

AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS GRÁFICAS PARA A REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA TRIDIMENSIONAL

Evaluation of Graphical Variables applied to 3D Cartographic Representation

Juliana Moulin Fosse^{1,2}
Jorge Antonio Silva Centeno¹
Claudia Robbi Sluter¹

¹**Universidade Federal do Paraná**
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
Caixa Postal 19001, CEP 81.531-990 – Curitiba – PR.
jumoulin@ufpr.br
centeno@ufpr.br
robby@ufpr.br

²**Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**
Instituto de Tecnologia/Departamento de Engenharia
BR 465 km 7, CEP 23.890-000 – Seropédica - RJ
jumoulin@ufrj.br

RESUMO

O desenvolvimento tecnológico ocorrido nas últimas décadas tem possibilitado a extração de dados geográficos dos elementos da superfície terrestre em suas três dimensões. Além da viabilidade na aquisição desses dados, as técnicas de computação gráfica também têm possibilitado a representação desses dados, transformando-os em informações visuais. Técnicas de visualização e a possibilidade de comunicação entre usuário e computador oferecem novas maneiras de representar a paisagem. Entretanto, do ponto de vista da cartografia, a representação de informações temáticas através de um modelo tridimensional ainda se encontra numa fase inicial. Como na cartografia bidimensional, alguns princípios cartográficos devem estar presentes no modelo 3D de forma que o usuário reconheça as informações representadas no mapa e seja capaz de aumentar o seu conhecimento através da visualização. Dentro do escopo deste problema, este trabalho aborda algumas questões pertinentes a percepção do usuário para futuramente propor a construção de representações cartográficas 3D. Para tal, modelos tridimensionais são construídos, usando variáveis de representação como a textura, o grau de generalização dos elementos do mapa, ângulo e distância de observação, iluminação, cor do fundo e uso de canevá. Esses mapas gerados foram utilizados para um primeiro teste nesta área. A partir dos resultados obtidos, conclusões a respeito do uso das variáveis e a preferência dos usuários foram deduzidas. Este teste é de caráter preliminar e novos esforços devem ser dedicados a este tema, com o objetivo de propor recomendações para a construção de representações cartográficas tridimensionais.

Palavras chaves: Representação cartográfica tridimensional, Variáveis gráficas, Visualização cartográfica.

ABSTRACT

The technological development of the last decades has enabled to extract geographical data in order to model three-dimensional elements of the earth surface. Besides the feasibility of obtaining these data, graphics computer techniques also enable to represent them. Visual techniques and the interaction between user and computer enable new alternatives to represent the environment. However, the 3D thematic cartography and methods to depict spatial data in a 3D representation is still in the initial efforts. Cartographic principles, such as those used in bidimensional cartography, must also be proposed and followed in 3D modeling, so that the user is able to recognize the information displayed on the map and the knowledge of the user can be enriched by the visualization. Within the scope of this problem, this work discusses some relevant issues related to user's visual perception, in order to propose in the future guidelines for generating a 3D map. For this purpose, three-dimensional models were built and they were used in a test. In the test,

graphical variables, such as texture, view angle and distance, lightness, color and the use of a coordinate grid were systematically changed. The results of the test were used to draw conclusions about the effect of the graphical variables and about the preference of the users. This is a preliminary test and more effort must be dedicated to the problem in future studies, in order to propose guidelines for the construction of 3D cartographic representations.

Keywords: Three-dimensional map, Graphical variables, Cartographic visualization.

1. INTRODUÇÃO

Em toda a história da Cartografia, um grande problema foi representar o mundo real, tridimensional, em um plano. Porém, com o desenvolvimento tecnológico ocorrido nas últimas décadas, surge um novo desafio, que é representar este mesmo mundo em um ambiente computacional em sua forma original, tridimensional. Além de tridimensional, esta representação também pode ser dinâmica, com a possibilidade da interferência e interação do usuário.

O processo de coleta de dados espaciais referentes à superfície terrestre e objetos nela localizados, como aqueles caracterizados pela sua acomodação nivelada à superfície da Terra, como por exemplo: estradas, quadras de esportes e poços de inspeção, ou aqueles que se sobressaltam à superfície, como edifícios, muros, árvores ou linhas de transmissão, têm se tornado viável e aperfeiçoado nos últimos anos. Além da facilidade da aquisição desses dados, as técnicas de computação gráfica também têm possibilitado a sua representação, transformando-os em informações visuais.

Entretanto, do ponto de vista da Cartografia, a representação de informações temáticas através de um modelo tridimensional encontra-se na etapa inicial. Como na Cartografia bidimensional, alguns princípios cartográficos também devem se fazer presentes na representação cartográfica 3D, para que o usuário interprete corretamente as informações representadas. Segundo PETROVICK (2003), os princípios de projeto da Cartografia plana têm sido desenvolvidos por décadas e formado a base fundamental dos mapas até então produzidos, porém princípios cartográficos para a geração de mapas tridimensionais ainda não existem.

Portanto, eis a questão norteadora desse trabalho: Como usar de alguns princípios que levam em consideração a percepção visual do usuário para gerar uma representação cartográfica tridimensional inteligível? Parte-se da pressuposição de que se forem realizados testes que levem em consideração a percepção do usuário numa representação cartográfica 3D, então poderão ser obtidas algumas respostas que, num segundo momento, possibilitarão a elaboração de novas hipóteses para a construção de um modelo genérico, que poderá ser testado empiricamente.

A percepção espacial e a aquisição de conhecimento são dois importantes aspectos na transmissão da informação espacial que podem ser combinados com o conceito de comunicação. Porém, o sucesso da comunicação também depende das experiências do usuário, situação que pode ser favorecida pela

representação tridimensional [JOBST, 2004], já que este tipo de representação é percebido de modo natural.

Hoje, muitos modelos urbanos tridimensionais têm sido usados para o treinamento tático militar e policial, no entretenimento e turismo virtual, e principalmente pelo setor das telecomunicações. Entretanto, como deverá ser um modelo tridimensional quando este tem as mesmas finalidades de um mapa?

Este trabalho tem por objetivo levantar alguns indícios no que diz respeito à percepção do usuário para propor, num segundo momento, a construção de uma representação cartográfica tridimensional, com o propósito de navegação e visualização.

Pretende-se, com isto, conhecer melhor a percepção dos usuários de representações cartográficas tridimensionais, de maneira a inferir futuras proposições para o projeto e construção de tais representações. É esperado que, por consequência, a representação dada num ambiente mais natural deverá levar o usuário a uma aquisição de conhecimento mais rápida, visto que, no processo de reconhecimento das informações cartográficas, o usuário não precisará realizar em sua mente o processo de extração de informações contidas num mapa plano, transformado-as em representações de um mundo tridimensional. Assim, sua mente será liberada para gerar novos *insights*, aumentando o conhecimento adquirido sobre os fenômenos representados.

2. TENDÊNCIAS CARTOGRÁFICAS

A tecnologia atualmente disponível abre a possibilidade de preparar e produzir mapas que possam ser visualizados de diferentes ângulos em relação ao plano horizontal, abandonando a restrição de apenas um ponto de vista na vertical, no qual se baseiam os princípios cartográficos vigentes. Isto tem se tornado um dos maiores benefícios da nova Cartografia. Com isto, pontos de vista que antes eram conhecidos apenas em mapas em perspectiva e mapas panorâmicos são hoje inerentes aos modelos tridimensionais.

Porém, os modelos tridimensionais geralmente são vistos em tela de computador, que é uma mídia bidimensional, e dessa forma torna-se

necessário algum efeito especial para que a terceira dimensão seja entendida, como a imitação visual de elementos naturais e alguns materiais, além de brilho, iluminação e sombras, entre outros.

Como um dos propósitos das representações cartográficas tridimensionais é fazer uso do processo cognitivo do usuário, no que diz respeito às vantagens da visualização tridimensional, e ao mesmo tempo usar os princípios de comunicação, já estudados e que devem estar presentes num mapa, PETROVIC (2003, p.1923) sugere que uma possível solução seja a representação tridimensional do relevo e, sobre este, os objetos e fenômenos representados por símbolos cartográficos apropriados. Cada objeto é na verdade um objeto tridimensional, com uma ou duas dimensões predominantes, que influenciam a sua representação. No mapa bidimensional, esses objetos são representados por símbolos de ponto, linha e área, enquanto na representação tridimensional as primitivas gráficas são acrescidas do volume. Assim, o cartógrafo tem a sua disposição uma maior gama de possibilidades para determinar as informações contidas no mapa, pois além da forma geométrica desses objetos tridimensionais, outras variáveis, até então desconhecidas na cartografia plana, podem ser usadas.

Neste trabalho, toda a modelagem tridimensional foi desenvolvida em ambiente VRML, porém, como o foco deste trabalho não é a modelagem em si e sim a visualização, esta linguagem será pouco explorada em termos de referências. A VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) é uma linguagem de modelagem de ambientes tridimensionais que tem sido vastamente usada como ferramentas para a criação de representações tridimensionais, entretanto, existem também outras linguagens e *softwares* adequados a esta finalidade. Maiores detalhes sobre o uso desta linguagem na Cartografia podem ser vistos em: CAPRA e SAMPAIO (1999), FOSSE e VEIGA (2001), CANDEIAS e TAVARES JR. (2003), e TAVARES JR et al (2003).

3. MODELAGEM DA REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA O TESTE

Esta pesquisa foi desenvolvida a partir da construção de uma representação cartográfica tridimensional, onde algumas questões foram levantadas, no que diz respeito à existência de algumas variáveis comumente presentes nestas representações, com respostas obtidas por meio de um teste de percepção dos usuários. Portanto, como primeira fase da pesquisa, foi construído uma representação cartográfica tridimensional de uma cidade do interior de Santa Catarina, Jardinópolis. O mapa foi gerado a partir dos dados digitais disponíveis (arquivo *.dxf*), referentes ao relevo e a algumas feições topográficas existentes na área.

A área selecionada é de 1 km², correspondente à parte central da cidade, com o relevo representado com curvas de nível de 5 em 5 metros. Esta área foi selecionada por ser uma área representativa da cidade, tanto a respeito das características das feições existentes, quanto no que se

refere ao relevo. Além disso, também foram usados os dados planimétricos referente ao sistema viário, às quadras, às áreas de esportes, ao rio (e lago) que cruza a cidade e às edificações. No caso das edificações, somente aquelas consideradas mais relevantes, em virtude de seu tamanho, foram usadas. Como estas edificações foram representadas por uma simbologia, sua posição e altura seguem valores aproximados. Quanto à vegetação, esta classe também é representada apenas por algumas árvores, cujo tamanho e posição do símbolo não corresponde aos seus valores reais, sendo apenas um valor aproximado o suficiente para informar ao usuário o tipo da feição representada.

O primeiro passo para a construção da representação cartográfica tridimensional, foi gerar o Modelo Digital do Terreno (MDT). Para tal, foi usado o programa *ArcView*, onde foi possível gerar o MDT, a partir das curvas de nível, e exportar para VRML 2.0. Em seguida, usando a VRML, foi inserida a textura sobre o modelo gerado e as demais feições foram representadas.

3.1 Textura da Superfície do Terreno

Para a representação da superfície do terreno foram utilizadas 3 texturas, com diferentes graus de realismo. A primeira é uma imagem extraída de uma fotografia aérea. A imagem disponível da área é uma ortofoto preto e branco, como mostra a Figura 1. Esta imagem foi usada também para delimitar a área de estudo.

A partir da imagem fotográfica (Fig. 1) e usando a base cartográfica correspondente aos dados planimétricos a serem representados (sistema viário, quadras, áreas de esportes e o rio), foi criada uma nova textura para ser usada sobre o MDT. Para isso, com o programa *CorelDraw*, esses novos dados foram editados sobre a imagem original, como pode ser visto na Figura 2.



Fig. 1 – Textura original, selecionada da ortofoto



Fig. 2 – Textura mista, editada a partir da ortofoto

Ainda usando o programa CorelDraw e os mesmos dados planimétricos representados na Figura 2, uma terceira textura foi criada. Esta última textura não usa a ortofoto como base e por isso é denominada neste trabalho de uma textura artificial (Figura 3).



Fig. 3 – Textura artificial.

3.2 Representação de Objetos

Depois de gerado o MDT e suas respectivas texturas, os objetos presentes na região (edificações e vegetação) foram modelados em três níveis de generalização. A primeira representação é a mais simples, somente as edificações são representadas e de forma semelhante àquela que ocorre nos mapas planos. A Figura 4 ilustra esta representação tendo como base a textura da ortofoto.

Para o segundo grau de abstração, os objetos (edificações e vegetação) foram simbolizados por geometrias tridimensionais, tais como cubos e pirâmides. Embora esta simbologia gere objetos tridimensionais, suas representações são genéricas e simplificadas. A Figura 5 mostra os símbolos que representam uma igreja, uma casa e dois tipos diferentes de árvores.



Fig. 4 – Nível de generalização dos objetos no plano

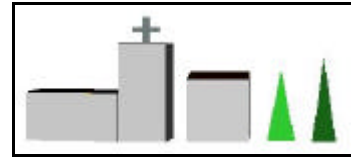


Fig. 5 – Nível de generalização simplificado dos objetos tridimensionais

Os mesmos objetos representados na Figura 5 são representados na Figura 6, num terceiro nível de generalização, onde a representação tridimensional dos objetos torna-se mais detalhada, o que pode ser observado nos telhados das edificações e na forma das árvores, estimulando uma lembrança mais significativa dos objetos reais.



Fig. 6 – Nível de generalização mais elaborada dos objetos tridimensionais

Todos os objetos tridimensionais (representados na Figura 5 e Figura 6) foram modelados em VRML e inseridos sobre os modelos do terreno, já com texturas.

Combinando as três texturas diferentes com as três formas de representação dos objetos, deu-se origem a nove representações cartográficas. Para cada conjunto dessas nove representações, cinco variáveis foram identificadas e selecionadas para serem avaliadas em cada uma delas.

Pelo fato de se tratar de uma representação em VRML, o produto é dinâmico e interativo, fato que pode interferir na avaliação de seu uso, visto que cada pessoa tem habilidades de coordenação diferentes neste ambiente. Para restringir o efeito da experiência do uso de ambientes virtuais nos resultados, a solução foi extrair imagens da representação 3D de pontos de vista pré-selecionados e apresentá-las aos usuários. Assim, para cada situação a ser analisada, foi criada uma matriz (3x3), com três texturas da superfície diferentes (colunas) e três níveis de generalização dos objetos (linhas), como exemplificado na Figura 7.

Um teste semelhante foi feito por Christian Haberling, em sua teste de doutorado, defendida pelo Instituto de Cartografia da ETH Zurich (*Swiss Federal Institute of Technology Zurich*) em 2003, onde usou imagens impressas para avaliar representações cartográficas tridimensionais. Entretanto, o experimento descrito no presente artigo usa imagens disponibilizadas em meio digital. Além disso, o teste aqui elaborado e aplicado foi baseado na metodologia proposta em HAEBERLING (2003), adaptada aos objetivos desta pesquisa e ao grupo de usuários em questão.

4. TESTE

4.1. Elaboração do Teste

A segunda fase da pesquisa é caracterizada por um teste de percepção usuária. O teste abordou cinco variáveis que sempre estão presentes nas representações cartográficas tridimensionais. Estas variáveis foram escolhidas pela sua relevância, a fim de se saber como os usuários as percebem e a sua influência na visualização final do produto cartográfico. As cinco variáveis escolhidas foram: a inclinação (ângulo de inclinação da câmera para visualização da representação cartográfica), a aproximação (distância entre a representação cartográfica e o ponto de vista do usuário), a iluminação (posição da fonte de luz incidente na representação cartográfica), o fundo (cores do fundo da tela onde a representação cartográfica é vista) e o caneová.

Cada uma das cinco variáveis foi apresentada em três opções (A, B e C) para análise por parte dos usuários, na tentativa de abordagem dos casos mais comuns e de extremos, como mostra a Tabela 1. O uso de cinco variáveis representadas de três maneiras cada, aplicadas em nove modelos, resultou em 135 diferentes representações, ou melhor, 135 imagens extraídas das representações cartográficas. As imagens de cada uma das cinco variáveis foram organizadas em três séries (A, B e C), de acordo com a variação da variável em questão. A Figura 7 ilustra a “Série 1A”, que representa a variável “Inclinação” em sua variação de “30°”. De esquerda para

direita é variada a representação da textura da superfície do terreno (de real a artificial) e de cima para baixo é variada a generalização dos objetos tridimensionais.

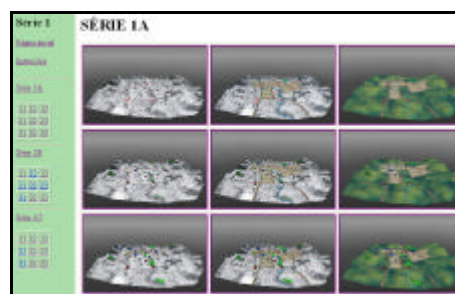


Fig. 7 – Série 1A

As imagens das representações cartográficas, junto com algumas informações e instruções do teste, foram disponibilizadas em HTML. Além desse material digital, um material impresso complementar foi entregue aos usuários. No material impresso são descritas detalhadamente as instruções do teste e é disponibilizado o espaço para as respostas, tanto no que diz respeito às questões subjuntivas quanto às imagens que devem ser escolhidas e marcadas num gabarito. A Figura 8 ilustra uma tela do arquivo digital e a Figura 9 ilustra uma das páginas impressas do teste com gabarito das imagens.

TABELA 1 – VARIÁVEIS APLICADAS NOS MAPAS.

TIPOS DE VARIÁVEIS:	VARIACIONES:		
Inclinação (da câmera)	30°	45°	60°
Aproximação (do modelo)	perto	médio	longe
Iluminação	a leste	a cima	a oeste
(Cor de) fundo	neutro	exagerado	natural
Caneová	sem	pouco visível	muito visível

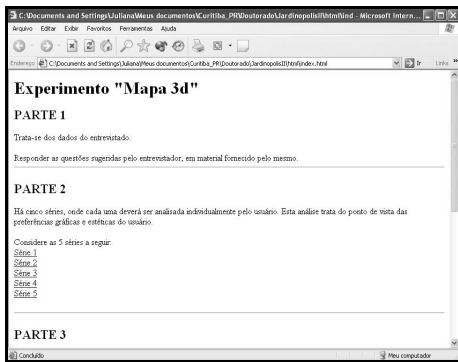


Fig. 8 – Material digital

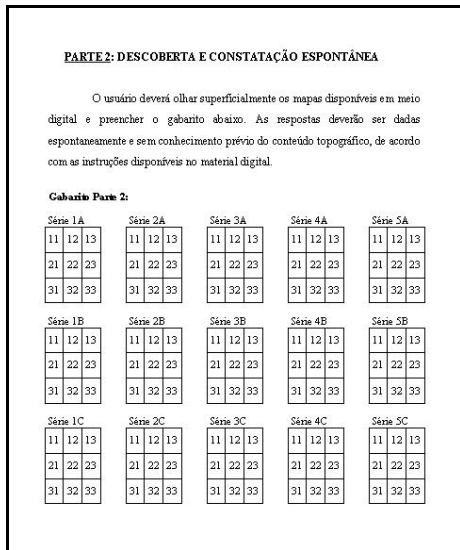


Fig. 9 – Material impresso

4.2. Aplicação do Teste

O teste foi organizado em cinco partes. A primeira parte referiu-se apenas ao perfil do usuário, caracterizando-se por uma coleta de informações, tais como sua formação acadêmica, sua experiência com visualização 3D e se conhece a área do experimento.

Na “Parte 2”, são usadas todas as cinco variáveis discutidas neste trabalho, e solicita-se ao usuário que escolha as três imagens que lhe parecessem mais agradáveis e as outras três que lhe parecessem menos agradáveis, em cada uma das vinte e sete representadas (as três variações de cada série). Entretanto, o usuário não leva em consideração qualquer análise do ponto de vista cartográfico, apenas seu gosto pessoal.

Na etapa seguinte, “Parte 3”, são feitas algumas perguntas sobre a representação do relevo e dos objetos cartográficos, que levam o usuário a realizar uma análise mais criteriosa, levando em consideração alguns critérios cartográficos na seleção das imagens. Com essas perguntas intencionou-se provocar o usuário a pensar em conceitos cartográficos antes da escolha das representações. Tais perguntas eram do tipo: Em qual(is) representação(ões) os objetos cartográficos são mais evidentes? Em qual(is) representação(ões) pode-se diferenciar melhor um objeto cartográfico do outro? Em qual(is) representação(ões) tem-se uma melhor visão geral do relevo? e etc. Novamente, o

usuário deve escolher as três imagens que lhe parecem melhores e as três piores imagens, referentes apenas às duas primeiras variáveis (inclinação e aproximação). Ou seja, é avaliada a facilidade de ver, de reconhecer, de interpretar e de distinguir as informações cartográficas representadas na representação cartográfica 3D.

Na “Parte 4”, é avaliada a praticidade da representação cartográfica 3D usando novamente as duas primeiras variáveis (inclinação e aproximação). Para tal, o usuário responde questões sobre o propósito de navegação e a estimativa de distâncias dentro do modelo, escolhendo as imagens e respondendo o porquê de suas escolhas. São feitas as seguintes perguntas: “*Em qual representação você consegue acompanhar melhor o caminho (malha viária) que vai da casa perto do lago, ao sul, até a quadra de esportes (a maior), ao norte, passando pela igreja? E qual delas você não consegue? Em qual das representações você consegue estimar com mais facilidade a distância entre a casa, citada na tarefa anterior, e a igreja? Em qual delas você não consegue reconhecer a distância?*”

E na última etapa, “Parte 5”, o usuário registra sua opinião sobre os aspectos gerais de uma representação cartográfica tridimensional, no que tange a situação atual e desenvolvimentos futuros.

Os usuários escolhidos para a realização dos testes são estudantes do curso de Engenharia Cartográfica, que possuem conhecimento em cartografia plana, porém, ainda tem pouco conhecimento em cartografia tridimensional, visto que ainda se trata de uma área nova dentro da Cartografia. Essa pressuposição é dada apenas em função das disciplinas cursadas pelos mesmos, embora nenhum outro teste tenha sido aplicado, anteriormente, para avaliar o nível de conhecimento de cada aluno. Isso ocorreu por se tratar de um primeiro estudo, mas que deverá ser sanado nos próximo experimento, avaliando previamente cada usuário entrevistado.

O teste realizado neste trabalho, foi aplicado a 12 alunos (do 4º e 5º ano) do curso de Engenharia Cartográfica da UFPR, no dia 31 de maio de 2005, com duração média de uma hora.

4.3. Resultados

Numa análise global, levando-se em consideração as cinco variáveis discutidas no teste e sem coisderar as questões das bases cartográficas, a representação cartográfica preferida pelos entrevistados é o que usa a textura “artificial” e representa num nível de generalização “mais elaborado” os objetos tridimensionalmente (representado pelo nº33 no gráfico da Figura 10). Para este mesmo caso, a representação cartográfica que menos agradou aos usuários é o que usa a textura da ortofoto sobre o terreno e os objetos representados

apenas no “plano” (representado pelo nº11 no gráfico da Figura 10).

Observando a Figura 10, o número abaixo das barras do gráfico corresponde à posição da imagem na grade (3x3) criada para o teste, ou seja, linha-coluna, onde linha descreve a representação do objeto e coluna a textura da superfície. O número sobre a barra significa o total de votos de cada imagem no total de todos os entrevistados.

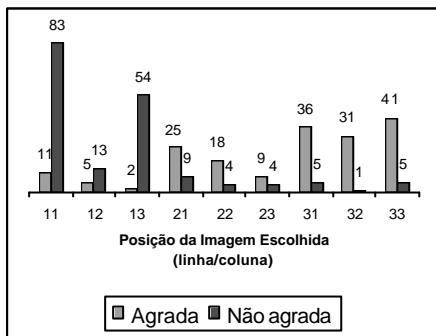


Fig. 10 – Parte 2: análise global

Além dessa análise global, ainda na “Parte 2”, uma análise individual, com cada variável, pode ser feita. Associando a representação cartográfica à inclinação da câmera (ilustrada pela Figura 11), a maioria dos usuários escolheu as imagens com 60° de inclinação como as mais agradáveis e as de menor inclinação como as menos apropriadas.

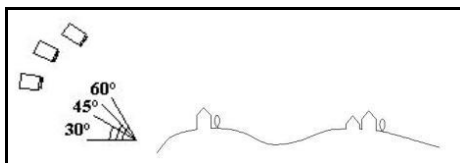


Fig. 11 – Inclinação

Analisando a variável aproximação, as escolhidas como mais e menos agradáveis foram a correspondentes às de distância média e longa, respectivamente. A Figura 12 ilustra as variações da variável “aproximação”.

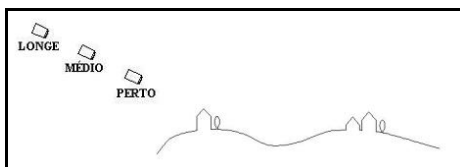


Fig. 12 – Aproximação

Quanto a terceira variável (iluminação), os modelos com fontes de luz posicionadas a leste e a cima deles foram tidos como os preferidos. Abordando esta mesma variável, as representações com iluminação a leste e a oeste também foram os escolhidos como os de menos preferência, o que pode ser entendido como contraditório. Isso se deve ao fato de que esta variável não foi adequadamente aplicada junto às características do relevo e dos objetos presentes na área. Entretanto esta variável pode desempenhar papel importante para a orientação do usuário para entender as representações 3D e deverá ser estudada criteriosamente em experimentos futuros. A

Figura 13 ilustra o comportamento desta variável neste experimento.

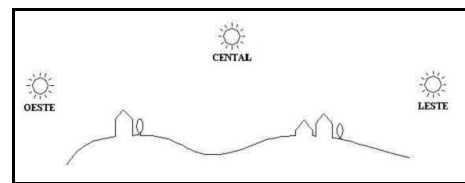


Fig. 13 – Iluminação

Quanto à quarta variável, cor do fundo, também chamada de “céu” e sempre presente nos modelos tridimensionais, foi escolhida como preferida a de cor cinza, denominada de neutra, enquanto aqueles modelos que possuem cores “exageradas” foram escolhidos como menos agradáveis. A Figura 14 ilustra as cores usadas nesta variável, que no sistema RGB usado na VRML são representadas por: neutro: (0.5, 0.5, 0.5) (0.75, 0.75, 0.75) (1.0, 1.0, 1.0), exagerado: (0.1, 0.1, 0.0) (0.25, 0.15, 0.1) (0.6, 0.6, 0.2), e natural (0.0, 0.2, 0.7) (0.0, 0.5, 1.0) (0.9, 0.9, 1.0).



Fig. 14 – Fundo

Por último, considerando a variável canevá (ilustrada pela Figura 15), os “mais visíveis” foram os que mais agradaram, e os modelos “sem canevá” foram os que menos agradaram aos usuários.



Fig. 15 – Canevá

Generalizando, pode-se inferir que a preferência dos usuários, num primeiro momento, é pelas imagens com inclinação aproximada da câmara de 60°, de distância média, luminosidade à leste, um fundo neutro e um canevá muito visível, como exemplifica a Figura 16, a seguir:



Fig. 16 – Representação cartográfica com as variáveis preferidas pelos usuários

As duas primeiras variáveis (inclinação e proximidade) são analisadas também nas “Partes 3 e 4” do teste, além da “Parte 2”, onde as imagens são analisadas levando em consideração questões do ponto de vista cartográfico. Dessa forma, pode ser observado pelo gráfico da Figura 17, e comparado pelo gráfico da Figura 10, que as imagens escolhidas pelos usuários mudaram.

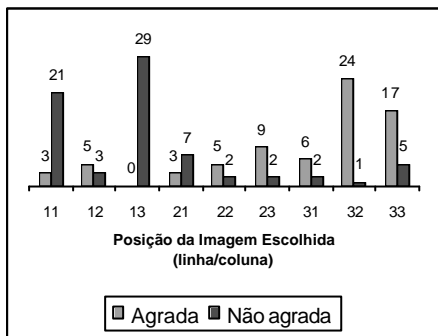


Fig. 17 – Parte 3

Neste contexto, o usuário passa a preferir a representação de textura mista e com os objetos apresentados em três dimensões com maior grau de detalhe, como é ilustrado pela Figura 18. Os usuários também apontam como pior a representação de textura artificial e com os objetos apresentados apenas no plano.

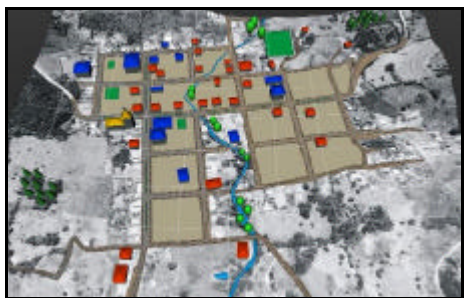


Fig. 18 – Representação cartográfica tridimensional preferido pelos usuários levando em consideração conceitos cartográfico.

Na parte seguinte, o usuário levou em consideração duas tarefas como critério para a escolha das representações, os quais foram a navegação (Figura 19) e a noção de distância (Figura 20). Ambas produziram respostas semelhantes, o que mostra coerência, visto que essas tarefas requerem as mesmas habilidades do usuário e as mesmas condições para a representação cartográfica. E, novamente, a representação escolhida foi de textura mista e com os objetos apresentados em três dimensões com maior grau de detalhamento, como já ilustrado na Figura 18.

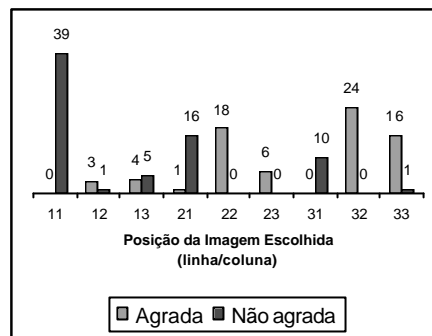


Fig. 19 – Parte 4: tarefa de navegação

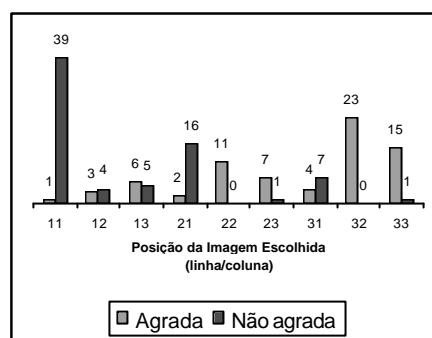


Fig. 20 – Parte 4: tarefa de distância

As imagens selecionadas evidenciam a importância do ponto de vista do usuário quanto à inclinação e a distância, em relação ao modelo. Este prefere uma vista mais inclinada e a uma distância média ou próxima do modelo, o que lembra o mapa plano. Preferindo, ainda, a textura mista e a representação mais elaborada dos objetos tridimensionais. Entretanto, a representação que tem uma inclinação mais próxima da horizontal (em perspectiva), com a textura da ortofoto e com a representação plana dos objetos é a mais indesejável.

Essa análise quantitativa é confirmada com as respostas dadas pelo usuário quando este responde o “por quê?” de suas escolhas. Tanto para justificar as imagens que mais agradam, quanto as que menos agradam, a maioria dos entrevistados responderam sobre a inclinação do modelo, a forma de representação do sistema viário e o uso de cores. Estas respostas justificam, desta maneira, os cuidados que devem ser tomados quanto às suas respectivas representações cartográficas tridimensionais.

Na última parte, segundo os entrevistados, a contribuição da representação 3D, se comparada com a cartografia convencional e outras representações típicas, se dá principalmente quanto à visualização, ou seja, na obtenção de informações sobre o relevo e demais objetos representados. Quanto às áreas de aplicação do representação cartográfica 3D, novamente a visualização foi a mais citada. Como público alvo, a maioria dos entrevistados citou os leigos, os engenheiros,

arquitetos e políticos. No uso das representações cartográficas 3D, a topografia e o lazer, em forma de jogos virtuais, foram os mais citados. A representação cartográfica 3D foi considerada como uma ferramenta funcional por todos os entrevistados, que citaram a interatividade e a visualização como principais formas de exercê-la.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho atingiu o resultado esperado, no que tange ao estudo sobre a percepção para uma representação cartográfica tridimensional. Os resultados aqui obtidos devem ser considerados preliminares.

Como conclusão, segundo as respostas obtidas no teste realizado, pode-se dizer que os entrevistados preferem a representação com textura mista, usando a ortofoto com alguns outros objetos representados no plano, tais como as vias e quadras, e com os objetos pontuais tridimensionais com uma representação mais elaborada. E, como os mapas mais rejeitados foram sempre aqueles que não tinham os objetos representados em 3D, seja com textura da ortofoto ou com a textura artificial, pode-se concluir que os usuários preferem a representação tridimensional à plana. Isso ocorre mesmo quando eles usaram a representação 3D com uma inclinação próxima da vertical. E, completando, segundo respostas dadas pelos usuários entrevistados, a visualização proporcionada pela representação 3D, (supostamente aliada ao fato de ser um novo meio de representar dados), tornou-se a responsável por gerar esta inédita atração do usuário pelo produto cartográfico. Além disso, a variável visual cor é constantemente mencionada tanto como motivo de atração ou rejeição da representação cartográfica.

Novos testes deverão ser feitos com base nos resultados deste trabalho, de forma a confrontar ou a acrescentar as respostas aqui obtidas. Outra opção é o uso deste mesmo teste, nas mesmas condições, para outros grupos de usuários, que poderá trazer novas informações à análise.

Como este foi um primeiro teste, outras questões poderão ser abordadas nos novos testes, de modo mais abrangente, tais como, a avaliação de outras funções quanto à praticidade de representações cartográficas 3D e quanto ao simbolismo. Sugere-se, ainda, que o próximo modelo gerado deve ser mais completo, representando todas as feições presentes na área, o que não ocorreu aqui, visto que era uma representação 3D inicial e, por isso, mais generalizada. A variável "iluminação", não foi explorada aqui com sucesso, devendo ser testada novamente.

O teste também deverá ser aperfeiçoado, no que diz respeito à elaboração das questões, explorando mais a fundo, na extração de informações, a representação cartográfica 3D gerada. Deverá ser permitido ao usuário que navegue no sistema, de forma que a interatividade não o prejudique, mas que seja um teste mais coerente com o tipo de interface, equivalente àquela a qual o usuário terá acesso como produto final. Um outro teste também poderá ser elaborado, com a finalidade de medir o conhecimento e

habilidade do usuário antes de sua entrevista.

Este foi o primeiro passo na busca de proposições para o uso adequado de algumas variáveis gráficas para uma representação cartográfica tridimensional. As respostas obtidas neste trabalho servirão de base para novos experimentos, visto que esta é uma área promissora e que ainda do desenvolvimento de várias pesquisas.

AGRADECIMENTOS

Os autores desse trabalho agradecem ao CNPQ pelo fomento em forma de bolsa de estudo da doutoranda e a empresa AEROSAT pelos dados cartográficos da cidade de Jardinópolis-SC, gentilmente fornecidos para a geração do representação cartográfica 3D. Agradece, também, aos alunos do curso de Engenharia Cartográfica da UFPR que se dispuseram a participar do teste, como usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANDEIAS, A. L. B. e TAVARES JR., J. R. Cartografia e Realidade Virtual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 21., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: XXI CBC, 2003, Cd-Rom. Disponível em: <http://www.cartografia.org.br/xxi_cbc/200-C44.pdf>

CAPRA, M. e SAMPAIO, A. C. F. RVML na Cartografia: Estudo de Caso de Compatibilização de Arquivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 19., 1999, Recife. **Anais...** Recife: XIX CBC, 1999, Cd-Rom.

FOSSE, J. M. e VEIGA, L. A. K. Realidade Virtual como ferramenta na Cartografia 3D. In: Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 3. 2001, Curitiba. **Anais...** Curitiba: CBCC, 2001, Cd-Rom. Disponível em: <http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/GeoColoq_2003/artigos/T031.pdf>

HAEBERLING, C. **Topographische 3D-Karten: Thesen für kartographische Gestaltungsgrundsätze.** Tese de Doutorado, Technische Wissenschaften, Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich, Nr. 15379, 2003.

JOBST, M. **3D multimedia presentations – Integrating remote sensing, photogrammetric modelling and cartographic visualisation.** Institute of GIS and Cartography, Technical University of Vienna. [2004].

PETROVIC, D. Cartographic design in 3 D maps. In: International Cartographic Conference, 21. 2003, Durban. **Proceedings...** Durban: ICC, 2003,v.1, Cd-Rom.

TAVARES JR., J. R, CANDEIAS, A. L. B. e FRERY, A. C. O. **Modelagem de Radio Enlace: Uma abordagem usando Realidade Virtual.** Disponível em:
<http://www2.prudente.unesp.br/rbc/_pdf_55_2003/55_1_03.pdf>