

# O POTENCIAL DIDÁTICO DO VÔO VIRTUAL<sup>1</sup>

Alfredo Pereira de Queiroz Filho<sup>2</sup>

**Resumo:** O objetivo do trabalho é avaliar o potencial do voo virtual como instrumento didático para a Cartografia. Constatou-se que as principais vantagens do voo são: a atratividade do processo e a possibilidade de variação de escala e de níveis de abstração. As desvantagens mais relevantes são: a desorientação espacial e a sobrecarga cognitiva.

**Palavras chave:** voo virtual, escala, nível de abstração, ensino de Cartografia

**Abstract:** The purpose of this work is to appraise the virtual flight as a Cartography didactic instrument. We have noticed that the main advantages of such a flight are: process attractiveness, the possibility of scale variation and of the abstraction levels. The more substantial disadvantages are: lack of spatial orientation and cognitive overload.

**Keywords:** virtual flight, scale, abstraction level, Cartography teaching.

## 1 Introdução

Presenciamos, neste início do século XXI, mudanças significativas de valores educacionais. Os novos paradigmas da educação estão relacionados com o imbricado desenvolvimento tecnológico dos sistemas de comunicação e de processamento de dados, que tendem a ser incorporados pelas instituições de ensino.

Os atributos que caracterizam essas tecnologias da comunicação são: interatividade, mobilidade, convertibilidade, interconectividade e velocidade. Em decorrência, os novos paradigmas educacionais pressupõem que os alunos devem ser preparados para conviver em uma sociedade em processo contínuo de transformação, sendo os construtores do seu próprio conhecimento. A intuição e a descoberta são dois aspectos que se destacam nesse processo educacional (Passarelli, 1993).

É neste contexto que o trabalho se insere. A sua premissa é de que o voo virtual, concebido como um mecanismo de exploração visual de dados geográficos – produzido por um *software* –, pode ser utilizado como recurso de apoio às atividades didáticas do curso de

---

<sup>1</sup> Este artigo é parte da tese de doutorado do autor: "Voo virtual: metáfora e representação cartográfica tridimensional"

<sup>2</sup> Departamento de Geografia – FFLCH – USP  
aqueiroz@usp.br

Cartografia. Sua principal função é estimular a procura de novos pontos de vista das entidades representadas e colaborar para o estabelecimento de padrões e relacionamentos entre elas.

Do ponto de vista do ensino, é possível supor que seja mais vantajoso voar em um ambiente virtual do que sobre o próprio terreno. Ainda que esses dois tipos de vôo permitam a mesma visão privilegiada da superfície terrestre, com a variação de escala e a alternância dos ângulos de observação, a diferença fundamental do meio virtual é a possibilidade de intervenção sobre os objetos visualizados. Controlar o que pode ser observado, isto é, elaborar “cenários” ou construir “realidades” expande os tipos e as combinações, temáticas e temporais, das “paisagens” sobrevoadas.

A possibilidade de se deslocar pela área de estudo “voando” sobre o modelo digital de elevação, onde podem ser sobrepostos mapas temáticos e imagens de satélite, amplia a probabilidade de entendimento dessas representações. A perspectiva de controle da direção, velocidade e altitude de deslocamento, tal como o piloto de um avião, somada à alternância dos níveis de abstração, isto é, a visualização separada ou conjunta da imagem de satélite – com baixo nível de abstração – e dos mapas temáticos (pontos, linhas e polígonos) – de elevado nível de abstração – também estimulam os mecanismos de aprendizagem do usuário.

Dessa forma, o objetivo do trabalho é a avaliação do potencial do vôo virtual, como recurso suplementar às atividades do curso de Cartografia. Não houve intenção de julgar aspectos tecnológicos ou a interface do programa utilizado, o ArcGlobe<sup>3</sup>, ou de realizar um estudo de caso com um grupo de alunos, mas a de discutir as principais questões subjacentes ao tema.

## **2 Vôo virtual**

O vôo virtual significa, neste trabalho, uma metáfora do deslocamento aéreo, caracterizado por mudanças seqüenciais de direção e de altitude sobre representações cartográficas tridimensionais.

O “virtual” deve ser considerado como um tipo de representação, digital e interativa, de fenômenos. Ao contrário do que preconiza Lévy (2003), acredita-se que o relevo, a hidrografia, a rede viária, os limites municipais, representados digitalmente, não se desterritorializam e tampouco perdem suas identidades. Essas representações, em escala – por meio de pontos, linhas e polígonos –, têm a intenção de preservar sua localização espacial; manter, com fidelidade, o relacionamento entre as entidades espaciais (adjacência,

---

<sup>3</sup> É um módulo do Sistema de Informações Geográficas, desenvolvido pela ESRI, denominado de ArcGis, incorporado a partir da versão 9.0.

conectividade, etc.) e de garantir, por intermédio dos seus atributos (nome, largura, extensão, etc.), que seus aspectos mais importantes sejam conservados.

O vôo virtual consiste, então, em reproduzir um conjunto sistemático de fenômenos, via computador, por abstração. Essa realidade virtual é uma realidade abstrata e seletiva do terreno, portanto, não é uma imitação do real, mas algo construído.

Dessa maneira, esse “voar” se diferencia do produto dos simuladores de vôo eletrônicos. O objetivo dos simuladores é reproduzir fielmente todas as circunstâncias e eventualidades que possam ocorrer ao piloto de uma aeronave, como as leis da aerodinâmica, regras de tráfego aéreo e condições meteorológicas.

Nesse trabalho, o vôo também se distingue dos jogos eletrônicos. Não exige a habilidade e tampouco oferece os estímulos proporcionados pelos desafios que caracterizam os *videogames*. No entanto, é possível estabelecer uma analogia entre eles, pois são “representações da realidade que podem ser manipuladas” (Shneiderman, 1998, p.202). A suposição é de que a facilidade de controle da altitude e da direção, isto é, da trajetória, tende a tornar a interface transparente, de forma que o usuário julgue que está em contato direto com o ambiente representado.

Numa perspectiva mais ampla, o vôo virtual será considerado como um método exploratório visual de dados da superfície terrestre, que possui uma forma interativa de deslocamento – a qual se assemelha ao movimento de um helicóptero – proporcionado por um programa de computador. Os comandos de controle do vôo emulam a liberdade de movimentação. As representações cartográficas tridimensionais podem reproduzir – tal como uma metáfora –, a conexão entre as propriedades conhecidas da superfície terrestre (ex.: relevo) e as representações gráficas abstratas (ex.: curva de nível).

### **3 Aspectos da representação cartográfica**

#### **3.1 A representação visual**

Conforme Sacks (1999), passamos a vida aprendendo a ver. O “mundo” não nos é dado, ao contrário, é construído desde a infância por meio da experiência, decorrente das atividades de classificação, do uso da memória visual e do reconhecimento dos objetos, entre outras.

De um outro ponto de vista, Gombrich (1995) ressalta que nunca podemos separar com nitidez o que vemos do que sabemos. O autor afirma que não é possível compreender os aspectos de uma imagem caso as suas convenções não sejam conhecidas. Em outras palavras: “só se vê aquilo que se conhece”.

Um curioso exemplo, citado por Tuan (1999), evidencia a importância da experiência para relacionar variáveis como tamanho e distância. Há relatos de pessoas que, nunca tendo saído de densas florestas tropicais – nas quais o horizonte é de poucos metros –, quando colocadas em paisagens amplas parecem incapazes de interpretar horizontes distantes. Um pigmeu, quando levado para pastagens abertas, olhando uma distante manada de búfalos, perguntou: que insetos são aqueles?

Em decorrência, a “experiência” é fundamental para a compreensão de cartas topográficas, mapas, fotos aéreas e imagens de satélite. Entende-se que a sua utilização, nas atividades de ensino, exige que os usuários possuam uma familiaridade mínima com os seus símbolos e códigos. Contudo, as cartas topográficas diferenciam-se das imagens de satélites e fotografias aéreas e, por isso, requerem tratamentos distintos. A amplitude dos respectivos níveis de abstração – mais elevado nos mapas e menor nas fotografias, que são “mais próximas da realidade” –, deve ser observada nas atividades didáticas. Mesmo que concebida para outras finalidades, a contribuição de Barthes (1990) para esse assunto é muito relevante. Para o autor, deve-se opor a fotografia, que é uma mensagem sem código, ao desenho (mapa), pois este é uma mensagem codificada e, como todos os códigos, exige uma aprendizagem para que se possa interpretá-la.

### **3.2 A representação cartográfica**

O mapa é um tipo de representação da superfície terrestre. Essa representação gráfica pode ser considerada como uma forma de comunicação e, dessa forma, vinculada à teoria da informação.

Os princípios da comunicação em Cartografia estão baseados no sistema de comunicação geral, proposto por Shannon e Weaver, em 1949, e edificados sobre o tripé: cartógrafo, mapa e usuário (Robinson; Petchenik, 1976; Simielli, 1986).

Segundo Livia de Oliveira (1978), identifica-se, nesse processo de comunicação, um codificador e um decodificador. O codificador, para emitir a mensagem, utiliza-se de um código<sup>4</sup> e, da mesma forma, o decodificador o utiliza para “transcrever” a mensagem. Assim, o código se configura como o intermediário que faz a ligação entre as três partes do processo de comunicação: o emissor, a mensagem e o codificador.

“O mapa trata de abolir a distância entre os elementos de comunicação, procurando uma continuidade, ou melhor, estabelecendo uma linguagem comum através dos pontos, linhas, áreas, enfim, dos símbolos” (Oliveira, 1978, p.23).

---

<sup>4</sup> Código, para esse trabalho, será definido como qualquer grupo de símbolos que, de forma organizada, faça sentido para alguém.

Considera-se que esse processo de comunicação cartográfica, tradicionalmente associado às representações bidimensionais, também se aplica aos dados cartográficos tridimensionais (3D). A representação 3D é aquela que incorpora o eixo z, o qual expressa as altitudes, aos eixos x e y, que indicam o comprimento e a largura, no plano. Um modelo digital de elevação (MDE) pode ser considerado como um tipo de representação tridimensional da superfície terrestre.

Embora os blocos diagramas e os relevos sombreados sejam formas muito antigas de representação topográfica numa superfície bidimensional, os sistemas atuais não só agilizam a produção do modelo digital de elevação, a partir de pontos cotados ou curvas de nível, como permitem que ele seja observado de qualquer ponto de vista, com a variação do azimute e do ângulo zenital; além disso, viabilizam a sobreposição de uma imagem sobre a superfície do modelo.

Swanson (1999) argumenta que a vantagem de usar uma representação cartográfica tridimensional está na simulação da realidade espacial, permitindo que o usuário reconheça mais rapidamente as mudanças nas elevações. Com o mapa bidimensional, ao contrário, o cérebro necessita, primeiramente, construir um modelo conceitual do relevo, antes que qualquer análise possa ser realizada.

Além de permitir o uso de representações tridimensionais, o voo virtual facilita a mudança do ponto de vista do observador. Mesmo que a visão ortogonal de mapas e fotografias aéreas não faça parte do cotidiano dos alunos, a possibilidade de mudança interativa do ângulo de observação pode simplificar o seu processo de decodificação. No voo virtual é possível controlar, interativamente, a visualização do terreno e posicionar-se em qualquer inclinação (ângulo vertical) e azimute (ângulo horizontal).

### **3.3 Níveis de abstração**

O mapa é freqüentemente visto como uma metáfora para a apresentação e representação de todos os tipos de dados, espaciais e não espaciais. Os dados e as informações que eram tradicionalmente descritos, enumerados, tabulados e ordenados, hoje são mapeados. O uso da expressão “mapa”, nos sentidos literal e metafórico, possui aplicações muito amplas, podendo representar diferentes níveis de abstração (Fairbairn *et al.* 2001).

De acordo com Dykes *et al.* (1999), o grau de abstração pode ser representado por uma linha contínua (figura 1). Sob a perspectiva cartográfica, o menor grau de abstração corresponde à representação mais realista, como, por exemplo, as fotografias aéreas, as imagens de satélite e as representações do relevo. No extremo oposto, localizam-se as

representações mais esquemáticas e abstratas, como as distribuições de dados estatísticos e os mapas (pontos, linhas e polígonos).

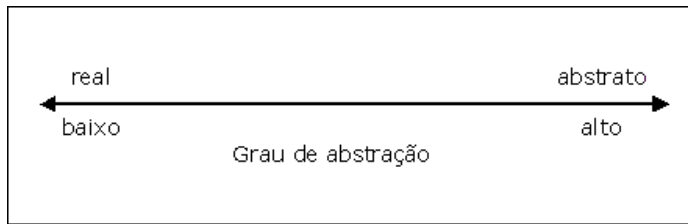


Figura 1: Níveis de abstração

Fonte: Adaptado de Dykes *et al.* (1999)

O voo virtual, da mesma forma que os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), permite a visualização conjunta dos referidos níveis de abstração, pois as informações espaciais são armazenadas em camadas ou planos de informações distintos (*layers*). Esse artifício possibilita que o próprio estudante “construa” os cenários sobre os quais se deslocará (ex.: hidrografia, rede viária, imagem de satélite, etc.). Essa possibilidade de “combinação” temática pode ser ainda utilizada para a visualização das mudanças temporais dos fenômenos, pois é possível alternar informações, por exemplo, que representem a variação sazonal da cobertura vegetal ou o tamanho e a forma da mancha urbana, em décadas distintas.

Além disso, acredita-se que a visualização, separada ou conjunta, da imagem de satélite e dos mapas temáticos estimule os mecanismos de aprendizagem do usuário, uma vez que permite a associação de informações com distintos níveis de abstração, por meio da sobreposição de representações codificadas (mapas) sobre as não codificadas (composições coloridas ou fotos).

#### **4 Variações de escala**

##### **4.1 Abordagens sobre escala**

Escala é um termo polissêmico e caracteriza várias dimensões da pesquisa científica. Segundo Castro (2003), pode ser compreendida como uma estratégia para a abordagem do “mundo real”, ou seja, um mecanismo de compreensão da realidade, decorrente da impossibilidade de apreendê-la na sua totalidade. É uma medida que confere visibilidade ao fenômeno.

Nas análises geográficas, de acordo com Fabrikant (2001), a escala vincula-se ao tamanho dos objetos e ao nível de detalhe utilizado nas análises. A natureza dos fenômenos determina a escala, que define o seu grau de generalização.

Assim, a noção de escala está ligada a de representação da realidade. A representação do espaço possui uma conotação de “forma geométrica”, quando está associada à Cartografia; mas também de nível de análise ou recorte espacial, quando relacionada à Geografia (Lacoste, 1976; Racine *et al*, 1983).

Para Goodchild; Quattrochi (1997), a escala pode ser avaliada como um dos aspectos fundamentais de uma pesquisa, pois, em princípio, quanto mais próximo o observador se colocar do seu objeto de estudo, mais detalhes ele perceberá. O microscópio, o telescópio e os satélites orbitais são exemplos de instrumentos criados para ampliar ou reduzir objetos, de forma a ajustar suas dimensões a um nível adequado de análise.

Contudo, existem inúmeras circunstâncias nas quais a proximidade do fenômeno não garante melhor capacidade de compreensão. O aumento da escala de visualização – produzida pelos dispositivos óticos e eletrônicos – é muito usual, mas nem sempre auxilia o pesquisador. Dependendo do caso, o distanciamento pode ser, literal e metaforicamente, a estratégia mais apropriada para a compreensão do objeto estudado.

Neste trabalho, adotou-se a abordagem de Montello (2001), que propõe três principais significados, do ponto de vista espacial, para o termo “escala”: o cartográfico, o de análise e o do fenômeno. O autor pondera que, mesmo que sejam tratadas separadamente, essas escalas se inter-relacionam. Seus significados são:

- escala cartográfica: indica a proporção entre o tamanho do objeto no terreno e as suas dimensões no mapa. Pode ser expressa numericamente por uma fração (1/250.000), ou graficamente, por uma barra graduada;
- escala de análise: representa a unidade de tamanho na qual um fenômeno é analisado. Caracteriza a dimensão espacial da pesquisa, como por exemplo: local, regional ou global; ou as unidades de agrupamento dos dados (os resultados do censo podem estar agrupados por setor censitário, distrito, município, estado, região);
- escala dos fenômenos: caracteriza as dimensões da sua ocorrência sobre a superfície terrestre. Exemplo: os manguezais brasileiros ocorrem na faixa litorânea que se estende do estado do Amapá até o de Santa Catarina.

## **4.2 A escala no meio digital**

O conceito de escala cartográfica independe do meio de armazenamento. A escala é uma proporção entre o tamanho do objeto no mapa e no terreno, tanto no meio digital



quanto no “analógico”<sup>5</sup>. A máxima cartográfica continua vigorando: quanto maior a extensão territorial visualizada, menor a escala e o número de detalhes representado; e quanto menor a extensão mapeada, maior a escala e o número de detalhes das entidades. Entretanto, do ponto de vista da manipulação das cartas, as diferenças entre esses dois meios são significativas. A facilidade de alteração da escala, no meio digital, pode ser considerada como sua característica mais importante.

Essa “simplicidade” de ampliação e redução da carta, proporcionada pela utilização da informática, pode, contudo, acarretar sérios problemas aos usuários. As duas principais dificuldades referem-se à densidade de informações e à exatidão do posicionamento dos objetos.

Os programas permitem, por exemplo, a ampliação de uma carta na escala 1/1.000.000 para a escala 1/50.000. Porém, uma carta que representa aproximadamente 269.000 km<sup>2</sup> (1/1.000.000) não pode conter a mesma densidade de informações do que uma que representa uma área aproximada de 715 km<sup>2</sup> (1/50.000). A recíproca também cria problemas, pois quando se reduz uma carta 1/50.000 até a escala 1/1.000.000, a visualização fica comprometida. O usuário terá dificuldades para identificar, por exemplo, a rede de drenagem, uma vez que se torna muito densa para ser observada de forma tão diminuta.

A ampliação digital de uma carta também pode gerar problemas de posicionamento dos objetos, ou seja, de exatidão cartográfica. A probabilidade de erro de localização do fenômeno aumenta com a ampliação da carta.

A exatidão de trabalhos cartográficos é definida pelo Padrão de Exatidão Cartográfica<sup>6</sup> (PEC). Este indicador estatístico de dispersão, associado à escala das cartas, define que noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC estabelecido (tabela 1).

| Escala      | Planimetria |       | Altimetria *    |               |             |
|-------------|-------------|-------|-----------------|---------------|-------------|
|             | PEC         | Valor | PEC             | Eqüidistância | Valor       |
| 1/50.000    | 0,5 mm      | 25 m  | ½ eqüidistância | 20 m          | 10 m        |
| 1/100.000   | 0,5 mm      | 50 m  | ½ eqüidistância | 50 m          | 25 m        |
| 1/250.000   | 0,5 mm      | 125 m | ½ eqüidistância | 100 m         | 50 m        |
| 1/500.000   | 0,5 mm      | 250 m | ½ eqüidistância | 100 m         | 50 m        |
| 1/1.000.000 | 0,5 mm      | 500 m | ½ eqüidistância | 100 ou 200 m  | 50 ou 100 m |

<sup>5</sup> O termo analógico, embora pouco adequado, foi utilizado para denominar os mapas elaborados pelos métodos tradicionais (ópticos e mecânicos) e armazenados somente na forma impressa (papel).

<sup>6</sup> Extraído da Comissão Nacional de Cartografia – CONCAR. Decreto nº 89.817, de 20/06/1984. Disponível em: <<http://www.concar.ibge.gov.br/cca32.htm>>. Acesso em: 02 jun. 2004.



(\*) A equidistância das curvas de nível pode sofrer pequenas variações dependendo do tipo de relevo da carta.

Tabela 1: Padrão de Exatidão de Cartas topográficas de classe A

Assim, nas cartas de classe A, de maior exatidão cartográfica, o PEC dos elementos planimétricos corresponde a 0,5 mm na escala da carta, e, para a altimetria, equivale à metade da equidistância entre as curvas de nível. Dessa forma, a posição planimétrica do fenômeno pode variar até 500 metros em uma carta 1/1.000.000. Mesmo que esse limiar seja aceitável para a referida escala, é incompatível com o da escala 1/50.000, que é de 25 metros.

A variação de escala, independentemente do meio de armazenamento, está associada ao conceito de generalização cartográfica, que consiste, segundo D'Alge; Goodchild (1996), na seleção e na simplificação da forma e da estrutura dos objetos representados, segundo uma hierarquia de importância. A produção de cartas topográficas em escalas pequenas (1/1.000.000) é baseada na generalização de cartas nas escalas maiores.

Por essa razão, a mesma entidade pode ser representada de formas distintas, conforme a escala. A rede viária, na escala 1/50.000, é mais detalhada e indica vários tipos de vias pavimentadas, não pavimentadas, trilhas e caminhos. A rede viária da mesma região, na escala 1/1.000.000, é menos densa, e pode ser representada somente pelas vias principais, com simbologia diferenciada.

Por fim, cabe destacar que o meio digital reforça a diferença entre a escala de elaboração e de visualização cartográficas. Nas cartas topográficas tradicionais (analógicas), impressas pelo IBGE, a escala de elaboração está sempre indicada na sua margem. Entretanto, a escala de visualização, no meio digital, não depende da escala na qual a carta foi produzida. Com a facilidade de reprodução e de transmissão dos arquivos digitais, é possível que o arquivo que contém a carta topográfica não possua referências sobre seu processo de produção. Para prevenir a propagação de erros e garantir a utilização adequada à respectiva proposta de trabalho, é necessário conhecer os parâmetros da sua elaboração (metadados<sup>7</sup>).

### **4.3 Variações de escala no meio digital**

O meio digital se caracteriza, conforme menção anterior, pela facilidade de alteração da escala de visualização das cartas topográficas. Contudo, os procedimentos para a

---

<sup>7</sup> O termo metadados pode ser denominado como "dados sobre os dados", ou seja, a descrição do histórico do seu processo de obtenção e produção, do seu conteúdo, da sua qualidade e das suas demais características.

mudança de escala dependem da forma de armazenamento/representação dos dados. O formato vetorial, como o das cartas topográficas, se diferencia do *raster* (matricial), como as imagens de satélite ou fotos aéreas.

No que se refere à representação vetorial, é importante ressaltar que a ampliação ou redução dos elementos gráficos do mapa não altera os seus atributos, isto é, as informações associadas às representações cartográficas (pontos, linhas e polígonos). Os dados alfanuméricos, como nome, endereço, município e estado – armazenados no banco de dados –, não variam conforme a escala de visualização.

Isto significa que há limites que devem ser respeitados para que a mudança de escala não comprometa as informações visualizadas. Para minimizar os referidos problemas de densidade de informações e de posicionamento das entidades, decorrentes da ampliação e redução das cartas, é possível utilizar duas ou mais escalas, isto é, adotar mecanismos para gerenciar a visualização de dados em múltiplas escalas.

Alguns programas, particularmente os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), oferecem essa alternativa para visualizar dados de escalas distintas. Dependendo da ampliação ou redução da carta, o usuário pode visualizar “modelos de dados” com escalas de representação diferentes, sendo possível determinar o intervalo de visualização para cada uma das escalas (arquivos). Isso garante que, por exemplo, um arquivo que contém dados na escala 1/1.000.000 seja visualizado somente no intervalo entre as escalas de 1/2.000.000 e 1/500.000. A partir disso, o programa, automaticamente, mostra o arquivo na escala 1/250.000, tornando mais “suaves” os efeitos da variação de escala<sup>8</sup> (figura 2).

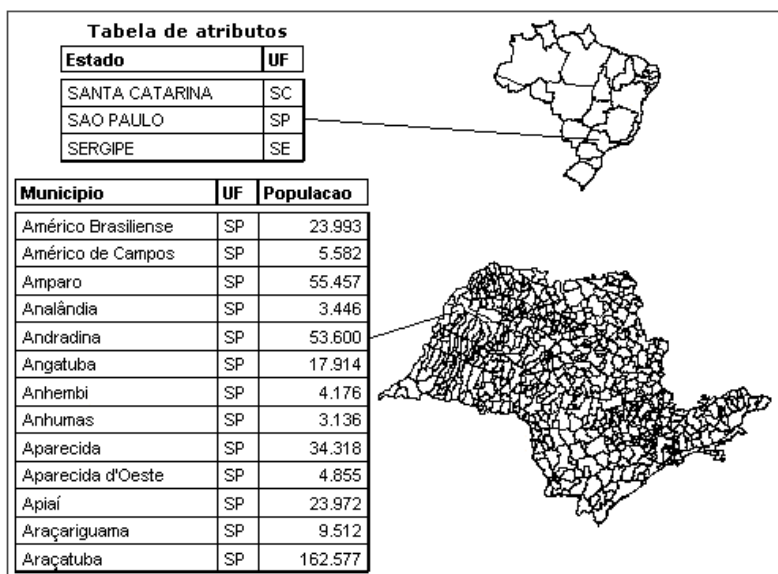


Figura 2: Exemplo de modelos de dados em escalas distintas

<sup>8</sup> Os arquivos podem conter não só atributos distintos, como representações gráficas “compatíveis” com a sua escala.

Por causa das suas características, a alternância de escala, no formato *raster*, é tratada de maneira diferenciada pelos programas. Uma imagem de satélite pode ser visualizada, em distintas escalas, por intermédio da criação de uma pirâmide de múltipla resolução<sup>9</sup> (figura 3). Nesse caso, a imagem original é dividida em vários planos de informação (PIs), com resoluções progressivamente menores (em direção ao topo). A posição do usuário – a altitude e o ângulo de visualização – determina a resolução adequada e a extensão (área) da imagem que deve ser utilizada pelo programa.

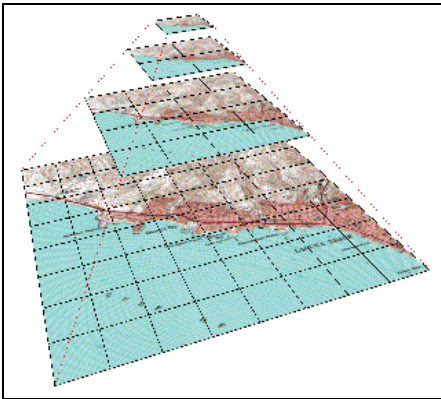


Figura 3: Pirâmide de resolução múltipla

A utilização desse mecanismo diminui o número de *bytes* a ser processado pelo computador ou que trafega pela rede, pois não é necessário manipular o arquivo integral da imagem. Se o usuário está observando a imagem de uma altitude elevada (grande extensão ou escala pequena), então não há necessidade de visualizar grande número de detalhes, ou seja, a imagem do topo da pirâmide (baixa resolução) é visualmente adequada. Quando o usuário observa a imagem numa altitude baixa, em uma escala grande, a resolução alta é necessária, mas, como a extensão (área) visualizada é pequena, é necessário acessar somente uma fração da imagem, localizada na base da pirâmide.

No deslocamento vertical, de cima para baixo, tem-se a sensação de que o foco da imagem melhora na medida da aproximação da superfície terrestre. O programa modifica a resolução da imagem conforme a posição do usuário, isto é, existe uma resolução apropriada para cada intervalo de altitude ou escala de visualização (ver figura 3). Quando o usuário navega no sentido horizontal ou diagonal, somente as áreas próximas à direção de vôo são mostradas com maior resolução, enquanto que as áreas distantes permanecem representadas por uma resolução baixa. Da mesma forma, os retângulos que compõem a imagem têm a sua resolução aumentada nas proximidades da localização do usuário.

---

<sup>9</sup> A resolução espacial está associada ao tamanho do *pixel* (*picture element*) e indica a menor área representada no terreno.

O voo virtual pode ser realizado somente a partir da criação desses mecanismos. Com esses dispositivos, é possível o deslocamento sobre uma imagem de satélite que está armazenada em um servidor Internet. O usuário pode navegar em tempo real – desde que use uma banda<sup>10</sup> compatível – sobre representações tridimensionais. As cartas topográficas, imagens de satélite, fotografias aéreas e mapas temáticos podem ser sobrepostos ao modelo digital de elevação – gerado com as curvas de nível – e possibilitar maior semelhança com a superfície terrestre.

## **5 O voo virtual nas atividades didáticas de Cartografia**

De uma perspectiva geral, o primeiro ponto relevante de análise trata da comparação de certas funções do voo virtual com as técnicas cartográficas consagradas. É necessário ponderar que as vantagens, como a tridimensionalidade e a exploração visual de dados, são proporcionadas por outros meios, mais antigos e conceituados e menos dispendiosos e dependentes de infra-estrutura (*hardware*, *software*, dados digitais), como a fotointerpretação, a construção de maquetes e a leitura e interpretação de cartas topográficas. As simulações temáticas e temporais da organização espacial também, há muito, são realizadas em mesas de luz (cada *layer* é representado em uma transparência ou papel vegetal).

No entanto, como essas técnicas, ditas “tradicionais”, não permitem uma fácil integração dos seus produtos ou resultados, oferecem um baixo grau de interatividade e não possibilitam a visualização contínua ou a mudança constante de escala, torna-se mais difícil a definição de critérios para a comparação do voo com as técnicas que o precederam. Conforme Wood (1994), esses procedimentos consagrados, por causa dos baixos níveis de interatividade, caracterizam-se como instrumentos de apresentação, ou seja, com reduzido potencial de exploração e visualização cartográfica. A mudança de velocidade de interação entre o usuário e o mapa e a capacidade de integração das técnicas mencionadas representam, indubitavelmente, um grande benefício para as atividades didáticas.

O voo virtual pode, então, ser caracterizado como um mecanismo que reúne as referidas técnicas cartográficas, cujas vantagens são ampliadas pela interatividade, facilidade de armazenamento, manipulação, consulta, apresentação e reprodução. Em decorrência, é plausível afirmar que o voo virtual representa, didaticamente, muito mais do que um mapa, pois reúne características técnicas consagradas, expande as funcionalidades dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e acrescenta a interatividade, que é um fator essencial nas atividades de ensino.

---

<sup>10</sup> Banda é uma referência de velocidade de comunicação da Internet. Quanto maior a largura da banda maior a velocidade de transmissão de dados. As conexões via telefone não permitem o voo sobre imagens de satélite por causa da baixa velocidade (média de 54 kbps).

A segunda questão, ainda sob a perspectiva geral, relaciona-se ao papel da tecnologia no processo ensino e aprendizagem. A pergunta que deve ser realizada é: pode a mídia modificar o ensino?

Esta polêmica questão é tratada de distintas maneiras. Para alguns pesquisadores, como Clark (1983), a mídia é um simples veículo que transporta as “instruções” ao aluno. Ao contrário do método, o meio não influencia – sob nenhuma circunstância – o processo de aprendizado. Esse autor afirma ainda que a influência da mídia no aprendizado do estudante não é maior do que o papel de um caminhão de gêneros alimentícios na nossa nutrição.

É certamente verdade que os alunos aprendem independentemente de qualquer mídia. Entretanto, também é certa a possibilidade de extrair dela vantagens para construir o conhecimento. Na visão de Kosma (1991), não se deve isolar radicalmente o método do meio, pois eles se relacionam e, além disso, uma parte deles não poderia ser implementada sem a mídia. Para o autor, que desenvolve seu artigo rebatendo as afirmações de Clark, o aprendizado é visto como um processo ativo, no qual o aprendiz gerencia estrategicamente os recursos cognitivos para: criar um novo conhecimento, extrair informações do ambiente e integrá-las com as informações previamente armazenadas na memória.

Assim, considera-se que a facilidade de interpretação da representação tridimensional e a simplicidade da sua manipulação – desde que observada a idade mínima de 13 anos para os usuários<sup>11</sup> –, torne o voo virtual capaz de criar um ambiente de aprendizagem fértil e cativante, além de influenciar positivamente o processo de ensino e aprendizagem. O voo possui um forte apelo visual, que une as características lúdicas, presente em inúmeros jogos eletrônicos, com o poder de atração das composições coloridas das imagens de satélite, que oferecem uma visão privilegiada da superfície terrestre.

Entretanto, esses aspectos podem revestir-se de uma conotação negativa, caso os preparativos da sua utilização não forem realizados ou sua aplicação não for contextualizada. As preocupações com a interatividade, com a dinâmica do voo ou com o comportamento ativo do aluno não podem superar o contexto didático, tornando-se mais importante do que a finalidade a qual foi proposta. O poder de atração das imagens pode produzir a falsa sensação de que não existe a necessidade de reflexão, apenas de ação, ou de que se trata de uma forma mais “fácil” de estudar.

---

<sup>11</sup> As experiências de Piaget; Inhelder (1993), entre as quais se destacam a das 3 montanhas e a do mapa da aldeia, indicam que é somente a partir de 13 anos, aproximadamente, que a criança é capaz de constatar a presença das relações espaciais projetivas (topologia) e das relações euclidianas (noção de sistema de coordenadas).

Do ponto de vista do funcionamento do voo, considera-se que a sua maior vantagem é a possibilidade de visualizar dados em distintas dimensões. Acredita-se ser possível “conjuguar” a visualização dos três significados espaciais do termo escala: cartográfico, de análise e do fenômeno. Assim, o usuário pode utilizar o conceito de escala numa perspectiva mais ampla, explorando não só o seu aspecto cartográfico, mas também o seu viés geográfico, ou seja, as escalas de análise e do fenômeno. Essa possibilidade de variação “dinâmica” de escala, ou seja, a transição entre esses níveis de representação, contribui para a busca da distância mais adequada para a análise de uma ocorrência, dos relacionamentos e interações entre os fenômenos estudados e, dessa maneira, caracteriza-se como valioso instrumento didático.

É possível visualizar, por exemplo, o local de formação de frentes frias – o Pólo Sul – e simular o deslocamento das massas de ar pelo continente sul-americano. Após observar a abrangência do fenômeno atmosférico, é possível enfatizar os seus reflexos nas regiões sul e sudeste brasileiras. Além disso, é plausível associar esse mecanismo às atividades agrícolas, os tipos de culturas e os respectivos padrões e formas representados pela imagem de satélite, assim como a relação com a rede viária.

Em contrapartida, essa facilidade de variação de escala pode tornar-se problemática aos estudantes. A dificuldade de obtenção de dados para preencher as diferentes escalas de representação pode tornar inútil sua maior vantagem. Também pode ocorrer uma eventual incongruência entre as unidades de agrupamento dos dados (municípios, estados e países). Se esses fatos se concretizarem, pode ser possível notar o descompasso entre as informações disponíveis e o mecanismo de voo, isto é, a possibilidade de manipulação de meios tecnológicos sofisticados, porém, com dados incipientes.

Também é importante considerar que os procedimentos que gerenciam a variação de escala são distintos. O mecanismo das imagens no formato *raster* parece estar mais bem desenvolvido do que o das representações vetoriais, pois a visualização é mais rápida e não há perda de definição. Como as imagens não possuem atributos e não estão conectadas a bancos de dados, seu manejo é muito mais simples.

Outro aspecto importante está relacionado à visualização conjunta desses formatos. É necessária a determinação de um limite para a ampliação de ambos. Como a imagem de satélite pode ser geo-referenciada a partir das cartas topográficas, a ampliação sucessiva tende a diminuir a correspondência das feições. Por exemplo: a linha que define o leito de um rio, da carta topográfica, pode estar perfeitamente ajustada, ou seja, sobreposta à forma do rio na imagem, na escala 1/50.000, mas pode parecer muito diferente se visualizada na escala 1/2.000.

Além da variação de escala, o segundo aspecto específico da discussão trata da necessidade de compreensão do significado dos símbolos e das características das imagens. A alternância dos níveis de abstração (*raster/vetorial*) pode, conjunta ou isoladamente, contribuir para a compreensão das informações representadas. Caso o estudante esteja em dúvida quanto ao significado de um conjunto de linhas, pode tornar visível a imagem de satélite e, ao sobrepor as linhas sobre a imagem, deduzir o seu significado.

No entanto, essa suposição pode não ser verdadeira. Mesmo que a imagem possua um nível de abstração menor, pois é mais semelhante à realidade, é possível que o usuário não seja capaz de identificar os símbolos ou estabelecer a correspondência entre as características das imagens – cores, formas, padrões e tamanhos – e a superfície terrestre.

Considerando a constante mudança de ponto de vista (oblíquo e ortogonal) e de velocidade de deslocamento, é fácil prever um quadro de sobrecarga cognitiva e desorientação do aluno. Após alguns minutos de vôo, a variação dos tipos de formas, cores e tonalidades da composição colorida pode confundir o usuário. Essa sensação é muito ampliada na ausência de variações significativas do relevo, de estradas, rios ou referências espaciais identificáveis. Como a versão do programa utilizada para gerar o vôo virtual não permite a inserção de toponímia (ou qualquer informação textual) sobre as representações, a sensação de desorientação é muito freqüente após um período de vôo. Dessa maneira, tais referências espaciais de orientação são imprescindíveis para minimizar a mencionada dificuldade de “navegação aérea”.

O aumento da velocidade de deslocamento é outro fator relevante a ser considerado. Quanto mais rápida a velocidade de deslocamento, menor a possibilidade de interpretação das entidades representadas. Em alguns casos, pode ser considerado como proporcional à perda de percepção dos detalhes e, nesse sentido, o desejo pela velocidade, tão comum em algumas faixas etárias, pode contribuir para o empobrecimento da percepção e da observação.

Outra restrição detectada na utilização do vôo foi de ordem técnica. Como o programa demanda uma alta capacidade de processamento e, por essa razão, ainda não está apto para ser utilizado pela Internet, é necessária a aquisição de uma licença de uso para cada equipamento. Como a interatividade é uma questão chave para a aprendizagem, ou seja, entende-se que cada aluno deve poder interagir com o vôo, este aspecto técnico pode tornar financeiramente inviável a sua implementação em um laboratório didático.



## 6 Considerações finais

Diante do exposto, considera-se que o potencial do voo virtual nas atividades didáticas de apoio à disciplina de Cartografia é elevado. Em síntese, as principais vantagens são:

- possui forte apelo visual, que conjuga as características lúdicas do voo com o poder de atração das imagens de satélite;
- permite a composição de distintos níveis de abstração, desde os mais elevados, como o das cartas topográficas, até os mais baixos, como o das imagens de satélite e dos modelos digitais de elevação e, dessa maneira, facilita a compreensão das representações cartográficas;
- faculta a variação das escalas de representação, unindo a visualização dos seus distintos significados: o cartográfico, o de análise e o do fenômeno.

Para aproveitar melhor suas potencialidades, no entanto, é necessária a utilização de estratégias adequadas ao público alvo e a criação de roteiros, isto é, listas com procedimentos e recomendações, que possam ser consultados de acordo com a conveniência do usuário.

Também é fundamental que o docente dimensione o uso do voo virtual à faixa etária e aos conhecimentos prévios de Cartografia e de Informática dos alunos. As mencionadas estratégias, os contextos e os roteiros de atividades devem ser claramente especificados e implementados paulatinamente, sob o risco do voo virtual ficar reduzido a um jogo ou a uma atividade que exige somente habilidade manual de manipulação do *mouse* do computador. As principais desvantagens observadas foram:

- a desorientação após alguns instantes de voo. As referências espaciais podem não ser suficientes para orientar o deslocamento do aluno, particularmente nas regiões onde o relevo for pouco ondulado e as classes de uso do solo forem mais homogêneas. Este fato é ainda mais agravado pois o programa utilizado ainda não permite a inserção de toponímia sobre as entidades representadas;
- a sobrecarga cognitiva. A quantidade de informações e a velocidade de transformação dos “cenários” podem ter o efeito contrário ao desejado, ou seja, que o aluno se concentre mais nos procedimentos técnicos de navegação do que na interpretação, na variação e na relação entre as entidades representadas.

## REFERÊNCIAS

BARTHES, R. **O óbvio e o obtuso: ensaios críticos**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 1990. 284p.

- CASTRO, I. E. O problema da escala. In: CASTRO, I.E.; GOMES, P.C.C.; CORRÊA, R.L. **Geografia: conceitos e temas**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2003. p.117-140.
- CLARK, R. Reconsidering research on learning from media. **Review of Educational Research**. v.53, p. 445-459, 1983.
- D'ALGE, J.C.L. & GOODCHILD, M.F. Generalização Cartográfica, Representação do Conhecimento e SIG. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Salvador, 1996. **Anais** v.1, p.147-151. 1 CD-ROM.
- DYKES, J.A.; MOORE, K.M. & FAIRBAIRN, D. From Chernoff to Imhof and beyond: VRML and Cartography. In: 4o ACM SIGGRAPH Symposium on virtual reality modeling language. **VRML'99**. Paderborn Alemanha. 1999. p.99-104.
- FABRIKANT, S.I. Evaluating the usability of the scale metaphor for querying semantic information spaces. In: Spatial Information Theory: foundations of Geographic Information Science. Conference on Spatial Information Theory (COSIT '01). Lecture Notes in Computer Science 2205. MONTELLO, D. R. (ed.). Berlin: Springer Verlag. 2001. p.156-171. Disponível em:  
<[http://www.geog.ucsb.edu/~sara/html/research/cosit01/fabrikant\\_cosit01.pdf](http://www.geog.ucsb.edu/~sara/html/research/cosit01/fabrikant_cosit01.pdf)> Acesso em 14 jul 2004.
- FAIRBAIRN, D.; ANDRIENKO, G.; ANDRIENKO, N.; BUZIEK, G.; DYKES, J. Representation and its relationship with Cartographic Visualization. **Cartography and Geographic Information Science**. v.28 (1), 13-28. 2001.
- GOMBRICH, E.H. **Arte e ilusão: um estudo da psicologia da representação pictórica**. Trad. Raul de Sá Barbosa. São Paulo: Martins Fontes. 1995. 473p.
- GOODCHILD, M.F. & QUATTROCHI, D.A. Scale, multiscaling, remote sensing and GIS. In: QUATTROCHI, D.A. & GOODCHILD, M.F. **Scale in remote sensing and GIS**. Boca Raton: Lewis Publishers. 1997. p.1-11.
- KOSMA, R.B. Learning with media. **Review of Educational Research**. v. 61, n. 2, p. 179-211. 1991.
- LACOSTE, I. Os objetos geográficos. **Seleção de Textos AGB: Cartografia temática**. v.18, p.1-16, 1988.
- LÉVY, P. **O que é virtual?** 6ª re-impressão. São Paulo: Editora 34, 2003. 157p.
- MONTELLO, D.R. Scale in geography. In: SMELSER, N.J. & BALTES, P.B. **International encyclopedia of the social and behavioral sciences**. Oxford: Pergamon Press. 2001. p.13501-13504.
- OLIVEIRA, L. **Estudo metodológico e cognitivo do mapa**. 1978. Tese (Livre Docência). Departamento de Geografia e Planejamento do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual de São Paulo. Rio Claro.
- PASSARELLI, B. **Hipermídia na aprendizagem. Construção de um protótipo interativo: a escravidão no Brasil**. 1993. 218p. Tese (Doutorado). Departamento de Cinema, Rádio e Televisão da Escola de Comunicação e Artes da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- PIAGET, J.; INHELDER, B. **A representação do espaço na criança**. Porto Alegre: Artes Médicas. 1993. 507p.
- RACINE, J.B.; RAFFESTIN, C.; RUFFY, V. Escala e ação, contribuições para uma interpretação do mecanismo de escala na prática da Geografia. **Revista Brasileira de Geografia**. v.45, (1), p.123-135. 1983.
- ROBINSON, A. H. & PETCHENIK, B.B. **The nature of maps: essay toward understanding maps and mapping**. Chicago: The University of Chicago Press. 1976. 138p.
- SACKS, O. **Um antropólogo em Marte: sete histórias paradoxais**. Trad. Bernardo Carvalho. São Paulo: Companhia das Letras. 1995. 331p.
- SHNEIDERMAN, B. **Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction**. 3rd ed. Massachusetts: Addison-Wesley. 1998. 639p.
- SIMIELLI, M.E. **O mapa como meio de comunicação: implantações no ensino da geografia do 1º grau**. 1986. 205p. Tese (doutorado). Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia. Letras e Ciências humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- SWANSON, J. The cartographic possibilities of VRML. In: CARTWRIGHT, W.; PETERSON. M.P. & GARTNER, G. **Multimedia cartography**. Germany: Springer. 1999. p.173-194.

TUAN, Y. **Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente**. Trad. Livia de Oliveira. São Paulo: Difel. 1999. 288p.

WOOD, M. Visualization in historical context. In: MACEACHREN, A. & TAYLOR, D.R.F. **Visualization in modern Cartography**. UK: Pergamon, 1994. p.13-26.