

ESTUDO DA SIMBOLOGIA COMO ELEMENTO DA LINGUAGEM CARTOGRÁFICA PARA A REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL

A study of symbology as an element of cartographic language for three-dimensional representation

JULIANA MOULIN FOSSE ^{1,2}
JORGE ANTONIO SILVA CENTENO ¹
CLAUDIA ROBBI SLUTER ¹

¹
Universidade Federal do Paraná
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
(jumoulin, centeno, robbi) @ufpr.br

²
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Instituto de Tecnologia/Departamento de Engenharia
jumoulin@ufrj.br

RESUMO

Neste trabalho é discutida a questão da simbologia cartográfica dentro do contexto da representação cartográfica tridimensional. Para tal, elaborou-se um teste de percepção cartográfica baseado na análise de modelos tridimensionais com diferentes simbologias. A região de estudo fica localizada no interior do estado do Rio de Janeiro, a qual foi cartograficamente representada por três modelos diferentes. A primeira representação cartográfica adota uma simbologia semelhante à carta topográfica, a segunda, uma simbologia semelhante aos mapas turísticos, e a terceira, uma simbologia mais complexa, que busca imitar o mundo em que vivemos, e para isso usa texturas extraídas de objetos reais e imagem de satélite. O teste de percepção foi baseado em questões cognitivas a fim de entender o processo de percepção da informação de um mapa num ambiente tridimensional e interativo. Os resultados obtidos mostram que algumas regras de projeto de mapa 2D devem ser mantidas, ao passo que outras devem ser substituídas, em função das diferenças do meio de apresentação do produto cartográfico e da forma que esse é apresentado. **Palavras-chave:** Representação Cartográfica Tridimensional; Simbolização Cartográfica; Teste de Percepção.

ABSTRACT

The study of symbology within the three-dimensional cartographic representation context is the topic of this paper. Aiming at the paper theme, a qualitative cartographic perception test was used which is based on the analysis of distinct three-dimensional models with different symbology. The study case is rural area that is located in the state of Rio de Janeiro, Brazil. The first model resembles a common topographic map, the second one a tourist maps, and the last one uses a more complex symbology that aims at imitating the real world by using satellite images and textures extracted from real objects. The test aimed at understanding the perception of the information process of a three-dimensional map within an interactive environment. The final result shows that some rules of 2D maps design should be kept whole producing a 3D map, and that other rules must be substituted, due to the differences of the presentation media.

Keywords: Three-dimensional Cartographic Representation; Cartographic Symbolization; Perception's Test.

1. INTRODUÇÃO

Nas duas últimas décadas a Cartografia experimentou o efeito do surgimento de tecnologias que possibilitam novas maneiras de representar as informações. A representação cartográfica tridimensional é uma tendência, visto que há tecnologia viável para realizar a coleta de dados, assim como há *hardware* e *software* para o armazenamento, geração e interação com os modelos tridimensionais. Tecnologias como o *laser scanner* e a fotogrametria digital proporcionam a obtenção rápida e fácil de dados tridimensionais, aumentando o volume de dados disponíveis em proporções que não eram possíveis anteriormente. O *software* desenvolvido para gerar modelos tridimensionais torna possível a representação detalhada do relevo e dos objetos e feições da superfície terrestre.

Entretanto, atualmente, as representações cartográficas 3D não seguem uma linguagem cartográfica própria, seguem apenas o conhecimento herdado do projeto de mapa 2D e o bom senso do cartógrafo. A maioria dos produtos cartográficos tridimensionais busca imitar o mundo, sem fazer um uso adequado da simbolização, e mesmo assim muitas vezes são chamados de mapas.

Este artigo aborda a importância da simbologia como elemento da linguagem cartográfica para as representações cartográficas 3D. Apresenta-se alguns trabalhos relevantes nesta linha de pesquisa, atual estado da arte, e um estudo sobre a simbologia adequada às representações cartográficas 3D por meio dos resultados de um teste de percepção. O teste de percepção foi aplicado em alguns entrevistados especialistas da área de Cartografia. E, desta forma, pretende-se propor diretrizes para novos estudos nesta linha de pesquisa, de modo que, num futuro próximo, sejam estabelecidos princípios de simbologia para geração de mapas tridimensionais no contexto a que se refere este artigo.

2. EXEMPLOS DE REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS 3D

O sistema de percepção humano faz com que as pessoas percebam e interpretem o mundo de forma natural. Entretanto, perceber um mapa pode ser mais difícil. Por isso, em Cartografia, é necessário realizar estudos que visem conhecer o processo que ocorre no sistema de percepção e, com base nisso, gerar produtos cartográficos mais eficientes.

Segundo TERRIBILINI (1999), uma maneira de melhorar a qualidade dos produtos cartográficos é saber como se processa a informação no sistema de percepção humano e produzir mapas que pareçam similares ao mundo, como é visto pelo ser humano. Isso não significa que os mapas devam representar a paisagem de forma completamente realística, mas preferivelmente que o mapa seja produzido como o mundo é percebido. Assim, tendo o mundo como tridimensional, é razoável que se imagine que um mapa também tridimensional seja entendido mais facilmente que um mapa plano.

Em vez de mapa é adotado neste trabalho o termo representação cartográfica, visto que ainda não existem discussões teóricas suficientes para se definir quando um modelo virtual pode ser considerado, ou não, um mapa. O termo 3D será adotado para expressar as três dimensões, embora os modelos aqui representados sejam vistos apenas como uma superfície em perspectiva definida como 2,5D. A terminologia 3D é comumente usada para definir os modelos volumétricos, mas o objetivo aqui é facilitar o entendimento do leitor.

Uma representação cartográfica 3D que se tem tornado conhecida pelos internautas nos últimos anos é o Google Earth. Este *software* usa dados de altitude do terreno derivado da missão espacial SRTM – *Shuttle Radar Topographic Mission* – e imagens de satélites e fotografias aéreas para representar a superfície física da Terra. O Google Earth também possui uma camada de informação das edificações das principais cidades dos Estados Unidos e Europa em 3D. Tais edificações são representadas em forma geométrica simplificada, como uma ou mais caixas de dimensões variadas, sem detalhamento e sem cor. Outra opção disponível, mas restrito a apenas às maiores metrópoles, é a representação das principais edificações com textura real. Na Figura 1 ilustra-se uma cena do Google Earth da cidade de Nova York, com algumas edificações representadas apenas em 3D e cobertas com textura real. O Gogle Earth também disponibiliza em 3D alguns dos principais monumentos e pontos turísticos visitados, do Brasil e do mundo, como a Torre Eiffel, em Paris, a Tower Bridge, em Londres, e o Teatro Municipal e a Catedral Metropolitana de São Paulo (Figura 2).

Figura 1 – Edificações representadas em 3D pelo Google Earth da cidade de Nova York.



Fonte: GOOGLE (2009)

Figura 2 – Teatro Municipal, Catedral Metropolitana e outras edificações importantes, localizadas no centro de São Paulo, representadas em 3D pelo Google Earth.



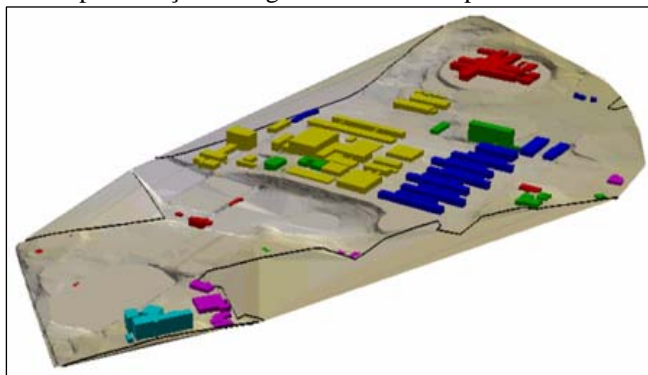
Fonte: GOOGLE (2009)

Outro exemplo de representação cartográfica 3D são os SIGs – Sistemas de Informação Geográfica. O sistema desenvolvido por SONG e SHAN (2004) se caracteriza pelo uso de texturas extraídas das edificações do campus da Universidade de Purdue, Estados Unidos, as quais são reaplicadas no modelo 3D gerado. Na Figura 3 ilustra-se o modelo gerado com texturas extraídas das fachadas e dos telhados dos edifícios do campus e reaplicadas sobre o modelo 3D, visto em perspectiva.

Figura 3 – Texturas reais usadas no SIG 3D.



Figura 4 – Representação cartográfica 3D do campus Centro Politécnico.



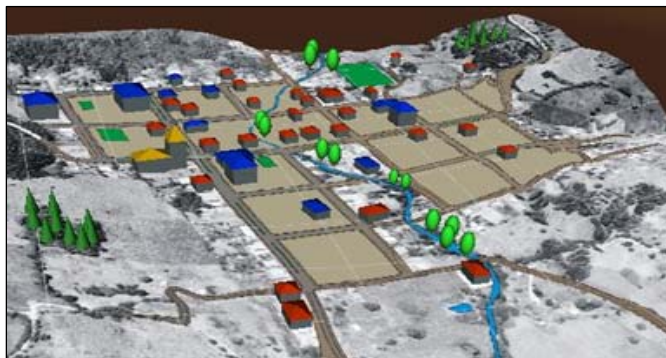
Em FOSSE (2004) foi gerada uma representação cartográfica 3D, temática, do campus Centro Politécnica da UFPR. Primeiro foi feito o MDT – Modelo Digital do Terreno – da área e depois, sobre esse, foram inseridas as principais edificações da região representada. A Figura 4 apresenta as edificações representadas de forma simplificada, como caixas de diferentes tamanhos, sem textura, semelhante a uma das representações do Google Earth. Entretanto, FOSSE (2004) faz uso da variável visual tom de cor para identificar e classificar as edificações do campus.

PETROVIC (2001) exemplifica uma representação cartográfica 3D de uma região localizada nos Alpes da Eslovênia. Para gerar o modelo, os dados planialtimétricos foram extraídos de uma carta topográfica na escala de 1:50.000 e os dados cadastrais de um mapa na escala 1:5.000. O MDT foi gerado a partir das curvas de nível da carta topográfica, e sobre esse foram inseridos todos os objetos e feições pertencentes à paisagem com uma simbologia proposta pelo autor, como ilustra a Figura 5.

Figura 5 – Simbolização de objetos usados em uma representação cartográfica 3D.



Figura 6 – Simbolização de textura e objetos usados em uma representação cartográfica 3D.



Fonte: Adaptado de FOSSE et al. (2006)

FOSSE et al. (2006) construíram uma representação cartográfica 3D a partir do MDT e sobre esse foi sobreposta uma textura representativa do terreno e inseridos os objetos e as feições da região (Figura 6). Dentre as recomendações feitas pelos autores, pode-se citar um estudo sobre a simbolização cartográfica e a geração de um mapa 3D que represente os objetos e feições topográficas da área de modo mais completo.

3. PROPOSTAS DE REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS 3D

Para a realização desta pesquisa, foram gerados modelos com diferentes simbologias. A partir das três diferentes propostas de simbolização foi feito um teste de percepção cartográfica com o objetivo de apontar a melhor opção de simbologia para as representações cartográficas 3D.

3.1 Definição da região de estudo e preparação da base cartográfica

Pouco se sabe sobre o processo de comunicação cartográfica num ambiente 3D interativo, por isso, teve-se o cuidado de se estabelecer uma região de estudo com características físicas simples, tal como ocorre numa área rural, se comparadas à complexidade de representação de uma área urbana. Além de a região de estudo estar localizada numa zona rural, definiu-se que a base cartográfica deveria constar apenas dos elementos básicos de representação de um mapa de uso geral, tais como hidrografia, sistema viário e vegetação, além de edificações e de informações do relevo. Este último, com a característica de ser montanhoso, para uma melhor apresentação visual da tridimensionalidade do terreno. Assim, foi escolhida a região do Sana, situada ao longo do rio que recebe o mesmo nome: Sana, pertencente ao município de Macaé, próximo à cidade de Nova Friburgo, no estado do Rio de Janeiro.

Por volta de 2004, foi realizado um estudo de proteção ambiental na região desse rio, e por este motivo foi feito um levantamento planialtimétrico da área próxima às suas margens (MACAÉ, 2004). Deste conjunto de dados, três áreas foram usadas como base cartográfica para gerar as representações cartográficas tridimensionais apresentadas neste trabalho.

A base cartográfica foi restituída em escala 1:2.000, a partir de fotografias aéreas na escala 1:8.000, composta por informações de relevo em pontos cotados e curvas de nível com intervalo de 5 em 5 metros, e informações de hidrografia, sistema viário e vegetação, além do cadastro das construções presentes na área. Entretanto, foram feitas algumas alterações na base cartográfica original em função das necessidades de apresentação de informações para a geração de uma representação cartográfica 3D mais completa. São elas: a inserção de novos objetos como igreja, escola, torre de telecomunicações e moinho de vento; alteração do tipo de classes de vegetação e de classes do sistema viário, em alguns casos, e eliminação de algumas edificações.

Após a adoção de uma região de estudo, foi necessário preparar a base cartográfica para gerar as representações cartográficas 3D. Nesta etapa foi usado o *software* AutoCAD para selecionar e organizar os dados, ou seja, uma reedição da base cartográfica. Foi necessário converter linhas em polilinhas e unificar elementos que estavam separados e que deveriam formar uma única entidade, como foi o caso de curvas de nível e de elementos de hidrografia. Esta etapa é trabalhosa, pela demanda de tempo, mas importante para se evitar problemas dessa natureza em etapas posteriores.

3.2 Geração das representações cartográficas 3D no *software* 3D Studio Max

A geração das representações cartográficas tridimensionais, com o 3D Studio Max, teve início após a reedição dos arquivos vetoriais. O *software* 3D Studio Max é usado na área de computação gráfica e animação 3D e foi desenvolvido para criar cenas complexas que buscam imitar a realidade. Este *software* possibilita exportar

os arquivos em diferentes formatos, dentre eles, o formato da linguagem VRML, que permite ver e interagir com a representação cartográfica 3D por meio de um *browser* de navegação da internet.

O 3D Studio Max mostrou-se adequado para gerar as representações cartográficas usadas nessa pesquisa, visto que abrange as necessidades de tridimensionalidade e permite que o produto final tenha formato compatível para uso no teste de percepção. A partir de dados de curva de nível, foi usado, dentro do 3D Studio Max, o método TIN – Rede Triangular Irregular – para gerar o MDT. Este método foi adotado em função dos resultados da aparência visual da superfície modelada e do tamanho do arquivo gerado. Na Figura 7 ilustra-se o MDT de uma das representações cartográficas 3D gerada, na qual podem ser percebidos os detalhes do terreno.

Entretanto, o modelo gerado ficou sem referência espacial, como se estivesse flutuando no espaço. Para eliminar este efeito, adotou-se uma superfície de referência horizontal para se ter a sensação de continuidade de superfície, tal como ocorre nos mapas em papel. Na Figura 8 ilustra-se o MDT com a superfície de referência horizontal de uma das representações cartográficas 3D gerada.

Após gerado o MDT e a superfície de referência horizontal, foram representados os objetos e feições de cada região. As três representações cartográficas geradas receberam o nome de modelo 1, modelo 2 e modelo 3, assim chamados para facilitar o entendimento do leitor.

Figura 7 – MDT de uma das representações cartográficas gerada.

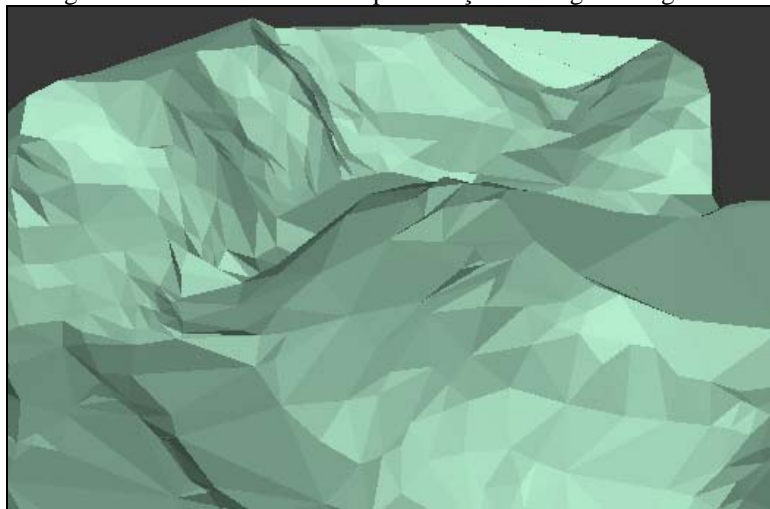
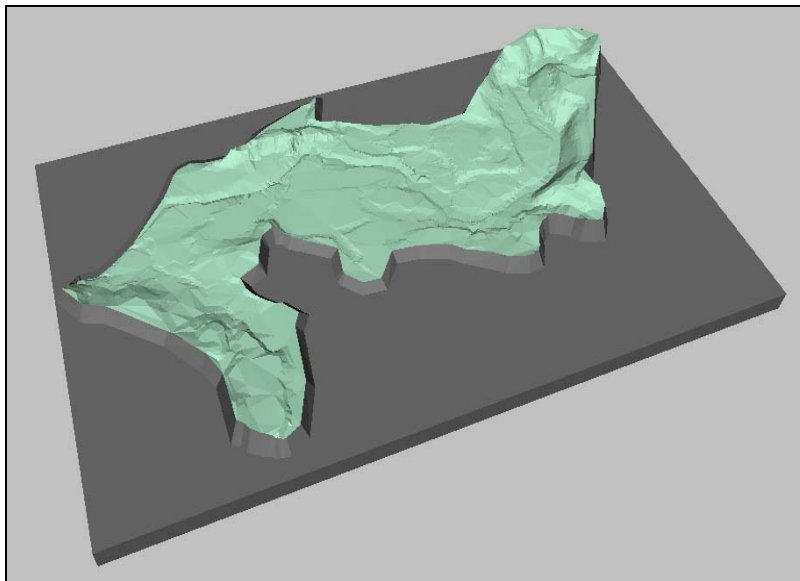


Figura 8 – MDT e superfície de referência horizontal.



Na representação cartográfica modelo 1 adotou-se uma simbologia análoga àquela adotada na carta topográfica, visto que tal simbologia é consolidada para as representações cartográficas planas para esta categoria de mapas. Na representação cartográfica modelo 2 adotou-se a simbologia dos mapas turísticos, que também é uma simbologia consolidada na representação de mapas planos. E no modelo 3, foi adotada uma simbologia realística, que tem sido amplamente usada para representar os modelos virtuais tridimensionais e que visa representar os objetos e feições semelhantes aos objetos e feições reais.

3.3 Simbolização

A simbolização dos objetos e feições das representações cartográficas foi feita com base na mesma divisão usada na carta topográfica e na presença de tais classes e subclasses na região de estudo, correspondente às áreas escolhidas para a representação. A simbolização foi dividida em quatro classes: sistema de transportes, elementos de hidrografia, elementos de vegetação e outros elementos. A classe sistema de transportes foi subdividida em: rodovia pavimentada, rodovia não pavimentada, caminho carroçável e estrada de ferro. Os elementos de hidrografia foram representados em curso d'água e lago ou lagoa. A classe elementos de vegetação foi representada pelas seguintes feições: cultura permanente, cultura temporária, reflorestamento e vegetação natural rasteira. E a classe outros elementos

representou os demais objetos: ponte, edificação, igreja ou templo, escola, torre de comunicações e moinho de vento.

Para representar a classe sistema de transportes foi usada a primitiva gráfica linha, em que foi adotada a mesma variável visual para as representações cartográficas referentes ao modelo 1 e ao modelo 2, semelhante à simbologia usada na carta topográfica e no mapa turístico, respectivamente. Entretanto, para a representação cartográfica correspondente ao modelo 3, realístico, foi adotada a variável visual textura, semelhante às feições reais, e diferente dos dois modelos anteriores que adotaram a variável visual tom de cor. A exceção foi a representação da feição estrada de ferro, em que foi usada a mesma simbologia para os três modelos.

Para representar a classe elementos de hidrografia foi usada a primitiva gráfica área, em que foi adotada a mesma variável visual tom de cor para as representações cartográficas correspondentes ao modelo 1, mesma simbologia usada na carta topográfica, e ao modelo 2, simbologia usada no mapa turístico. Na representação cartográfica correspondente ao modelo 3, foi adotada uma textura semelhante à feição real, ou seja, extraída da imagem de objetos reais.

Os elementos de vegetação foram representados por três simbologias diferentes. À primeira, foi aplicada uma textura correspondente ao padrão usado na carta topográfica para representar a vegetação sobre o MDT. A vegetação foi representada no modelo 1 pela variável visual textura e no mesmo nível da superfície do terreno. A segunda simbologia que representa a vegetação, modelo 2, consistiu no uso de símbolos tridimensionais pictóricos. Outra opção foi a criação de um “bloco” de altura fixa a partir da superfície do terreno que pudesse representar uma vegetação mais densa. Na representação da vegetação no modelo 3, foi usado o “bloco” de altura fixa, representado sobre a superfície do terreno, e sobre esse foi aplicada a correspondente textura da imagem de satélite.

A classe outros elementos também foi representada segundo a simbologia usada na carta topográfica no modelo 1, ou seja, símbolos abstratos pontuais planos sobre a superfície do terreno. No modelo 2 foram usados símbolos tridimensionais realísticos simplificados para representarem os objetos. E por último, no modelo 3, foram usados símbolos realísticos, com formas e texturas semelhantes aos objetos reais.

Com base na simbologia descrita, são apresentadas as três representações cartográficas geradas. Na Figura 9 ilustra-se uma cena do modelo 1, vista de um ângulo em perspectiva, e na Figura 10 ilustra-se a legenda com todos os objetos e feições representadas neste modelo.

Figura 9 – Vista parcial do modelo 1.

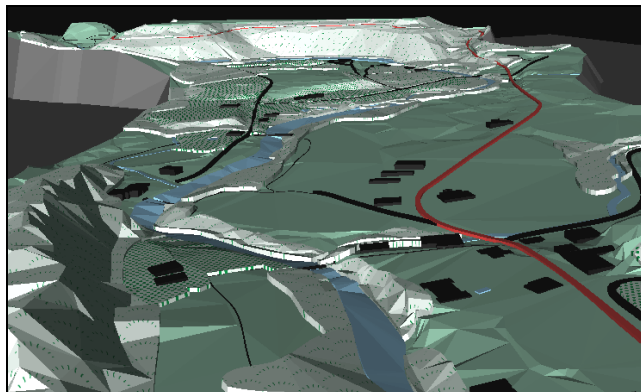


















Figura 10 – Legenda do modelo 1

SISTEMA DE TRANSPORTES	
Rodovia pavimentada	
Rodovia não pavimentada	
Caminho carroçável	
Estrada de ferro	
ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA	
Curso d'água	
Lago ou lagoa	
ELEMENTOS DE VEGETAÇÃO	
Cultura permanente	
Cultura temporária	
Reflorestamento	
Vegetação natural rasteira	
OUTROS ELEMENTOS	
Ponte	
Edificação	
Igreja ou templo	
Escola	
Torre de telecomunicações	
Moinho de vento	

Na Figura 11 ilustra-se uma cena do modelo 2, vista de um ângulo em perspectiva, e na Figura 12 ilustra-se a legenda com todos os objetos e feições representadas neste modelo.

Figura 11 – Vista parcial do modelo 2.

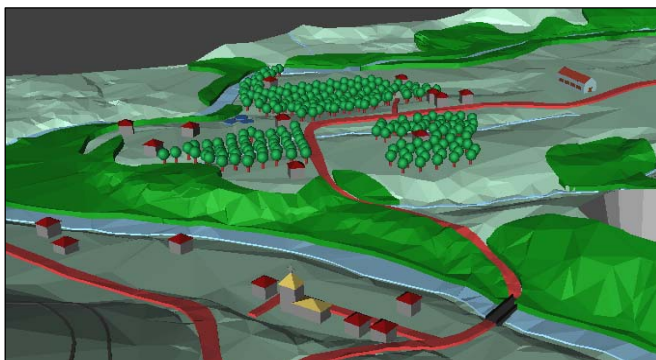


Figura 12 – Legenda do modelo 2.

SISTEMA DE TRANSPORTES	
Rodovia pavimentada	
Rodovia não pavimentada	
Caminho carroçável	
Estrada de ferro	
ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA	
Curso d'água	
Lago ou lagoa	
ELEMENTOS DE VEGETAÇÃO	
Cultura permanente	
Cultura temporária	
Reflorestamento	
Vegetação natural rasteira	
OUTROS ELEMENTOS	
Ponte	
Edificação	
Igreja ou templo	
Escola	
Torre de telecomunicações	
Moinho de vento	

Na Figura 13 ilustra-se uma cena do modelo 3, vista de um ângulo em perspectiva, e na Figura 14 ilustra-se a legenda com todos os objetos e feições representadas neste modelo.

Figura 13 – Vista parcial do modelo 3.



Figura 14 – Legenda do modelo 3.

SISTEMA DE TRANSPORTES	
Rodovia pavimentada	
Rodovia não pavimentada	
Caminho carroçável	
Estrada de ferro	
ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA	
Curso d'água	
Lago ou lagoa	
ELEMENTOS DE VEGETAÇÃO	
Cultura permanente	
Cultura temporária	
Reflorestamento	
Vegetação natural rasteira	
OUTROS ELEMENTOS	
Ponte	
Edificação	
Igreja ou templo	
Escola	
Torre de telecomunicações	
Moinho de vento	

4. AVALIAÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS 3D GERADAS

A avaliação da simbologia usada nas três representações cartográfica 3D geradas foi feita por um teste de percepção cartográfica. O teste foi realizado por 20 estudantes, de graduação e pós-graduação, da área de Cartografia. Neste contexto, após a familiarização dos entrevistados com os modelos, pediu-se que os mesmos escolhessem um dos três modelos – modelo 1, modelo 2 ou modelo 3 – como a simbologia mais adequada para uma representação cartográfica 3D. Além de fazerem críticas e sugestões a respeito da simbologia usada nas três representações cartográficas.

Para todos os entrevistados, a simbologia usada no modelo 2 é a mais adequada para uma representação cartográfica 3D para fins topográfico, pois a identificação é rápida e não necessita recorrer à legenda com frequência para identificar os símbolos. Entretanto, um dos entrevistados, mesmo tendo esta opinião, escolheu o modelo 3, por ser aquele que visualmente mais se aproxima da realidade. De acordo com este entrevistado, a atual dificuldade que há para identificar e separar as classes de vegetação é apenas uma questão de tempo, visto que as pessoas poderão se acostumar a fazer este tipo de leitura. Segundo a sua opinião, a simbologia adotada para representar a vegetação no modelo 3 é a tendência para as futuras representações cartográficas 3D.

Os entrevistados justificaram a escolha do modelo 2 com base nas variáveis visuais cor e forma, e na facilidade de interpretação dos símbolos usados. Segundo os entrevistados, as formas e cores usadas facilitam a associação dos símbolos com os objetos e feições reais, resultando numa identificação rápida. Dentre as justificativas dadas pelos entrevistados, pode-se citar:

- A forma tridimensional e as cores usadas na representação cartográfica do modelo 2 são as mais adequadas, se comparada aos outros dois modelos e, por isso, resulta numa identificação rápida e que requer poucas consultas à legenda, além de ser uma representação cartográfica agradável de ser usada;
- A forma tridimensional dos símbolos usados como elementos de vegetação no modelo 2 facilita a associação desta classe à feição real e a influência visual desta classe em toda a representação cartográfica faz com que esta seja a melhor opção de representação;
- A simbologia usada no modelo 2 facilita a identificação e discriminação dos diferentes objetos e feições representados numa mesma classe;
- Se comparadas e analisadas as representações cartográficas classe a classe, o modelo 2 é o mais adequado para a maioria das classes, por consequência, o mais adequado no contexto geral; e
- A simbologia usada no modelo 2 permite ver melhor as características do terreno, se comparado à simbologia dos outros dois modelos, o que pode ser relevante em alguns casos.

No modelo 1, as principais críticas foram quanto à forma e às cores usadas na representação da classe outros elementos: a forma achatada e o tom de cor preto usados para simbolizar os objetos (Figura 15). Nesta representação cartográfica, o sistema de transportes e os elementos de hidrografia foram representados satisfatoriamente. Os elementos de vegetação se mostraram confusos, quando observados de um ponto de vista distante da representação cartográfica, pois o padrão usado para representar as classes deste elemento pode se alterar visualmente, causando o “efeito de Moiré”, também conhecido como franjas de interferências. Na Figura 16 ilustra-se um exemplo do efeito causado nas texturas (padrões) em função do ângulo e da distância do ponto de vista do usuário no modelo 1.

Figura 15 – Modelo 1: Classe outros elementos representada em forma achatada e em tom de cor preto e a classe elementos de vegetação apresentada de forma confusa.

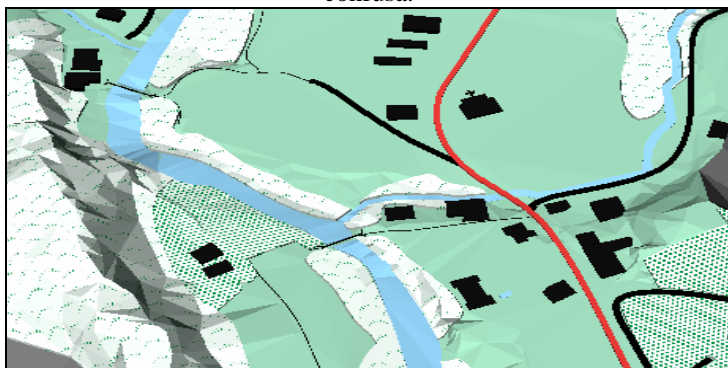
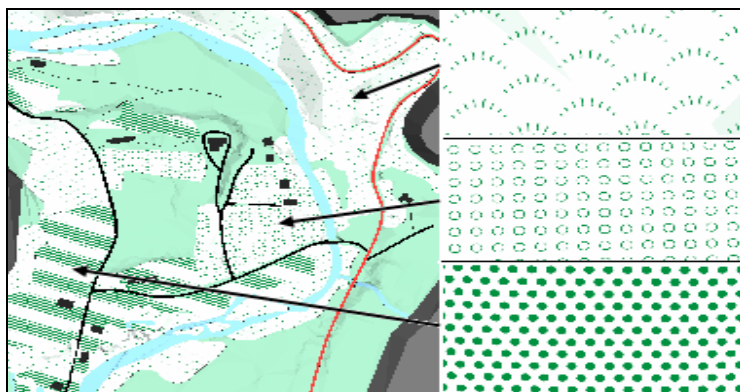
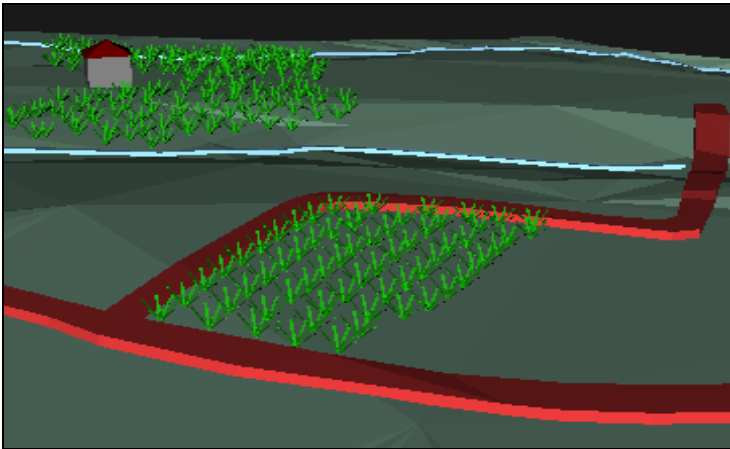


Figura 16 – Efeito de Moiré ocorrido no modelo 1: Indicado através das setas.



O modelo 2 foi aprovado, sem qualquer restrição, pela metade dos entrevistados. Os demais entrevistados deram algumas sugestões. São elas: adotar a simbologia usada no modelo 3 para representar a classe outros elementos; alterar os tons de cor usados para representar o curso d'água e o solo exposto, superfície do terreno sem o recobrimento da vegetação, pois, dependendo do ponto de vista, as cores usadas podem dificultar a identificação destas feições; representar a classe sistema de transportes rente ao solo, sem elevação, e alterar a sua largura; e materializar os limites das classes de vegetação. Como a classe elementos de vegetação é representada por objetos pontuais tridimensionais, em alguns casos, os seus limites tornam-se confusos ou subjetivos. Na Figura 17 ilustra-se a cor usada para representar o solo exposto, que em alguns casos pode ser confundida com a cor usada para representar o curso d'água, a largura e a altura acima do solo da estrada pavimentada, e a não materialização do limite de uma das classes de vegetação do modelo 2.

Figura 17 – Modelo 2: Sugestão de alteração da cor usada para representar o solo exposto, a largura e a altura do sistema de transportes e a necessidade de materialização do limite das classes elementos de vegetação.



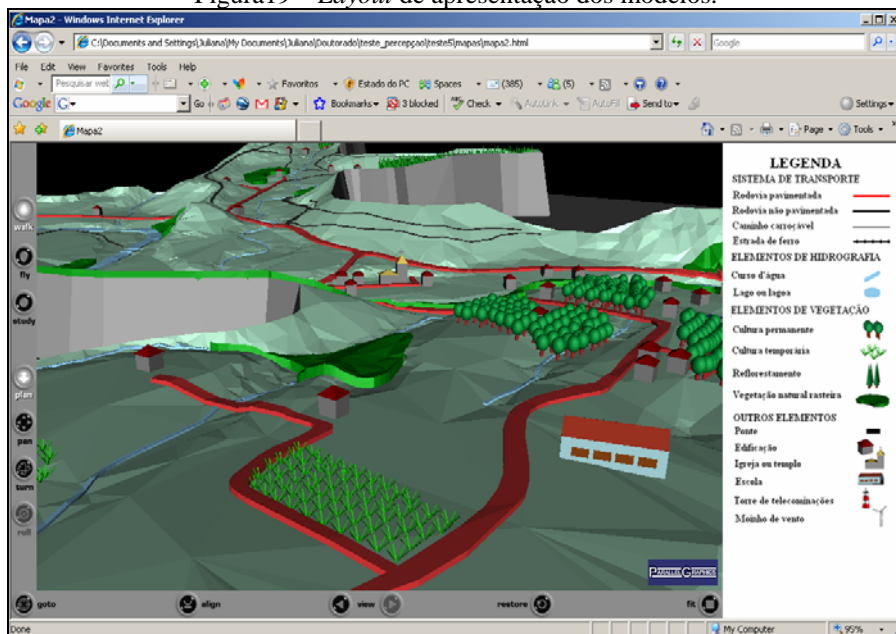
No modelo 3, todos os entrevistados citaram o sistema de transportes ou os elementos de vegetação, ou ambas, como as classes que devem ser modificadas. Segundo os entrevistados as duas classes apresentam uma simbologia confusa, que pode dificultar a identificação das feições representadas (Figura 18).

Figura 18 – Modelo 3: Simbologia considerada confusa para representar a classe sistema de transportes e elementos de vegetação.



Outra crítica feita pelos entrevistados foi a respeito da legenda que, às vezes, torna-se pouco perceptível. A área da tela do computador disponível para a representação cartográfica é dividida em duas partes, como mostra a Figura 19.

Figura19 – Layout de apresentação dos modelos.



Uma parte menor do lado direito com a legenda e, a outra, do lado esquerdo para o modelo virtual. Segundo os entrevistados, há uma grande diferença entre a legenda e o modelo virtual, visto que o modelo virtual é composto pela representação tridimensional do terreno e de símbolos, também tridimensionais, enquanto que a legenda é composta apenas por figuras planas dos símbolos usados e textos. Além de o modelo virtual ser interativo e a legenda ser estática.

Neste caso, um dos possíveis motivos que pode ter dificultado a percepção da legenda, pode ser atribuído a um dos principais elementos capaz de despertar da atenção humana: o movimento. O modelo virtual, além de ser tridimensional, que já é um atributo que atrai a atenção humana pela formas e cores, é interativo, ou seja, produz movimento a cada ação do usuário. Com isso, a legenda, que é estática e composta de texto e figuras, produz menos estímulo à percepção de quem está observando a tela.

Uma sugestão dada pelos próprios entrevistados é fazer uma legenda interativa, semelhante à representação cartográfica, de forma que o usuário também tenha a sua atenção chamada para a legenda, em vez de apenas para o modelo virtual. Para isso, uma possibilidade é a representação de objetos na legenda tão interativos quanto nos modelos virtuais. Outra opção é criar caixas de texto que possam ser acessadas por um comando do usuário por meio do mouse sobre o objeto desejado. Porém, este comando deve ter uma opção que permita habilitar e desabilitar esta caixa de texto, para que se evite que os objetos da representação cartográfica sejam ocultados pela sua sobreposição, e prejudique a leitura. Outro entrevistado sugeriu colocar a legenda do lado esquerdo da tela. Segundo este entrevistado, talvez a posição da legenda do lado esquerdo faça com que o usuário a perceba no primeiro momento de leitura da tela, já que o nosso sistema de leitura se dá da esquerda para a direita.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho teve início com a necessidade de estudar algumas diretrizes para a simbologia do projeto cartográfico das representações tridimensionais, visto que atualmente as representações cartográficas 3D geradas não seguem nenhuma regra de projeto e, além disso, há uma tendência de serem feitos com aparência realística. Uma representação cartográfica 3D realística reproduz uma cena com características semelhante à cena real e por isso tende a ser reconhecida mais facilmente pelo usuário. Porém, há necessidade de uma linguagem de comunicação para que as informações contidas em tais representações sejam interpretadas.

Como esse é um estudo inicial dentro desta linha de pesquisa, têm-se conclusões finais parciais, que fomentam a realização de novos trabalhos. Uma representação cartográfica 3D deve seguir princípios de simbolismo, tal como ocorre em uma representação cartográfica bidimensional. No caso em discussão, as

representações cartográficas 3D foram geradas com o propósito de um mapa de uso geral, em que a linguagem cartográfica do projeto foi definida por meio das primitivas gráficas e das variáveis visuais, para três diferentes simbologias. Com base nas análises das respostas do teste de percepção, sob as condições discutidas neste trabalho, algumas diretrizes podem ser extraídas e outras devem ser objetos para trabalhos futuros.

Como os estudos no âmbito da Cartografia 3D encontram-se numa fase incipiente, este trabalho restringiu-se a uma área de estudo com características físicas simples: uma área de zona rural, no interior do Estado do Rio de Janeiro. Entretanto, uma representação cartográfica 3D em uma região densamente urbanizada, por exemplo, pode apresentar variáveis mais complexas e diferentes daquelas apresentadas aqui. Portanto, sugere-se que trabalhos futuros também possam se aprofundar neste tema de pesquisa.

Com base nas sugestões dadas pelos entrevistados para uma simbologia mais apropriada para as representações cartográficas 3D, sugerem-se ainda novos testes a fim melhor estudar cada símbolo tridimensional individualmente. Assim, novas representações cartográficas devem ser geradas com base nos resultados dessa pesquisa e, na medida do possível, os símbolos devem ser unificados no uso das mesmas variáveis visuais, tais como textura, tamanho, forma e etc, e alterar apenas uma variável, como por exemplo, a variável visual tom de cor, e vice-versa.

Além da simbologia e da orientação geográfica, a projeção cartográfica, a rede de coordenadas quando cabível e a escala também são elementos importantes no âmbito das representações cartográficas 3D e devem ser estudados. Neste contexto, enfatiza-se que trabalhos continuem sendo desenvolvidos nesta linha de pesquisa, que é de suma importância para o desenvolvimento da Cartografia 3D.

AGRADECIMENTOS

Os autores desse trabalho agradecem ao CNPq e à CAPES pelo fomento em forma de bolsa de estudo da doutoranda. Agradecem a todos os alunos do curso de Engenharia de Agrimensura da UFRRJ e do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR que participaram do teste de percepção cartográfica. Agradecem também ao estudante Ezequiel Blum, do curso de Tecnologia em Artes Gráficas do CEFET-PR, pela ajuda na geração dos modelos no *software* 3D Studio Max.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FOSSE, J. M. *Representação cartográfica interativa tridimensional: Estudo da variável visual cor em ambiente VRML*. 134 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

- FOSSE, J. M.; CENTENO, J. A. S.; SLUTER, C. R. Avaliação de variáveis gráficas para a representação cartográfica tridimensional. *Revista Brasileira de Cartografia*, Rio de Janeiro, v.1, n. 58, p. 81-90, abr/2006.
- GOOGLE Earth. Disponível em: <<http://earth.google.com>>. Acesso em: 04/2009.
- MACAÉ. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. *Diagnóstico ambiental da faixa ambiental de proteção do Rio Sana*. Macaé, 2004. Relatório, versão preliminar.
- PETROVIC, D. *Nacela oblikovanja izraznih sredstev v tridimenzionalnih kartografskih prikazih*. 164 p. Doktorska – Gradbenistvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, 2001.
- SONG, Y.; SHAN, J. Photorealistic building modeling and visualization in 3-D Geospatial Information System. In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, 20., 2004, Istanbul. *Proceedings...* Istanbul: ISPRS, 2004.
- TERRIBILINI, A. Maps In Transition: Development Of Interactive Vector-Based Topographic 3D-Maps. In: INTERNATIONAL CONFERENCE CARTOGRAPHY, 19.,1999, Ottawa. *Proceedings...* Ottawa: ICC-ICA, 1999.

(Recebido em dezembro / 2008. Aceito em maio / 2009).