando-os capazes de intervir no mundo e de tomar decisões» (p. 45).

À imagem do carácter dinâmico da Ciência, onde os modelos elaborados a partir de valores dependem de todas as variáveis que influenciam as actividades do ser humano, também a educação Científica se suporta em valores partilhados por professores e por alunos, talvez o

⁶ Para Junge (1980), aquilo que mais distingue a cultura actual das anteriores é o facto dela a Ciência fazer parte integrante.

⁷ No discurso inaugural da Secção de Ciências Naturais, proferido no *Quarto Congresso da Associação Portuguesa para o Progresso das Ciências*, Eusébio Tamagnini (1943) afirmou que as «ciências de observação estão condenadas a ser exclusivamente estudadas através da leitura dos livros didácticos – e que livros – *epistoles* – *videotecas*, *resumos*, *silanos*, *memoriais*, eu sei lá que mais não seja, que praticamente, substituem os compêndios oficiais, no esforço ingente e sobre-humano, de mnemonizar milhares de factos desconexos e, muitas vezes, despidos de qualquer significado consciente, com vista à *passagem num exame*, a que falta tanto o valor pedagógico como o selectivo. (...) Os candidatos aos estudos superiores chegam assim, sob o ponto de vista da cultura e educação biológicas, às universidades, mal orientados e absolutamente falhos de método e de conhecimentos reais» (pp. 139-140). O Dr. Eusébio Tamagnini fez, ainda, um interessante ponto da situação e das condições em que trabalhavam os professores e os investigadores universitários à data. Conclui dizendo que «o bem da Nação exige *política de verdade*. (...) Que tal palavra de ordem se cumpra é o meu maior desejo» (p. 144). Cerca de cinquenta anos depois, Gago (1990) considerou, num ensaio, que «dá-se a estudantes que se tornarão cientistas um currículo a seguir que raramente os estimula a concentrarem-se em problemas abertos, em mistérios a resolver» (p. 105).

contributo mais importante para a praxis Científica⁸. De acordo com Sanmartí e Izquierdo (1997), a Ciência ensinada na escola deveria ser orientada para formar alunos para uma sociedade cuja existência é desejável, embora ainda não existe. Esta ideia, contudo, levanta um conjunto de variados problemas, de imediato na própria definição do desejável futuro, que é visto de distintas perspectivas pelos vários agentes educativos. Talvez se possa partir de metas mais gerais, que geram consenso, como seja uma educação Científica fundamentada no pensamento crítico, que considere e procure compreender, no mínimo, os processos de resolução dos problemas da sociedade actual⁹.

3 – Da Resolução de Problemas

Hodson (1994) considerou que existe uma correspondência entre aluno activo e actividade prática, ou seja, «qualquer método de aprendizagem que exija que os alunos sejam activos em vez de passivos (...) poderia ser descrito como actividade prática» (p. 310). Quando a esta actividade se junta o adjectivo «experimental», temos uma prática que se fundamenta na observação científica, na experimentação e, como tal, necessariamente na definição, controlo e manipulação de variáveis¹⁰ (Leite, 2001).

A resolução de problemas começou por interessar psicólogos e a educadores no início do século XX, tendo-lhe autores como Thorndike, Dewey e psicólogos da *Gestalt* dedicado abundantes trabalhos. Somente a partir da década de 1950 é que os cientistas do campo da informática e os psicólogos cognitivos procuram estabelecer um modelo geral de resolução de problemas que fosse aplicável em campos tão distintos como a física, a biologia e o diagnóstico clínico (Anderson, 1993). O modelo encontrado assenta em dois pressupostos principais: o uso de um procedimento geral de resolução de problemas, e o elevado grau de supervisão metacognitiva por parte de quem vai resolver o problema.

Têm surgido vários modelos de resolução de problemas. Numa análise comparativa é possível identificar cinco estádios comuns às várias propostas (Figura 3.1.). Sternberg (1985), por seu lado, postulou um suporte heurístico de competências metacomponenciais para resolver um problema, numa abordagem metacognitiva.

⁸ Price (1964) considerou que a «Ciência da Ciência é um assunto de segunda-ordem de primeira-ordem de importância» (p. 195).

⁹ Refiro-me a graves problemas relacionados com (i) o ambiente; (ii) com a ruptura de cadeias tróficas e a diminuição da biodiversidade; (iii) com a carência emergente de alternativas às energias fósseis, e (iv) com a qualidade e gestão racional da água potável, para dar alguns exemplos mais emergentes.

¹⁰ Beaufils e Larcher (1999) consideram que este conceito de actividade experimental tem características diversas em função da disciplina científica em causa. Assim, para as Ciências da Terra e para as Ciências da Vida, existem alguns problemas que não é possível serem tratados com actividades experimentais na sala de aula (e.g., complexidade dos sistemas, problemas éticos). Para Veríssimo e Ribeiro (2000), o designado biólogo tomista procura decompor a complexidade, tão minuciosamente quanto possível, de forma a poder examinar os elementos com a máxima aproximação. As experiências desenvolvidas tendem a ter condições que as tornam invariáveis num largo espectro espacial e temporal, e independentes da história do sistema. Para este biólogo, o trabalho laboratorial é coincidente com o trabalho experimental. Veríssimo e Ribeiro (2000) consideraram, também, o biólogo «integracionista», que não sendo capaz de reduzir a globalidade ao espaço do laboratório, desenvolve trabalhos de campo como complemento do trabalho laboratorial.

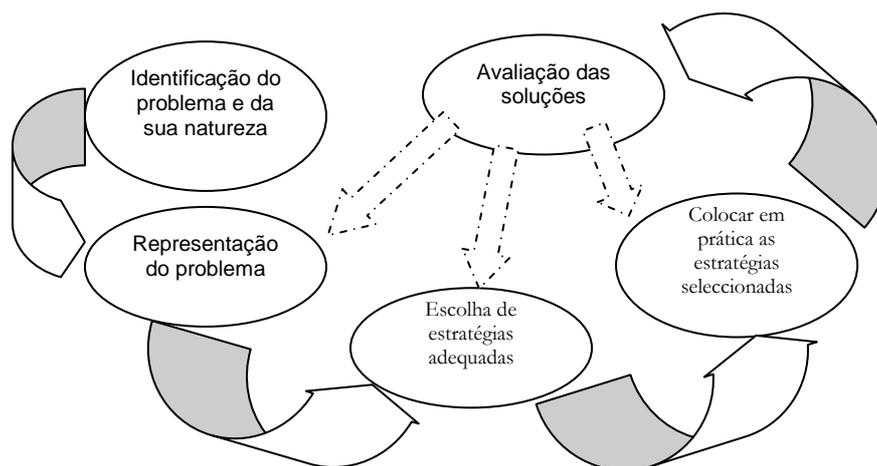


Figura 3.1. Estádios de um processo de resolução de problemas (baseado em Gick, 1986). A inclusão do tracejado representa um esforço metacognitivo que, após resolver o problema, poderá determinar a reformulação do problema, a sua replanificação ou a realização de novas experiências¹¹.

Este modelo pressupõe que se consegue chegar melhor à solução de um problema quando se compreende melhor o processo básico de o resolver. Alguns estudos têm procurado apurar o valor de ensinar aos alunos um método geral de resolver problemas, parecendo indicar que o ensino da resolução de problemas tem um efeito benéfico nos alunos mais jovens. Algumas investigações verificaram que os resultados tornam-se mais eficazes quando se associa à resolução de problemas outras estratégias, como por exemplo a resposta a perguntas (King, 1991) ou a metacognição (Martínez-Torregrosa, 1987; Garrett, 1988; Delclos e Harington, 1991; López, 1991; Furió, Iturbe e Reyes, 1994; A. Neto, 1995, 1998; Freire, 2000), e que esta metodologia de trabalho pode ter bons resultados como estratégia de mudança conceptual (Varela e Martínez, 1997; Santos, 2001), de organização do conhecimento (López-Rupérez, 1991) e de investigação (Gil, 1990).

É partindo destes pressupostos que se estrutura o conhecimento que se segue e a concepção da actividade prática de laboratório

4 – As Viagens das Poeiras: O Caso do Vulcão de *Popocatépetl*

Existem cerca de 500 vulcões activos¹², ou que estiveram em actividade em épocas históricas, em todo o mundo. Todos estes vulcões encontram-se agrupados em zonas muito circunscritas no interior dos continentes, e de um modo geral em regiões montanhosas. O vulcanismo é mais acentuado, sem dúvida, na zona que envolve as costas do Oceano Pacífico, conhecida por círculo de fogo do Pacífico.

Uma das erupções vulcânicas mais recentes é a do vulcão *Popocatépetl* (19,023° N, 98,622° W), nos Estados Unidos Mexicanos, que separa os vales da *Ciudad de México* e de *Puebla*. Está rodeado pelos estados de *Puebla*, *Morelos* e *Estado de México* (Figura 4.1.), e dista cerca de 55 km da *Ciudad de México*. O cume de *Popocatépetl* encontra-se a 5 465 m acima do nível médio das águas do mar, sendo o segundo maior vulcão da América do Norte.

¹¹ Neste campo, por exemplo, De Jong (1998) concebeu um conjunto de experiências científicas escolares, que designou de «experimentos que conduzem a problemas» (p. 306).

¹² Os vulcões designam-se de activos se estão em erupção, ou se frequentemente apresentam episódios eruptivos. Quando permanecem inactivos durante longos períodos de tempo, emitindo por vezes apenas pequenas quantidades de gases, denominam-se de adormecidos. Diz-se que um vulcão se encontra extinto quando não se conhece nenhuma actividade vulcânica durante o período histórico.

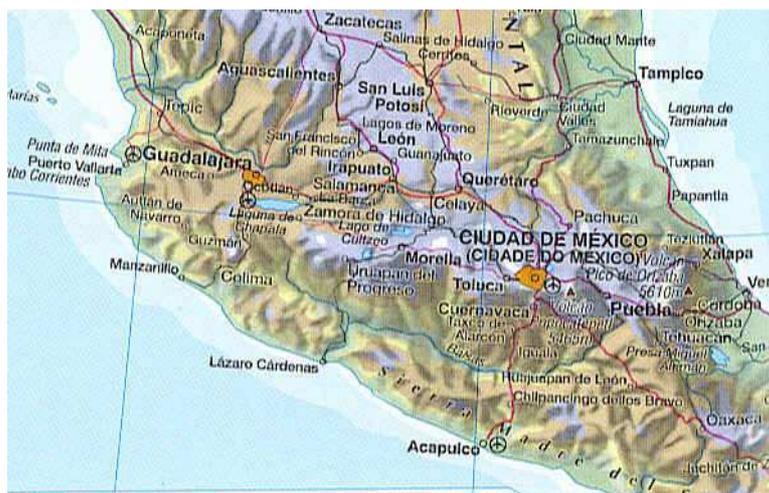


Figura 4.1. Ciudad de México e Puebla de Zaragoza. (S.R.D., 1997, p. 178). Escala 1:6 000 000.

Numa orientação Norte-Sul, o relevo norte-americano compreende dois sistemas montanhosos principais, dispostos de forma quase paralela: os montes Apalaches ou Alegânis e as cordilheiras Ocidentais, que incluem as *Rocky Mountains*, a *Sierra Nevada*, os montes das Cascatas e a cadeia da Costa. Entre eles há três áreas mais baixas: o escudo canadense, ao norte; a planície central; e a planície costeira que margeia o Atlântico. As cordilheiras ocidentais dividem-se, no México, na *Sierra Madre Occidental* e na *Sierra Madre Oriental*, a partir das quais surgem vulcões como o *Orizaba* (5 610 m), o *Iztaccíhuatl*¹³ (5 268 m), e o *Popocatepétl*, que fecham o planalto mexicano (Figura 4.2.).

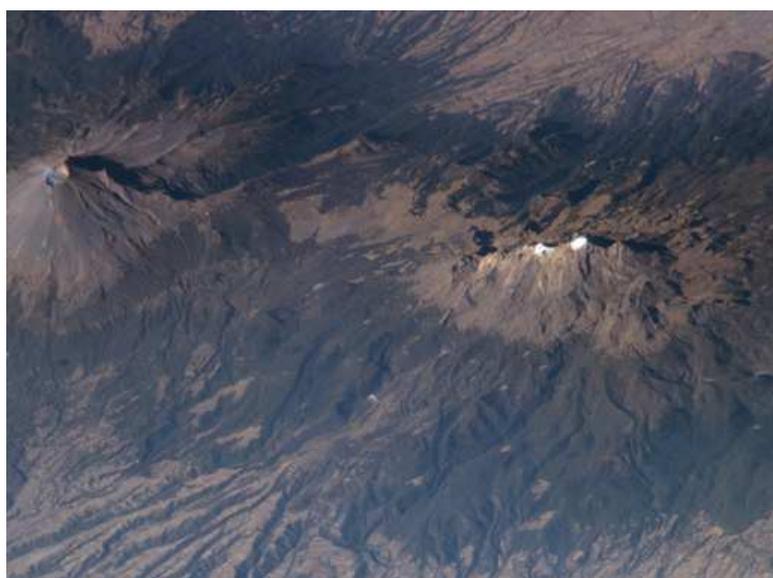


Figura 4.2. Vulcões *Iztaccíhuatl* (à direita) *Popocatepétl* (à esquerda) (International Space Station, usada em Starnews, 2001).

Segundo alguns estudos, o *Popocatepétl* (Figura 4.3.) - cujo nome em *nahuatl* (Asteca) significa «cerro que fumea»¹⁴ - surgiu, aproximadamente, há cerca de 30 milhões de anos, existindo registros de 30 erupções desde 1347.

¹³ Conhecido, localmente, pela «mulher de branco».

¹⁴ Localmente, este vulcão é conhecido por «Popo».



Figura 4.3. Fotografia do vulcão *Popocatepetl* (s.d.) (Fundação Geolinguá, 2003).

A cratera do *Popocatepetl* tem cerca de 240-250 m de profundidade. O moderno cone foi construído em duas fases. Primeiro foi formado o vulcão *El Fraile*, há cerca de 10000 anos, e destruído parcialmente por três episódios de actividade explosiva. Os últimos formaram-se há cerca de 5 000 e 3 800 anos. O cume actual do *Popocatepetl* é formado na parte Sul pelo cone do *El Fraile*, por repetidas efusões de lava até há cerca de 1 200 anos, momento a partir do qual passaram a dominar, de novo, as fases explosivas.

Os vulcões *Iztaccíhuatl* e *Popocatepetl* converteram-se no símbolo da história do México, fonte de adoração dos índios¹⁵, inspiração para poetas, pintores e escritores, e motivo de mitos, lendas e estudos científicos. É possível contemplar desde qualquer ponto do *Popocatepetl* e do *Iztaccíhuatl* a *Ciudad de México*, com as suas formas de mulher adormecida e de homem ajoelhado.

A história das erupções do *Popocatepetl* (Figura 4.4.) é frequentemente recordada desde o início da era Espanhola. A maioria das erupções históricas foram, aparentemente, emissões Vulcanianas¹⁶ suaves a moderados de vapor de água e de cinza, com erupções grandemente explosivas em 1519 e, possivelmente, em 1663.

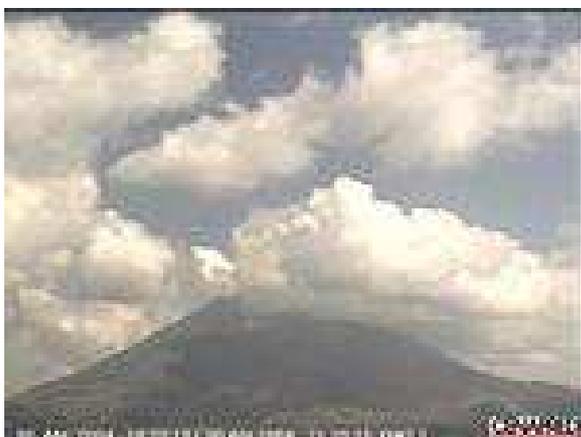


Figura 4.4. Fotografia do vulcão *Popocatepetl* em Julho de 2004 (Apolo 11, 19 de Julho de 2005).

¹⁵ Os conquistadores do México assistiram à projecção de pedras e de cinzas. A curiosidade que a presença de fumo constante despertou nos espanhóis, associada aos relatos mítico-religiosos dos indígenas, levaram Cortés a enviar ao vulcão uma delegação de representação, encabeçada por Diego de Ordaz. As formas mais recentes de evacuação das populações das costas dos vulcões, realizadas pelas autoridades locais em função do risco, deram lugar a lendas. Conta-se, localmente, que existia um guerreiro - *Popo* -, a quem não foi permitido casar com *Izta*, uma princesa de quem estava apaixonado. Em consequência, *Izta* morre de dor e ao seu lado fica para sempre, a protegê-la, *Popo* como um homem ajoelhado.

¹⁶ Sabe-se que durante o Holocénio (há cerca de 10 000 anos) o *Popocatepetl* teve períodos de erupções plinianas. Nestes casos, a chaminé comporta-se como se fosse um cano de uma arma de fogo. Surgem explosões de grande violência, com saída de gases com velocidades que podem aproximar-se do dobro da do som. Formam-se colunas verticais que podem exceder 30 km de altura, e há uma acumulação de grandes quantidades de cinzas na região envolvente. A erupção do vulcão Vesúvio, em 79 a.C. terá tido de tipo pliniano, destruindo Pompeia e Herculano, matando numerosas pessoas, entre as quais o célebre naturalista Plínio o Velho (Antunes, 1991).

A actividade em 1920-1922 produziu intermitentes erupções explosivas e um pequeno domo de lava no cume da cratera, o que revela a natureza ácida (félsica) ou intermédia da lava (riolítica ou andesítica), com uma viscosidade relativamente alta. Pequenas nuvens de cinza foram relatadas em 1923-1924, 1933, 1942-1943, e em 1947 (U.S.G.S., 2000). Em consequência dos diversos episódios, *Popocatépetl* é um vulcão composto¹⁷. A lava pode sair através de um conjunto de fissuras radiais que se estendem pelos flancos do cone. São projectados piroclastos a partir da cratera central que acabam por cair nas ladeiras circundantes do cone, edificadas segundo uma pendente de ângulos de 20° a 30° (Figura 4.5.).

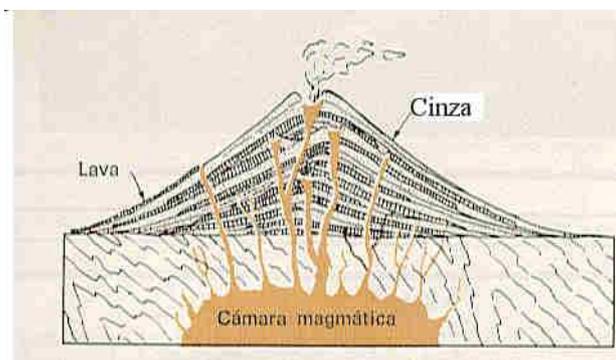


Figura 4.5. Corte idealizado de um cone de um vulcão composto (adaptado de Strahler, 1992).

Nos vulcões compostos forma-se uma estrutura interna em camadas, alternadas de lava e de piroclastos (turfa). Uma das características deste tipo de vulcões é o seu carácter altamente explosivo¹⁸. Nos períodos de inactividade solidifica lava na parte superior central do vulcão, por debaixo da cratera, formando uma *agulha vulcânica*¹⁹, que oferece uma grande resistência a novas extrusões. Vão-se acumulando, desta forma, grandes pressões no interior. Aquando da erupção, são arremessados grandes blocos de lava fragmentada e de chuva de *lappilli* e de cinza. Praticamente durante toda a actividade, uma grande nuvem de pó e de vapor condensado forma-se sobre a cratera. Há vulcões estratificados activos que emitem, de forma repetida, lavas muito viscosas geradoras de cinzas incandescentes.

5 – A Erupção Vulcânica como Risco Ambiental

Entre os grandes perigos ambientais naturais para a comunidade biótica, em geral, as erupções vulcânicas são aquelas que causaram, ao longo da história escrita, grande número de desastres, com numeroso número de vítimas humanas, com danos e prejuízos materiais muito elevados. A ameaça é particularmente grave nas cidades próximas de vulcões que entram em erupção²⁰.

O magma fluido, antes de ascender pelos canais de emissão, tinha em dissolução um conjunto de gases e de produtos voláteis (como por exemplo, água, dióxido de carbono, ácido clorídrico, sulfureto de hidrogénio, monóxido de carbono, monóxido de enxofre, dióxido de enxofre, hidrogénio), devido a altas pressões do interior. No processo de erupção, à medida que o magma se aproxima da superfície diminui a pressão, com libertação dos gases, processo que facilita a ascensão do magma. Alguns dos gases são inflamáveis, e quando em contacto com o oxigénio da atmosfera geram grandes chamas. Designa-se de lava o magma fluido, sem gases, com capacidade de fluir pela superfície terrestre. Durante uma erupção vulcânica são projectados para o ar um conjunto de materiais fragmentários, conhecidos por piroclastos. São formados pela agregação de partículas de lava solidificada, lançados para a atmosfera através de violentas explosões, ou arrastados pelos

¹⁷ Também conhecido por vulcão estratificado.

¹⁸ São exemplos de vulcões compostos, o Monte *Fuji* no Japão, o *Vesúvio* em Itália, o *Erebus* na Antártica, e o Monte *Rainier* no noroeste dos Estados Unidos da América.

¹⁹ Igualmente conhecida por domo vulcânico. Às 01h e 40 min, do dia 13 de Dezembro de 2000, começou a ser observada incandescência sobre a cratera, que é reflexo da presença de um domo no interior da mesma.

²⁰ A acção humana, por estranho que pareça, pode inclusivamente despertar a actividade vulcânica, seja de forma voluntária ou accidental. Em 1919, uma equipa de engenheiros dinamitou uma mina de enxofre no interior do vulcão *Popocatépetl*, que com o seu cume de 5 465 m domina a *Ciudad de México*, a fim de facilitar os trabalhos de desmonte. Pese embora a pequena carga de dinamite utilizada, foi a suficiente para provocar o desmoronamento da parede interna, gerando-se uma fissura no fundo. A lava invadiu a mina e acabou por soterrá-la. Kohler (1985/1989) relata duas outras situações, potencialmente perigosas, embora conclua que «é difícil provocar artificialmente a erupção de um vulcão».

gases ao borbulhar na lava, que se consolida total ou parcialmente antes de cair sobre o solo, ou são pedaços de rochas procedentes de erupções mais antigas.

As bombas e blocos vulcânicos correspondem a pedaços de lava consolidados que adquirem movimentos rotativos durante a queda, tendo, por isso, a forma de fuso ou ovóide, com dimensões variáveis (> 25 mm), chegando os maiores a pesar toneladas.

As projecções que formam fragmentos de tamanho reduzido (com diâmetro compreendido entre 4 e 25 mm de diâmetro), recebem a designação de *lapilli*. As cinzas vulcânicas originam-se a partir da lava pulverizada. Os grãos, pela sua pequenez (< 4 mm), podem ser arrastados pelo vento, permanecendo durante muito tempo na atmosfera, formando o que se designa de penacho de «fumo» que caracteriza as erupções vulcânicas de tipo «vulcaniano». Pese embora que Melendez e Fuster (1991) tenham relacionado como sinónimo de cinza vulcânica o termo «pó vulcânico», Strahler (1992) considera que com a diminuição do tamanho passa-se de cinza vulcânica ao fino pó vulcânico (partículas como as do fumo), que podem ser transportadas ao longo de muitos milhares de quilómetros através da alta atmosfera. Se fizermos um exame microscópico a estas partículas verificava-se que têm a forma de diminutas agulhas (fragmentos angulosos) de vidro vulcânico²¹.

As cinzas da erupção do vulcão *El Chichón* (Estado de *Chiapas*, México) em 1982, por exemplo, terão subido até a uma altura de 35 km (Kohler, 1985/1989)²². O recorde parece pertencer, segundo considera Kohler (1985/1989), às poeiras do *Krakatoa* (Indonésia), que subiram até 40 km (Kohler, 1985/1989)²³, embora os cientistas tenham calculado o valor de 50 km para a altitude que alcançaram as poeiras no caso do vulcão *Taupo* (Nova Zelândia), que entrou em erupção no ano de 186.

Em altitudes de tal ordem, as poeiras levam alguns anos para cair no solo, e dão várias voltas em torno da Terra. Nos gelos da Antárctica já foram encontradas poeiras provenientes do vulcão *Krakatoa*²⁴ (erupção de Agosto de 1883)²⁵. As poeiras e cinzas do *El Chichón* (erupção de Abril de 1982), acompanhadas por fotografias de satélites meteorológicos, circularam a uma média de 70 km/h, a 25 km de altitude, levando 20 dias a dar a volta à Terra.

Os geólogos encontram, por vezes, poeiras vulcânicas provenientes de erupções muito antigas. Alguns piroclastos expelidos pelos vulcões da *Auvergne*, há alguns milhares de anos, foram detectados nos Vosgos e na Bélgica. A descoberta mais sensacional, por assim dizer, foi o caso do vulcão *Toba*, cujos produtos projectados há cerca de 75 000 anos foram encontrados depositados nos sedimentos da ilha de *Sri Lanka*, locais que distam entre si mais de 1 000 km.

Durante os últimos 500 anos, um vulcão da *Cascade Range*, no estado de *Washington* (Estados Unidos da América) – *Mount Saint Helens* (2 250 m) – tem tido erupções com uma periodicidade, mais ou menos, de uma por ano²⁶. Em 18 de Maio de 1980, o *Mount Saint Helens* libertou para a atmosfera uma nuvem ardente (Figura 5.1.), que deslocando-se a uma velocidade de cerca de 50 m/s, matou instantaneamente todos os seres vivos numa área circundante de 500 km² (Strahler, 1992).

²¹ Existem, ainda, tufos vulcânicos, brechas de explosão ou aglomerados vulcânicos, conglomerados vulcânicos, e «rochas vulcânicas» (lavas), embora resultem de consolidação, acumulação, ou solidificação do magma, não sendo aqui considerados estas rochas piroclásticas, uma vez que se afastam do tema deste trabalho.

²² Na erupção de 1956 do vulcão *Bezymiannyi*, na Sibéria, a gigantesca nuvem que cobria o horizonte elevou-se a 32 km de altura (Busch, 1989).

²³ De acordo com Schiller (1989), a nuvem atingiu 53 km de altura.

²⁴ Três anos após a erupção, as cinzas continuavam a cair a 2 500 km de distância (Busch, 1989).

²⁵ Na erupção de *Santorino* (século XV a. C.), o vento dispersou as cinzas numa área de 200 000 km², principalmente para sueste, onde ainda permanecem no fundo do mar e forma uma camada cuja espessura varia de alguns centímetros a vários metros (Schiller, 1989).

²⁶ A erupção anterior a esta tinha sido em 1857.



Figura 5.1. Erupção do Mount Saint Helens, em 1980, com uma gigantesca coluna de fumo e de cinzas que se elevou na atmosfera. Esta nuvem deu várias vezes a volta à Terra (extraído de Lemoyne, 1989).

Após a explosão inicial, uma nuvem vertical de cinza fina subiu até a uma altura de 13 km (Strahler, 1992)²⁷, e levada pelos ventos dominantes foi depositar-se nas cidades, a NNE, de Yakima e Spokane, que distam do vulcão, respectivamente, cerca de 138 km e 405 km.

Os vulcões *Popocatepetl* e *Iztaccíhuatl* sempre foram testemunhas da história do México, e do crescimento acelerado de uma população, cada vez mais situada próximo deles. A *Ciudad de México* (com a população de 16,908 milhões de habitantes) e *Puebla* (com 1,80 milhões de habitantes), encontram-se a cerca de 70 e 60 km, respectivamente, do *Popocatepetl*. Uma grande erupção pode ter sérias consequências para as populações residentes nos flancos do vulcão, e a cinza de tal erupção poderia colocar em perigo qualquer tipo de aeronave que usasse o Aeroporto Internacional do México²⁸.

De acordo com o *Centro Nacional de Prevención de Desastes (CENAPRED)*, vivem cerca de 80 000 pessoas, em 30 municípios dos três Estados limítrofes, na zona considerada de risco ao redor do *Popocatepetl* (BBC Mundo, 17 de Dezembro de 2000). Segundo a *Unidad de Protección Civil del Estado de Morelos*, 30 000 pessoas vivem em zona de risco imediato. As autoridades mexicanas afirmam que estão preparadas para evacuar a atender estas pessoas, e as evacuações realizadas em 1994 e em 2000 demonstraram que, pese embora este aspecto, há alguma resistência da população em sair dos locais de perigo face aos intensos furtos que as suas residências ficam expostas.

Em 1997, grande parte da *Ciudad de México* ficou coberta por uma capa de cinza. No final de 2000, o vulcão começou a dar, de novo, sinais da sua actividade. O *CENAPRED* solicitou ajuda aos cientistas dos *U.S. Geological Survey (U.S.G.S.)*, que em colaboração com cientistas da *Universidad Nacional Autónoma de México (U.N.A.M.)* monitorizaram a actividade do *Popocatepetl*. Durante esta nova actividade formaram-se, por variadas vezes, colunas de cinzas, chegando a atingir o Golfo México, e a cair abundantemente sobre povoados como *Atlauta*, *Atlixco*, *Amecameca*, *Huehualcalco*, *Ecatzingo*, *Nexapa*, *Ozumba*, *Puebla*, *San Jerónimo*, *San Pedro Benito Juárez*, *San Pedro Cholula*, *Santiago Xalitlitzintla*, *Tecomatuxco*, *Tejopulco* e *Tepetlixpa*. Uma nuvem de cinzas lançada para o ar, com mais de dois mil metros de altura, levou à evacuação de cerca de 41 000 pessoas que

²⁷ Ou, de acordo com Lemoyne (1989), 20 km de altura.

²⁸ São muitos os danos causados pelas cinzas vulcânicas. A extensão destes danos está relacionada com parâmetros como a densidade e o tamanho da nuvem de cinzas, os componentes da nuvem, a temperatura de fusão destes componentes. As colunas de gás e de poeiras podem provocar sérios estragos nos reactores dos aviões. Os gases, bem como as partículas, quando associados à água, tornam-se ácidos de efeitos corrosivos perigosos, podendo corroer qualquer tipo de estrutura da aeronave, bem como contaminar o interior da mesma. Kohler (1985/1989) relata três casos de aviões que por pouco não se despenharam no mar com os motores parados devido a terem atravessado nuvens provenientes de erupções vulcânicas, que não são visíveis. Felício e Romão (2005) consideram que os aviões ainda carecem de aparelhagem de bordo que detecte a presença das cinzas vulcânicas perigosas e para consistentemente avisá-los, precisamos de uma melhor comunicação, informação, monitorização e cooperação entre os aviadores e cientistas.

habitavam na zona de risco (*Estado de Puebla*), com a intervenção de 2 400 soldados e 800 voluntários, e mais de 1 000 viaturas, e ao seu alojamento em albergues (Agenda Estado, 2000).

Depois de vários meses de vigilância por parte dos cientistas, onde se registaram pequenos sismos, em 15 de Julho de 2005, o *Popocatépetl* invadiu a população da *Puebla* com uma grande nuvem de cinzas e fumo, depois de seis meses sem registar nada de significativo (Figura 5.2.).



Figura 5.2. Vulcão *Popocatépetl*. (Jornal Digital, 18 de Julho de 2005).

Durante os dias seguintes o sistema de monitorização do vulcão *Popocatépetl* registou 17 exalações acompanhadas por emissões de vapor de água, gás e, ocasionalmente, pequenas quantidades de cinza. Os outros parâmetros de monitorização mantiveram-se sem alterações importantes. No momento em que escrevo estas linhas²⁹ (29 de Julho de 2005), registou-se às 3 h 13 min locais (08:13 GMT) uma exalação explosiva moderada que projectou material incandescente sobre a encosta oriental do cone vulcânico, alcançando uma distância aproximada de 1 km (Figura 5.3.).



Figura 5.3. Actividade explosiva do vulcão *Popocatépetl*, registada em 29 de Julho de 2005 (08:04:50 GMT) (Apolo 11, 29 de Julho de 2005).

²⁹ Acompanhei diariamente a actividade do lado Norte do *Popocatépetl*, por intermédio de uma «vulcâmera» colocada na cidade de *Atzmoní (Ixtaccíhuate)*, através do projecto *APOLO11_COM - Tecnología Espacial, Informações Geofísicas e Sensoriamento Remoto* (<http://www.apolo11.com/vulca-meras.php?menu=webcam>).

A duração deste evento foi de um minuto, na sua fase mais intensa, recuperando o vulcão o seu nível prévio de actividade. Estima-se que a nuvem de vapor, gases e cinza produzida tenha alcançado uma altura média de 2 km, embora não se tenham recebido relatórios da queda de cinza. Cerca de três horas depois, registou-se uma nova exalação com um leve componente explosivo que produziu uma coluna de cinza que alcançou uma altura aproximada de 2,5 km acima da cratera, deslocando-se em direcção a Noroeste. Houve queda de cinza na área de *Milpa Alta*. Cerca das 16 h (GMT) o nível de actividade do vulcão ficou estável e a visibilidade completa (Figura 5.4.), e pouca actividade fumarólica (Figura 5.5.).



Figura 5.4. Panorama do Vulcão Popocatepetl, às 16:05 GMT do dia 29 de Julho de 2005.



Figura 5.5. Panorama do Vulcão Popocatepetl, às 21:01 GMT do dia 29 de Julho de 2005.

Numa ordem de maior a menor probabilidade, os cenários esperados de actividade nas próximas horas, dias ou semanas são os seguintes: exalações pequenas, algumas com leves emissões de cinza, incandescência observável durante a noite e esporádicas explosões de baixo nível com uma

baixa probabilidade de emissão de fragmentos incandescentes a curta distância da cratera. O semáforo de alerta vulcânico mantém-se em amarelo - Fase 1. Continua, também, o raio de segurança de 12 km, pelo que não é permitida a permanência em caminhos destes sectores incluídos no raio. O trânsito está condicionado entre *Santiago Xalitzintla* e *San Pedro Nexapa*, via *Paso de Cortés*. Toda a população deve escutar e respeitar, segundo recomenda o *CENAPRED*, as comunicações oficiais que autoridades difundam.

6 - Usando o Laboratório na Resolução do Problema da Viagem das Poeiras

Alguns dos riscos da actividade vulcânica podem ser minimizados através de um programa de monitorização de vários parâmetros. As cinzas e poeiras, como se viu, constituem materiais piroclásticos que provocam sérios danos nas populações, nas colheitas, na fauna e na flora e, inclusivamente, nas aeronaves.

Sendo o laboratório escolar um espaço próprio de vivências e de desenvolvimento de experimentações controladas, estabeleceram-se para esta actividade os seguintes objectivos: (i) compreender a acção de transporte do vento; (ii) construir gráficos interpretativos do processo de transporte do vento; (iii) compreender o processo de deposição eólica; e (iv) reconhecer a importância do trabalho do vento no transporte de sedimentos para áreas bastante distintas.

Seguindo um modelo de desenvolvimento como o apresentado na Figura 6.1., o professor pode construir com os alunos a seguinte formulação problemática: Porque razão a localidade de *Puebla*, que dista 60 km do vulcão *Popocatépetl*, foi atingida com os materiais expelidos durante a erupção vulcânica? Colocam-se as seguintes perguntas de partida: Como se explica a deslocação dos piroclastos? Que tipo de materiais poderá deslocar-se?

São formuladas as seguintes hipóteses: (i) os materiais piroclásticos são arrastados através do ar mediante a intervenção do vento; (ii) o tamanho das partículas é um factor importante na sua deslocação através do ar. Estas hipóteses podem ser testadas através de um experimento, construindo-se para o efeito um desenho experimental. Constrói-se um aparato experimental, com base em Tuke (1991), conforme preconiza a Figura 6.1.

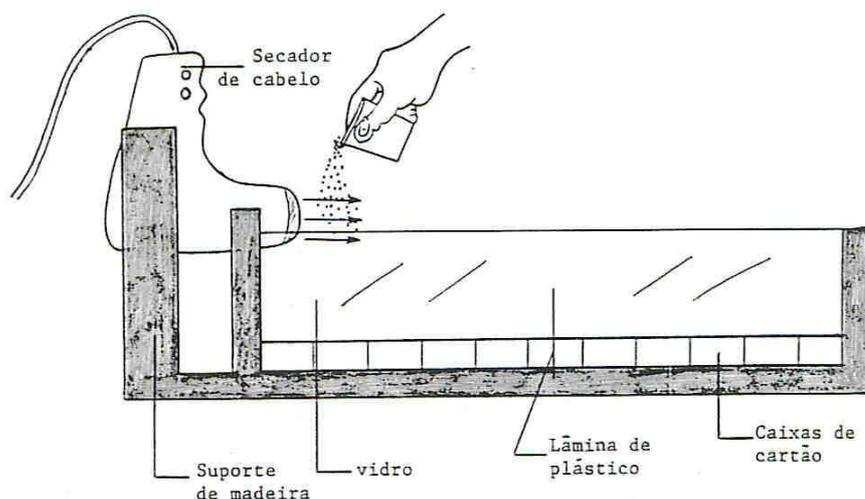


Figura 6.1. Modelo experimental para estudo da influência do vento na deslocação de partículas (com base em Tuke, 1991).

Consideram-se, e controlam-se, as seguintes variáveis: (i) tamanho do grão (areia e cinza); (ii) velocidade do ar («vento»); e (iii) distância percorrida pelos grãos.

No desenho experimental foram concebidos um conjunto de procedimentos a realizar:

- Com o secador ligado na velocidade mínima (velocidade 1) deita-se muito lentamente (poucos grãos de cada vez), mesmo em frente da saída de ar do secador, uma porção da areia que está no copo (Figura 6.1.).
- Examinar o sedimento recolhido em cada caixa e medir o tamanho do grão. Usar uma lupa e uma escala de tamanhos de grão (Figura 6.2.).
- Determinar a distância a partir do secador até ao centro de cada caixa.

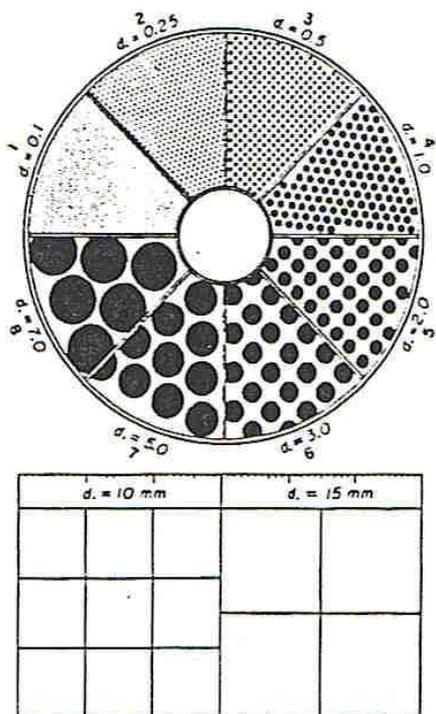


Figura 6.2. Gráfico para determinação do tamanho as partículas sedimentares (Data Sheet Committee, em colaboração com George V. Chillngar).

Estes dados devem ser representados através de um gráfico (distância percorrida e tamanho do grão). A experiência deve realizar-se, num segundo momento, com cinza. O grupo de alunos que realizou estas actividades devem, posteriormente, ir observar a continuação da mesma em outro grupo.

- Uma vez recolhida a areia e a cinza das caixas, deve ser repetido o procedimento, mas desta vez com a velocidade máxima do secador (velocidade 2).
- Os alunos observadores devem dirigir a sua atenção para os movimentos de transporte causados pelo vento³⁰. Os movimentos do transporte das partículas devem ser identificados e caracterizados, mediante esquematização e descrição (Figura 6.3.).

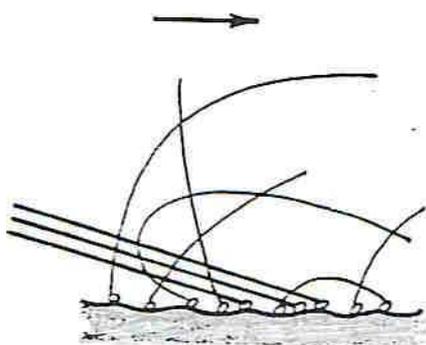


Figura 6.3. Representação da deslocação das partículas por acção do vento.

A análise dos dados obtidos devem permitir comprovar as hipóteses formuladas anteriormente, e permitir a formulação de novas hipóteses com o desenvolvimento do desenho experimental.

Podem ser colocadas algumas questões adicionais de discussão:

³⁰ Filmar a experiência, se possível, com base no plano da Figura 6.1.

- Os vulcões de natureza explosiva, sem grande violência, como por exemplo as erupções do tipo Stromboliano (e.g., vulcão *Stromboli*, vulcão *Etna*), projectam na atmosfera numerosos fragmentos de lava que solidificam antes de cair no solo, formando os designados *lapilli* e as bombas vulcânicas. A acção do vento transporta esses fragmentos para locais distantes da erupção (Figura 6.4.). Explicar se os fragmentos de dimensões maiores podem atingir distâncias maiores do que aqueles que têm dimensões mais reduzidas.

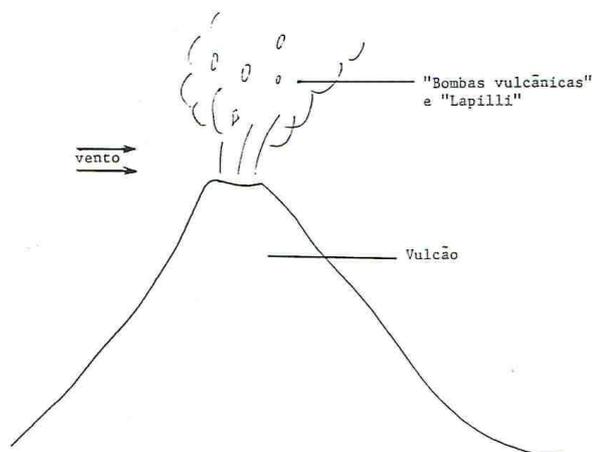


Figura 6.4. Deslocação de materiais piroclásticos pela acção do vento.

- A monitorização da direcção e da velocidade dos ventos, em momentos próximos das erupções vulcânicas, é um procedimento muito importante. Fundamentar a afirmação.
- No arquipélago britânico encontraram-se sedimentos vermelhos que se julga serem provenientes do deserto do Saara, que dista 3 000 km das ilhas britânicas. Qual será a dimensão desses sedimentos avermelhados? Justificar a resposta.
- Um homem consegue erguer-se de pé, aguentando rajadas de vento a cerca de 30 km/h, pese embora não pudesse fazê-lo com correntes de água à mesma velocidade. Como se explica este fenómeno? Qual destes agentes de transporte move grãos de maiores dimensões? E qual dos agentes movimenta grãos mais rapidamente?

6 – Considerações Finais

«Nada é dado, tudo é construído» (Bachelard, 1977, p. 14). Considero que é desta forma que as nossas aulas de ciências devem iniciar-se. Mediante a apresentação aos alunos de explicações com falta de consistência, de contradições, de desconexão entre o esperado e a realidade, de dúvidas e de situações indefinidas que solicitem uma definição mais clara, o professor condu-los para o enunciado de um problema - «dissonância cognitiva» (Pizzini, Shepardson e Abell, 1991) - que é essencial para activar os mecanismos motivacionais com vista à resolução do problema. «Todo o conhecimento é resposta a uma questão. Se não houver questão, não pode haver conhecimento científico» (Bachelard, 1977, p. 14). McTighe, Seif e Wiggins (2004) defendem que é preciso criar sentido e obter compreensão por parte dos alunos. Nos níveis mais baixos (escolaridade básica), o professor pode explicitar a formulação do problema, deixando essa tarefa para os alunos de níveis mais elevados. O enunciado do problema deve ter um significado bem expressivo para o aluno, que o sinta como o seu problema

Para isso, o problema deve estar bem enquadrado nos temas trabalhados na sala de aula, permitir uma abordagem às competências definidas no currículo, ser susceptível de aproximações mediante uma, ou mais, perspectivas teóricas e, algo que é essencial para Intrator (2004), que é estar associado às preocupações dos alunos. Daí que devam, ainda, ser contempladas as ideias prévias dos alunos, bem como as experiências anteriores que tenham constituído oportunidade de construir algum tipo de conhecimento. De acordo com McTighe, Seif e Wiggins (2004), os alunos têm maior capacidade para criar sentido e obter compreensão quando ligam nova informação a conhecimento anterior, relacionam factos a «grandes ideias» e exploram questões essenciais, aplicando o seu conhecimento a novos contextos

O tema em análise – a erupção do vulcão *Popocatepetl* – é, no meu ponto de vista, bem adequado para o estudo dos riscos ambientais durante uma erupção vulcânica, e para a análise da acção do

vento sobre as partículas. As indicações procedimentais apresentadas devem ser entendidas, unicamente, como uma possível via de trabalho. Em função da especificidade de cada turma deverá ser adaptado todo o processo metodológico. O recurso à Internet é, sem dúvida, muito vantajoso, permitindo a observação em tempo quase real (apenas com um desfasamento de 30 s) de imagens do vulcão que, estando tão longe, ficam tão perto. A contextualização de cada vulcão (e.g., zonas de convergência de placas, *hotspots*), associada a exemplos de vulcanismo em território português (e.g., vulcão dos Capelinhos, vulcão da Serreta) parece-me muito oportuna para contribuir para a compreensão global do fenómeno do vulcanismo. No âmbito do ambiente, será importante discutir a razão das populações terem decidido habitar as encostas dos vulcões, assim como a existência de grandes cidades que se desenvolvem nas suas proximidades, quando existem, inclusivamente, vários registos históricos de graves danos na economia e muitas vidas perdidas durante algumas erupções vulcânicas.

Deve ser considerado, contudo, que ensinar a resolver problemas consiste em criar nos alunos hábitos e atitudes para enfrentar os desafios que o problema suscita, e encontrar respostas que convertam o real numa aproximação inteligível. Segundo Wheatley (1991), o professor, ao planificar as tarefas para os alunos - resolução de problemas - deve formulá-las para que (i) constituam um desafio para a maioria dos alunos; (ii) lhes proporcione motivação intrínseca através de entusiasmo e de actividades cativantes; (iii) favoreça a formulação de novas questões e a tomada de decisões; e (iv) promovam a discussão e a comunicação entre pares.

Referências Bibliográficas

- AGENDA ESTADO (2000) – *Vulcão. Governo do México ainda em Alerta*. [Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.estadao.com.br/ageestado/index.htm>], Arquivo capturado em 2005, 19 de Julho de 2005.
- ALMEIDA, L. (1998) – Aprendizagem Escolar, Dificuldades e Prevenção, in Almeida e Tavares (org.), *Conhecer, Aprender, Avaliar*, Porto, Porto Editora, pp. 53-74.
- ANDERSON, J. R. (1993) – Problem Solving and Learning, *American Psychologist*, 48, 35-44.
- ANGUITA, F. (2001) – Contra el Constructivismo, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9, 235-238.
- ANTUNES, M. (1991) – *Ensino da Geologia. Perspectivas Científicas*, Lisboa, Universidade Aberta.
- APOLO 11 (19 de Julho de 2005) – *Vulcâmeras*. [Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.apolo11.com>], Arquivo capturado em 2005, 19 de Julho.
- APOLO 11 (29 de Julho de 2005) – *Vulcâmeras*. [Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.apolo11.com>], Arquivo capturado em 2005, 29 de Julho.
- BACHELARD, G. (1977) – *La Formation de l'Esprit Scientifique: Contribution à une Psychanalyse de la Connaissance Objective*, 4.ª ed., Paris, Éditions Vrin.
- BBC MUNDO (17 de Dezembro de 2000) – *Continúa la Alerta sobre el Popocateptl*. [Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.ssec.wisc.edu/data/volcano/popocat.html>], Arquivo capturado em 2005, 19 de Julho.
- BEAUFILS, D. e LARCHER, C. (1999) – L'Experimental dans la Classe, *Aster, Recherches en Didactique des Sciences Expérimentales*, 28, 3-8.
- BUSCH, N. (1989) – A Cólera dos Vulcões, in R. W. Fairbridge (org.), *História da Terra*, 2.ª reimpressão, Lisboa, Selecções do Reader's Digest, pp. 58-63. (Trabalho original em inglês)
- CACHAPUZ, A. (1995) – O Ensino das Ciências para a Excelência da Aprendizagem, in A. D. Carvalho (org.), *Novas Metodologias em Educação*, Porto, Porto Editora, pp. 349-385.
- COELHO, L. (1988) – *A Ciência na Idade Média*, Lisboa, Guimarães Editores.
- DE JONG, O. (1998) – Los Experimentos que Plantean Problemas en las Aulas de Química: Dilemas y Soluciones, *Enseñanza de las Ciencias*, 16, 305-314.
- DELCLOS, V. R. e HARRINGTON, C. (1991) – Effects of Strategy Monitoring and Proactive Instruction on Children's Problem-Solving Performance, *Journal of Educational Psychology*, 83, 35-42.
- DELIZOICOV, D., ANGOTTI, J. A. e PERAMBUCO, M. M. (2003) – *Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos*, São Paulo, Cortez Editora.
- DRIVER, R. (1988) – Un Enfoque Constructivista para el Desarrollo del Currículo en Ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 109-120.
- FELÍCIO, R. e ROMÃO, M. (2004) – *A Sombra dos Vulcões. Alerta nos Céus! Cinzas Vulcânicas no Ar!* [Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.orbita.starmedia.com/ventonw/aero1.html>], Arquivo capturado em 2005, 29 de Julho.
- FREIRE, A. M. S. (2000) – *Aprender a Ensinar nos Estágios Pedagógicos: Estudos entre Mudanças nas Concepções de Ensino e na Prática Instrucional de Estagiários de Física e Química*, tese de Doutoramento não publicada, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- FUNDAÇÃO GEOLINGUA (2003) – *Estados Mexicanos Unidos*. [Disponível na Internet via WW. URL:<http://www.geolingua.org/main.htm>], Arquivo capturado em 2005, 19 de Julho.
- FURIÓ, C. J., ITURBE, J. e REYS, J. V. (1994) – Contribución de la Resolución de Problemas con Investigación al Paradigma Constructivista de Aprendizaje de las Ciencias, *Investigación en la Escuela*, 24, 89-99.
- GAGO, J. M. (1990) – *Manifesto para a Ciência em Portugal*, Lisboa, Gradiva Publicações.
- GARRET, R. M. (1988) – Resolución de Problemas y Creatividad: Implicaciones para el Currículo de Ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 229-230.

- GICK, M. L. (1986) – Problem-Solving Strategies, *Educational Psychologist*, 21, 99-120.
- GIL, D. (1990) – *Un Modelo de Resolución de Problemas como Investigación*, Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia-Labor.
- GUIDONI, P. (1985) – On Natural Thinking, *European Journal of Science Education*, 7, 133-140.
- HAZENE, R. M. e TREFIL, J. (1992) – *A Grande Aventura da Ciência*, Mem Martins, Publicações Europa-América. (Trabalho original em inglês publicado em 1991).
- HODSON, D. (1994) – Hacia un Enfoque más Crítico del Trabajo de Laboratorio, *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 299-313.
- INTRATOR, S. M. (2004) – The Engaged Classroom, *Educational Leadership*, 62.
- IZQUIERDO, M. (2000) – Fundamentos Epistemológicos, in F. J. Perales e P. Cañal (dir.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Alcoy, Editorial Marfil, pp. 35-64.
- JORNAL DIGITAL (18 de Julho de 2005) – *Nuvem de Cinzas Invade Puebla – Vulcão no México entre em Actividade*. [Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.jornaldigital.com/index.php>], Arquivo capturado em 2005, 19 de Julho.
- KING, A. (1991) – Effects of Training in Strategic Questioning on Children's Problem-Solving Performance, *Journal of Educational Psychology*, 83, 307-317.
- KOHLER, P. (1989) – *Vulcões. Sísmos e Deriva dos Continentes*, Venda Nova, Bertrand Editora. (Trabalho original em francês, publicado em 1985)
- LEITE, L. (2001) – Contributos para uma Utilização mais Fundamentada do Trabalho Laboratorial no Ensino das Ciências, in H. V. Caetano e M. G. Santos (orgs.), *Cadernos Didácticos de Ciências 1*, Lisboa, Departamento do Ensino Secundário, pp. 79-97.
- LEMOYNE, A. (1989) – A Espectacular Erupção do Monde Saint Helens, in R. W. Fairbridge (org.), *História da Terra*, 2.^a reimpressão, Lisboa, Selecções do Reader's Digest, pp. 69-71. (Trabalho original em inglês)
- LOPES, F. (1991) – *Organización del Conocimiento y Resolución de Problemas en Física*, Madrid, M.E.C.
- LÓPEZ-RUPÉREZ, F. (1991) – *Organización del Conocimiento y Resolución de Problemas en Física*, Madrid, Centro de Investigación y Documentación Educativa.
- S.R.D. – SELECÇÕES DO READER'S DIGEST (1997) – *Grande Atlas Universal*, Lisboa, Selecções do Reader's Digest.
- MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1987) – *La Resolución de Problemas de Física como Investigación: Un Instrumento de Cambio Metodológico*, tese de Doutoramento não publicada, Universidad de Sevilla, Sevilla.
- MCTIGHE, J., SEIF, E. e WIGGINS, G. (2004) – You Can Teach for Meaning, *Educational Leadership*, 62.
- MELENDEZ, B. e FUSTER, J. M. (1991) – *Geología*, 5.^a ed., Madrid, Editorial Paraninfo.
- NETO, A. J. (1995) – *Contributos para uma Nova Didáctica da Resolução de Problemas: Um Estudo de Orientação Metacognitiva em Aulas de Física do Ensino Secundário*, tese de Doutoramento não publicada, Universidade de Évora, Departamento de Pedagogia e Educação, Évora.
- NETO, A. (1998) – *Resolução de Problemas em Física. Conceitos, Processos e Novas Abordagens*, Lisboa, Instituto de Inovação Educacional.
- O POVO (2005) – *Popocatepétl. Vulcão entra em atividade no México*. [Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.noolhar.com/opovo/>], Arquivo capturado em 2005, 29 de Julho.
- OSBORNE, R. (1996) – Beyond Constructivism, *Science Education*, 80, 53-82.
- PERKINS, D. N. (1986) – *Knowledge as Design*, Erlbaum, Hillsdale.
- PIZZINI, E. L., SHEPARDSON, D. P. e ABELL, S. K. (1991) – The Inquiry Level of Junior High Activities: Implications to Science Teaching, *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 111-121.
- PRICE, D. J. (1964) – The Science of Science, in M. Goldsmith e A. Mackay (eds.), *The Science of Science*, London, The Scientific Book Club, pp. 195-208.
- PROGRAMA GLOBAL DEL VULCANISMO (2005) – *Informe de Actividad Volcánico Semanal del Si/de USGS*. [Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.volcano.si.edu/reports/usgs/index>], Arquivo capturado em 2005, 19 de Julho.
- SANMARTÍN, N. e IZQUIERDO, M. (1997) – Reflexiones Entorno a un Modelo de Ciencia Escolar, *Investigación en la Escuela*, 32, 51-62.
- SANTOS, M. L. (2001) – *A Prática Lectiva como Actividade de Resolução de Problemas: Um Estudo com três Professores do Ensino Secundário*, tese de Doutoramento não publicada, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- SANTOS, M. E. e PRAIA, J. F. (1992) – Percurso de Mudança na Didáctica das Ciências. Sua Fundamentação Epistemológica, in A. F. Cachapuz (coord.), *Ensino das Ciências e Formação de Professores*, Aveiro, Projecto MUTARE - Universidade de Aveiro, pp. 7-34.
- SCHILLER, N. (1989) – A Explosão que Mudou o Mundo, in R. W. Fairbridge (org.), *História da Terra*, 2.^a reimpressão, Lisboa, Selecções do Reader's Digest, pp. 64-68. (Trabalho original em inglês)
- STARNEWS (2001) – *Vulcões. A Fúria Adormecida*. [Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.starnews2001.org/>], Arquivo capturado em 2005, 19 de Julho.
- STERNBERG, R. J. (1985) – Reasoning, Problem Solving and Intelligence, in R. J. Sternberg (ed.), *Handbook of Human Intelligence*, Cambridge, Cambridge University Press.
- STRAHLER, A. N. (1992) – *Geología Física*, Barcelona, Ediciones Omega. (Trabalho original publicado em inglês)
- TAMAGNINI, E. (1943) – Ciências Naturais. Discurso, in Associação Portuguesa para o Progresso (org.), *Quarto Congresso*, Porto, Imprensa Portuguesa, pp. 136-144.
- TUKE, M. (1991) – *Earth Science: Activities & Demonstrations*, London, John Murray.
- U.S.G.S. – UNITED STATES OF GEOLOGICAL SURVEY (2000) – *Description: Popocatepétl Volcano, México*. [Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.vulcan.wr.usgs.gov/>], Arquivo capturado em 2005, 19 de Julho.
- VARELA, M. P. e MARTÍNEZ, A. (1997) – Una Estrategia de Cambio Conceptual en la Enseñanza de la Física: La Resolución de Problemas como Actividad de Investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, 15, 173-188.
- VERÍSSIMO, A. e RIBEIRO, R. (2000) – Os Conceitos de Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências. Uma Visão Oriunda da Biologia, in M. Sequeira (org.), *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências*, Braga, Universidade do Minho, pp. 139-142.
- VOLCANO (2005) – *Volcano*. [Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.volcano.essay.dyndns.org/>], Arquivo capturado em 2005, 19 de Julho.
- VULCANOTÍCIAS (2000) – *Erupções Vulcânicas de Dezembro de 2000*. [Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.vulcanoticias.hpg.com.br/index.html>], Arquivo capturado em 2005, 19 de Julho.
- WHEATLEY, G. H. (1991) – Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning, *Science Education*, 75, 9-21.

Abstract

The present scenario for Science education preconizes a Science teaching aimed for the formation of a well clarified citizenship, able to answer to the constant challenges that appear even in society. Based on these ideas, it has been defended that Science teaching should be centralised around daily knowledge and the processes through which students learn, build and use the scientific knowledge. Starting from the recent eruption of the Popocatépetl volcano (Mexico), which through out lot of dust a long hundreds of kilometres, we present here a laboratorial activity that contributes to give rise answers to some of the environmental problems previously formed.

Résumé

Le actuel panorama général pour l'éducation en Science préconise une l'enseignement des Sciences tourné vers la formation d'une citoyenneté adéquatement éclairci, persuadé pour répondre à des permanents défis que arrive journalièrement dans la société. À base dans ces idées, il y a été défendu que l'enseignement de les sciences se centralise au retour de les savoirs d'au jour le jour et des procédés en travers quelques-uns les élèves apprennent, construisent et usent la connaissance scientifique. A partir de le cas de le volcan Popocatépetl, au Mexico, avec ses actuelles éruptions qui projetent poudrette a beaucoup des centaines de kilomètres, nous avons présenté une activité de laboratoire qui c'est une contribution pour déchaîner des réponses a quelques des problèmes environnement préalablement formulés.