

AVALIAÇÃO DE REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS TRIDIMENSIONAIS INTERATIVAS*

Evaluation of three-dimensional interactive cartographic representations

JULIANA MOULIN FOSSE^{1,2}
JORGE ANTONIO SILVA CENTENO¹
CLAUDIA ROBBI SLUTER¹

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

O uso de representações tridimensionais é crescente e recursos computacionais para esta finalidade são cada vez mais acessíveis. Como ocorre nas representações planas, os elementos da linguagem cartográfica precisam ser representados de forma adequada nas representações tridimensionais para que haja uma comunicação eficiente. Até recentemente, um teste de percepção para este fim não levava em consideração a interatividade do produto cartográfico. Este artigo apresenta uma metodologia para avaliar a simbologia como elemento da linguagem cartográfica nas representações tridimensionais interativas com base em um teste de percepção visual. O teste foi feito por meio de uma entrevista direcionada por um questionário aberto e usou recursos da internet para executá-lo, para visualizar e para interagir com as representações cartográficas. Os resultados obtidos mostram que o teste é adequado para avaliar este tipo de produto cartográfico, porém apontou a necessidade de novos testes para avaliar a simbologia como elemento nas representações cartográficas tridimensionais interativas.

Palavras - chave: Representação Cartográfica Tridimensional; Interatividade; Teste de Percepção.

* Uma versão prévia deste artigo foi apresentada como resumo expandido no II Simpósio de Geomática e V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas com o título de “Teste de percepção usuária para a avaliação de elementos da linguagem cartográfica tridimensional”.

ABSTRACT

The use of three-dimensional representations is increasing and software for this purpose is becoming even more available. Like in plain representations, the elements of cartographic language need to be represented in an adequate way when dealing with three-dimensional representations in order to provide an efficient communication. Until recently a perception test for this purpose did not consider the interactivity of the map. The perception test was based on an interview taken by an open questionnaire. In this paper, we describe a methodology to evaluate the symbology as element of cartographic language in three-dimensional interactive representations, based on a visual perception test. In order to answer the test and to see and interact with the cartographic representations, the use of internet resources was needed. The results show that the test is appropriate to evaluate the three-dimensional interactive cartographic representations. However, it is recommended to take further tests so as to evaluate the symbology as element of this specific kind of representation.

Keyword: Three-dimensional Cartographic Representation; Interactivity, Test of Perception.

1. INTRODUÇÃO

A popularização das representações tridimensionais interativas é crescente e a Cartografia tem experimentado seu efeito. Este fenômeno se apóia na disponibilidade de novas ferramentas para a visualização de dados tridimensionais e a representação interativa de informações espaciais. Os recursos computacionais para esta finalidade são cada vez mais acessíveis e possuem ferramentas para reproduzir uma cena com alto grau de realismo e detalhe num ambiente virtual e interativo.

Entretanto, para que uma representação tridimensional possa ser usada para fins cartográficos é necessário que ela siga os princípios de linguagem cartográfica. Assim como ocorre na representação plana, os elementos da linguagem cartográfica precisam estar presentes no ambiente tridimensional. Mas, como empregar adequadamente esses elementos em uma representação cartográfica, que além de tridimensional é interativa? Para ajudar a responder esta questão, descreve-se neste artigo um teste de percepção feito com o propósito de avaliar um dos vários tipos de representações cartográficas possíveis de serem criadas atualmente, que são as representações cartográficas tridimensionais interativas, onde o usuário pode navegar e interagir no modelo 3D.

O teste de percepção se limitou a avaliar questões da simbologia, sendo que testes semelhantes podem ser construídos para avaliar os demais elementos da linguagem cartográfica, como a orientação geográfica, a escala e a projeção cartográfica, ou outras variáveis presentes nas representações cartográficas tridimensionais interativas. Para esta avaliação, o teste baseou-se em questões

cognitivas, que para serem respondidas, demandam que os entrevistados naveguem em três representações cartográficas diferentes, e comparem a simbologia usada em cada uma delas.

O objetivo do teste é obter soluções para a geração de produtos cartográficos mais eficientes com base na análise das respostas dos entrevistados. Até recentemente, um teste de percepção para avaliar representações cartográficas semelhantes a esta, tridimensional e interativa, baseava-se no uso de imagens impressas em folhas de papel (HAEBERLING, 2003) ou em imagens estáticas do modelo apresentadas em tela de computador (FOSSE et al., 2006), e em ambos os casos não se levava em consideração a interatividade do produto cartográfico.

2. MAPAS TRIDIMENSIONAIS E INTERATIVOS

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 humano e, com base nisso, gerar produtos cartográficos mais eficientes.

Sendo o mundo tridimensional, é razoável que se imagine que um mapa também tridimensional seja entendido mais facilmente que um mapa plano. Se à representação tridimensional for acrescentada a interatividade, o usuário pode se mover no mapa em tempo real, escolher o melhor ponto de vista para interpretá-lo e, assim, melhorar a interpretação das informações.

De acordo com JOBST e GERMANCHIS (2007), os produtos tridimensionais podem oferecer uma representação semelhante ao mundo em que o homem vive, resultando em uma importante forma de aquisição de informações. Segundo estes autores, os produtos cartográficos tridimensionais são mais intuitivos na representação do espaço, devido ao uso explícito da tridimensionalidade. Porém, também pode haver desvantagens em uma representação cartográfica tridimensional, pois a sua representação em tela é similar ao plano da imagem de uma câmera a partir de um ponto de vista, o que pode provocar distorções ou sobreposições de objetos ou pontos relevantes na cena. O mesmo ocorre com a representação do relevo, a sua interpretação pode se tornar mais intuitiva, porém pode ser dificultada pela vista em perspectiva e pela oclusão do próprio relevo.

Em relação à simbolização, PETROVIC (2003) afirma que uma representação cartográfica 3D deve ser construída a partir da representação tridimensional do relevo e, sobre esse, os objetos e fenômenos representados por símbolos cartográficos apropriados. Segundo este autor, os símbolos pontuais geométricos devem ser usados na representação de objetos pontuais artificiais, tais como casas, igrejas e monumentos. Cada objeto deve corresponder a um símbolo geométrico simplificado e seu tamanho e forma devem ser estabelecidos de acordo com o nível de detalhamento que a representação requer. Os demais objetos pontuais devem ser

representados por símbolos realísticos, como é o caso de árvores, mata e cascatas, que podem ser denominados como objetos pontuais tridimensionais naturais. Os símbolos lineares devem ser usados na representação de objetos que se caracterizam por possuir uma de suas dimensões predominante em relação à outra, como é o caso das rodovias e estradas, das linhas de energia, dos oleodutos e das cercas, por exemplo. Os objetos que têm a altura como dimensão fixa devem ser representados por símbolos de área, como as regiões de floresta, pomares e camadas de neve. E para representar objetos como corpos d'água, lagos, mares e grandes rios, devem ser usados os símbolos volumétricos.

De acordo com BOS (1984), segundo a sua forma, os símbolos cartográficos podem ser agrupados em três categorias: símbolos pictóricos ou descriptivos, símbolos geométricos ou abstratos, e símbolos de letras ou números. Os símbolos pictóricos são aqueles que de um modo realista, simplificado ou estilizado, representam o objeto com características semelhantes ao objeto real e, portanto, têm a vantagem de serem fáceis de ser interpretados.

A simbologia dos símbolos pictóricos usados nas representações cartográficas 2D, pode ser adaptada para as representações cartográficas 3D, visto que a possibilidade de variação em detalhamento do símbolo é a mesma, porém na forma tridimensional, ao invés de plana. Esta facilidade de interpretação é proporcional ao detalhamento do símbolo pictórico, ou seja, quanto mais detalhado for o símbolo, mais semelhante ele poderá ser do objeto real e, por consequência, ele poderá ser identificado mais facilmente. Entretanto, segundo KEATES (1988), um símbolo complexo se torna difícil de ser lembrado, se comparado a um símbolo simples que é rapidamente identificado. Esta identificação depende em parte da distinção que é feita do símbolo em relação a todos os outros e em parte da capacidade de se lembrar de suas características.

Além de possibilitar a construção de modelos tridimensionais para serem vistos na tela do computador, o desenvolvimento tecnológico permite uma produção rápida, barata e interativa de novos produtos cartográficos. Assim, a ênfase dada a este tipo de produto tem transformado o uso do mapa da forma estática para a forma dinâmica. Alguns mapas permitem aos seus usuários visualizar diferentes aspectos de um mesmo fenômeno espacial, ver informações em diferentes escalas, ver uma região de diferentes pontos de vista, ou ainda, escolher a simbologia para representar determinadas feições.

Entretanto, a comunicação em um mapa interativo depende não apenas da qualidade da representação cartográfica, mas também da experiência de seus usuários. Esta experiência diz respeito tanto ao uso do mapa quanto da sua interface computacional. Ou seja, para que haja um entendimento adequado no uso de um mapa interativo, deve haver primeiramente uma comunicação entre o usuário e a interface do mapa (MAZIERO, 2007).

De acordo com KRAAK (2000), os mapas interativos podem ser divididos em duas categorias: os mapas estáticos e os mapas dinâmicos. Além disso, essas duas

categorias podem ser subdivididas em mapas visuais e mapas interativos (ou mapas de interface). Os mapas estáticos, classificados como mapas visuais, são o tipo mais comum, em geral originado de um mapa em papel que foi digitalizado e inserido em um *website*. Os mapas estáticos interativos são aqueles que usam *links* para prover a interatividade do usuário com o mapa, como ativar ou desativar camadas ou permitir acesso a outro mapa. Os mapas dinâmicos visuais são apresentados por meio de animações simples de imagens estáticas, por exemplo. Os mapas dinâmicos com interface, ou conteúdo interativo, são aqueles que possibilitam a intervenção do usuário, dentro dos limites da aplicação. Dessa forma, dentro do contexto da visualização cartográfica pode-se dizer que os mapas visuais, estáticos ou dinâmicos, permitem apenas a comunicação cartográfica, enquanto que os mapas de interface possibilitam aos usuários explorar as informações e construir o seu conhecimento por meio da interatividade. Outra classificação dos mapas interativos pode ser feita em função do nível de interatividade permitida pelo sistema, o que é descrito em FOSSE (2004).

Os mapas interativos podem estar inseridos na internet, em uma intranet ou em uma mídia discreta. Dentre as técnicas de construção usadas para gerar mapas interativos apresentados por meio da internet, destaca-se a VRML - *Virtual Reality Modeling Language* -, que é uma linguagem para a modelagem de cenas em Realidade Virtual para a representação em 3D, tal como são feitas as representações cartográficas apresentadas neste artigo.

Embora ainda não exista uma proposição de linguagem cartográfica para a construção de uma representação cartográfica tridimensional interativa, tal como existe para os mapas 2D, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos nesta área e devem servir de base para estudos que permitam estabelecer princípios para tal.

3. TESTE DE PERCEPÇÃO

Segundo SUCHAN e BREWER (2000), o método de pesquisa qualitativo é o mais indicado para as pesquisas em Cartografia. Ainda segundo estes autores, a pesquisa qualitativa pode gerar e modificar conceitos de pesquisas iniciais, pois ajuda a interpretar os resultados ou consequências de uma ação realizada pelo entrevistado, e assim, identificar novas descobertas. O método qualitativo pode ser empregado por meio de entrevista geralmente direcionada por um questionário, mas deve resultar numa conversa informal entre o entrevistado e o entrevistador, em que o participante discute a sua experiência a respeito da situação criada.

Segundo EGBERT (1994), a entrevista, o questionário e a discussão em grupo formam uma solução mais completa para examinar um sistema de exploração de mapas. Pode-se promover um ambiente aberto e irrestrito, em que se permite que o entrevistado expresse livremente as suas idéias, direcionadas por meio do questionário, como também permite que sejam feitos comentários, pensamentos, opiniões ou sugestões inéditas. Caso as respostas obtidas por meio do questionário

direcionado não sejam claras o suficiente, o pesquisador poderá propor uma discussão em grupo com os entrevistados do teste para complementar e concluir a pesquisa.

Como há poucas pesquisas já realizadas na área da Cartografia Tridimensional Interativa, considera-se que o método qualitativo seja o mais indicado, visto que esta é a melhor maneira de se iniciar uma pesquisa numa área ainda não explorada. No caso desta pesquisa, optou-se pela entrevista direcionada por um questionário aberto, que resultou em uma conversa informal durante e após o teste, não havendo a necessidade de se realizar uma discussão em grupo, como etapa complementar. No decorrer do teste o entrevistado teve a necessidade de interagir com as representações cartográficas tridimensionais para responder ao questionário. Esta interação foi feita por meio da navegação virtual e foi acompanhada, durante todo o teste, pelo pesquisador.

3.1 Geração dos modelos

Na primeira fase desta pesquisa foi elaborado um protótipo de mapa 3D e com base neste mapa foi feito um pré-teste de percepção visual de símbolos cartográficos. Foi gerado o MDT – Modelo Digital do Terreno – da região de estudo e sobre este foram inseridos a textura e alguns objetos pontuais relevantes para a representação da área. Texturas diferentes e representações diferentes das mesmas feições foram avaliadas no pré-teste, assim como outras cinco variáveis de representação: ângulo de observação, e distância de observação, iluminação, cor do fundo e uso de canevá. Essa fase da pesquisa, referente à geração do protótipo do mapa 3D e dos resultados obtidos no pré-teste, é descrita em FOSSE et al. (2006). Com base nas necessidades apontadas no pré-teste, foi gerada uma nova representação cartográfica 3D e um novo teste de percepção visual, ambos mais completos e mais coerentes com as atuais possibilidades para gerar representações tridimensionais.

A escolha da região de estudo foi feita de acordo com características físicas da área, necessárias à pesquisa. Pouco se sabe sobre o processo de comunicação cartográfica em um ambiente 3D interativo, por isso teve-se o cuidado de se estabelecer uma região de estudo de relevo acidentado, para que a representação tridimensional do relevo fosse evidenciada, e com elementos de representação cartográfica de características simples, como ocorre em uma área rural se comparadas à complexidade de uma área urbana. As representações cartográficas foram geradas com o propósito de uso geral, e como usuários têm-se todos os profissionais e pesquisadores da área de cartografia.

A região de estudo adotada é o distrito de Sana, localizado no município de Macaé, próximo à Nova Friburgo, estado do Rio de Janeiro. Com base nas necessidades impostas pelo teste de percepção, sua base cartográfica foi dividida em regiões menores, das quais três foram representadas. A base cartográfica possui elementos de hidrografia, sistema viário, vegetação, edificações e informações de

relevo, com pontos cotados e curvas de nível de 5 em 5 metros, restituídos na escala 1:2.000. As representações tridimensionais foram geradas usando o *software* 3D Studio Max e, posteriormente, exportadas para a linguagem VRML 2.0. Os modelos foram feitos a partir do MDT e sobre este todos os objetos e feições da área foram representados.

Mesmo que as representações cartográficas tenham sido geradas para serem vistas de modo interativo, a escala de representação manteve-se fixa independente do ponto de vista do usuário. Embora seja possível alterar a simbologia em função da variação de escala, ou seja, da distância do ponto de vista ao modelo, esta opção não foi usada, pois neste caso poderia ser um fator de complicaçāo na avaliação da simbologia usada.

A maioria das representações tridimensionais usadas no contexto cartográfico e disponíveis na internet faz-se uso de uma simbologia chamada de realística, ou seja, tenta imitar o mais fiel possível a realidade, através de formas e texturas extraídas dos objetos reais. Por outro lado, a carta topográfica é o meio consolidado de representação das informações topográficas através de uma linguagem específica, composta por símbolos apropriados. Como um terceiro tipo de representação e intermediária no contexto do nível de detalhes da simbologia, tem-se o mapa turístico, onde os símbolos não possuem um grau de generalização como os símbolos usados na carta topográfica e nem possuem um grau de complexidade como os símbolos usados nas representações realísticas.

Nesse contexto, foram construídos três modelos, cada um com uma simbologia diferente, para cada uma das regiões selecionadas. As regiões são diferentes, porém com características físicas semelhantes. Nas três representações cartográficas o MDT da região foi gerado nas mesmas condições e serviu de base para a inserção dos demais objetos e feições. As Figuras 1, 2 e 3 ilustram uma cena de cada representação cartográfica tridimensional gerada. Na primeira (Figura 1) adotou-se uma simbologia análoga àquela adotada em cartas topográficas, com o MDT do relevo e o símbolo dos demais objetos e feições com altura próxima à superfície representada. Na segunda (Figura 2) adotou-se uma simbologia baseada em símbolos pontuais pictóricos usados em mapas turísticos, porém tridimensionais. Na terceira representação cartográfica foi adotada uma simbologia realística, ou seja, com alto grau de detalhamento (Figura 3).

Figura 1 – Simbologia análoga à simbologia usada na carta topográfica.

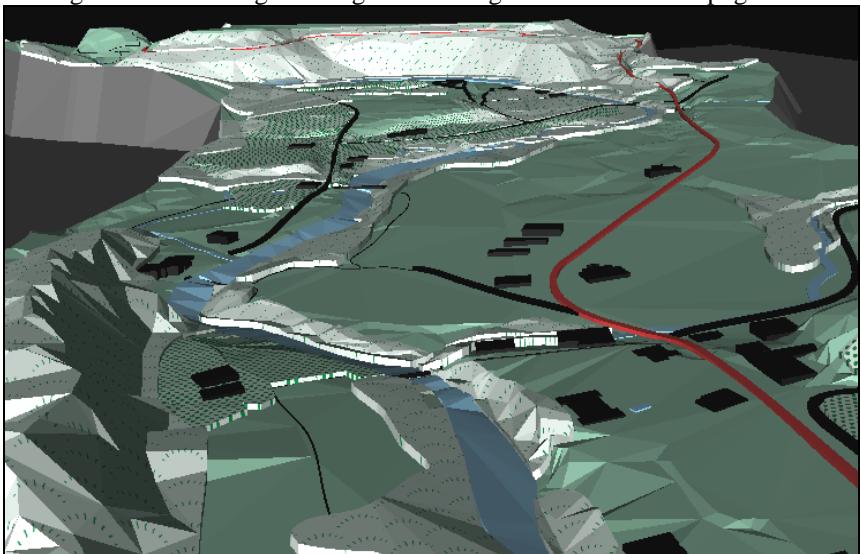


Figura 2 – Simbologia análoga à simbologia usada no mapa turístico.



Figura 3 – Simbologia realística.



3.2 Elaboração e procedimento para a execução do teste

O teste de percepção foi elaborado com o objetivo de avaliar a simbologia como elemento de linguagem cartográfica, porém pode ser estendido para avaliar outros elementos presentes nas representações cartográficas. Para isso, foram elaboradas algumas tarefas cognitivas, em forma de perguntas que, para serem respondidas, necessitam da interatividade do entrevistado com os modelos virtuais. O teste de percepção foi programado para ser realizado via internet, de forma que os entrevistados pudessem executá-lo *on line* e enviar suas respostas para um banco de dados, ao qual apenas o responsável pela pesquisa tem acesso para análise. O teste também pode ser feito *off line* e, neste caso, é preciso usar um servidor local, como por exemplo, o Apache.

O teste foi elaborado em PHP¹, usando o editor HTML² Macromedia Dreamweaver MX. A linguagem de programação PHP é livre e amplamente usada para gerar conteúdo dinâmico na internet. As páginas foram associadas a um banco de dados, que armazena o nome do entrevistado e todas as suas respostas num arquivo TXT. O Sistema Gerenciador de Banco de Dados usado na programação do teste foi o MySQL, por ser gratuito e adequado às necessidades de controle do Banco de Dados desta pesquisa. Dentre as suas principais características, pode-se citar o fato de suportar diferentes plataformas, além do Windows, e API's³ de

¹ Acrônimo de *Hypertext Preprocessor*;

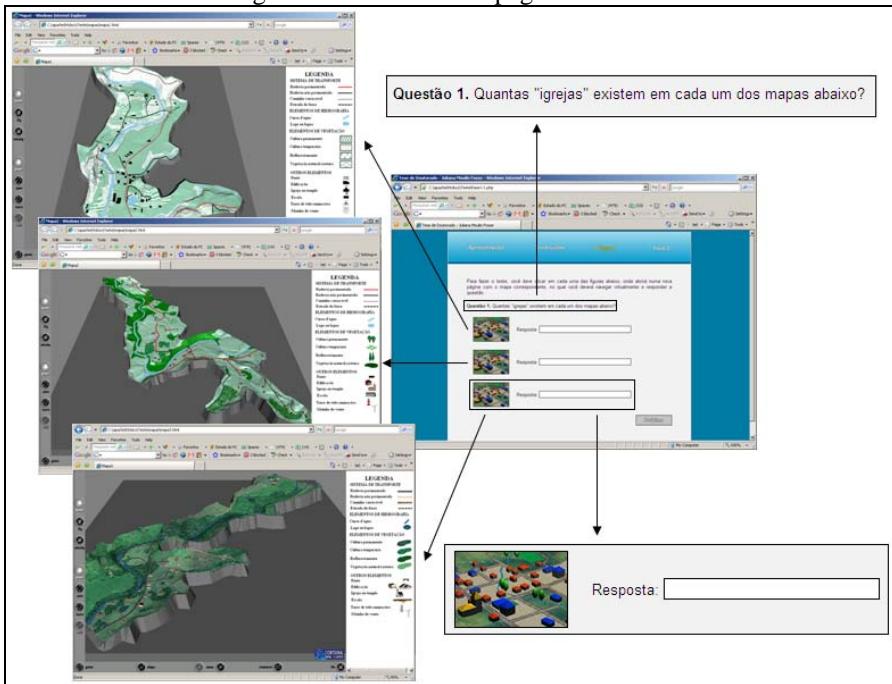
² Acrônimo de *HyperText Markup Language*;

³ Acrônimo de *Application Programming Interface*.

diversas linguagens de programação, tais como PHP e Java, usadas aqui. O teste de percepção foi hospedado no servidor da UFRRJ, e disponibilizado *on line*, temporariamente, para ser executado por todos os entrevistados desta pesquisa.

Para iniciar o teste, o entrevistado digita o seu nome para o cadastro de suas respostas no banco de dados e clica no botão “próximo”. O teste possui cinco perguntas, distribuídas em três páginas. Cada página possui, além da(s) pergunta(s), três figuras que indicam as três representações cartográficas tridimensionais. Na frente de cada figura há um espaço para que o entrevistado digite a resposta referente àquela representação cartográfica. Ao clicar sobre a figura uma nova página se abre com a representação cartográfica 3D correspondente, e o entrevistado realiza a navegação e volta à página-mãe para responder a questão. Na Figura 4 ilustra-se a primeira página do teste, semelhante às demais, em que pode ser observada a sua estrutura, com a pergunta, as três representações cartográficas disponíveis para a navegação do usuário e o espaço para a resposta, referente a cada representação cartográfica.

Figura 4 – Estrutura das páginas do teste.



Na primeira questão pergunta-se quantas igrejas existem em cada uma das representações cartográficas (Figura 4), e na segunda, quais os tipos de estradas que

podem ser identificadas em cada uma delas. A finalidade desta tarefa, que inclui as duas questões, é possibilitar que o entrevistado se familiarize com a simbologia usada enquanto navega em cada uma das representações cartográficas. Além disso, o período de tempo usado pelo entrevistado para fazer a navegação virtual permite que ele se sinta mais familiarizado com o sistema de interatividade. Entretanto, se as respostas dadas não forem coerentes, é assumido que o entrevistado não entendeu corretamente as perguntas ou não foi capaz de interagir adequadamente com as representações cartográficas tridimensionais.

Além de perguntas objetivas, o teste apresenta algumas perguntas abertas, nas quais os entrevistados expõem a sua opinião, faz críticas e comentários. Na terceira questão pergunta-se em qual das três representações cartográficas o entrevistado acha mais fácil identificar as diferentes classes representadas (sistema de transportes, elementos de hidrografia, elementos de vegetação e outros elementos) e o porquê de sua escolha. Na quarta questão pergunta-se ao entrevistado qual das três simbologias usadas ele escolheria para ser adotada nas representações cartográficas 3D e, novamente, o porquê de sua escolha. Na última questão, pede-se ao entrevistado que faça alguma sugestão, ou crítica, sobre a simbologia usada em cada uma das três representações cartográficas. No final do teste, o sistema gera um relatório com as respostas de cada entrevistado. Este relatório contém o nome do entrevistado (digitado no início do teste) e todas as suas respostas, referentes a cada questão do teste.

3.3 Seleção dos entrevistados e avaliação dos dados obtidos

A seleção dos participantes para o teste de percepção foi feita segundo dois critérios: ter conhecimento em Cartografia suficiente para entender as perguntas do teste, e saber navegar no modelo virtual com o *plug in* de navegação VRML, para permitir a interatividade do sistema humano-computador sem que essa variável interfira nas respostas do entrevistado. Diante dessas duas condições foram selecionados dezessete estudantes do sexto e oitavo períodos do curso de graduação em Engenharia de Agrimensura da UFRRJ e seis estudantes de mestrado e doutorado do curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR, totalizando 23 participantes. O conhecimento em Cartografia confirma-se pelas disciplinas cursadas em suas formações de graduação ou pós-graduação. A habilidade para a navegação no modelo virtual foi adquirida ou relembrada pelos participantes em uma secção de treinamento anterior ao teste. As respostas daqueles participantes que não apresentaram habilidade suficiente para a navegação nos modelos virtuais também foram descartadas.

O pesquisador acompanhou todo o teste, com todos os entrevistados, e além de fazer anotações, teve como recurso adicional uma câmera de vídeo que registrou toda interação humano-computador, para posterior análise, se necessário. Na aplicação do teste foram usados recursos do questionário direcionado, observações e anotações feitas pelo pesquisador, vídeo e uma conversa com o entrevistado,

também com anotações, depois do término do teste. Porém, apenas o relatório dos entrevistados, gerada pelo banco de dados do teste, e as anotações do pesquisador foi possível avaliar as representações cartográficas.

3.4 Resultados

Visto que esse é um teste qualitativo, as respostas de cada entrevistado foram analisadas separadamente e, depois, num contexto geral como um único grupo. As respostas dos entrevistados da UFRRJ e as respostas dos entrevistados da UFPR foram semelhantes, o que é coerente, visto que ambos foram selecionados pelas mesmas características e foram submetidos ao teste nas mesmas condições. Porém, as respostas de três participantes foram descartadas por apresentarem algum tipo de inconsistência: um dos entrevistados fez o teste sem usar a legenda, o que prejudicou suas respostas; as respostas do outro entrevistado foram incoerentes e, portanto, foi considerado que o mesmo não entendeu corretamente as perguntas ou não foi capaz de interagir adequadamente com as representações cartográficas; e o outro entrevistado não respondeu adequadamente o teste até o final. Assim, foram considerados e analisados os testes de vinte entrevistados.

Observou-se que os participantes levaram cerca de 2 a 3 minutos para se familiarizarem com as ferramentas e controle do *plug in* de navegação VRML, e após este tempo começaram a fazer o teste propriamente dito. A finalidade da primeira tarefa foi possibilitar que o entrevistado se familiarize com a simbologia usada em cada uma das representações cartográficas. Para fazer esta tarefa, os entrevistados tiveram que navegar no modelo e identificar, através de símbolos descritos na legenda, cada objeto necessário para responder as questões 1 e 2. Cinco entrevistados demonstraram estarem inseguros no início do teste e um entrevistado mostrou estar excessivamente empolgado, fato ocorrido em função na inexperiência em participarem de pesquisas e pelo experimento ser sobre um tema ainda inédito para eles. Entretanto, esta tarefa foi cumprida, visto que, ao final desta, todos os participantes demonstraram estarem tranquilos e familiarizados com as representações cartográficas, tanto no diz respeito à simbologia usada em cada uma delas, quanto no sistema de interatividade.

Nas questões subseqüentes, todos os usuários optaram em manter os três modelos em tela minimizada e, à medida que havia necessidade, essas telas eram maximizadas e os mapas eram vistos e comparados entre si. Neste sistema é possível utilizar mais de uma tela de visualização, o que pode facilitar a comparação entre os mapas. Esta pode ser considerada uma das vantagens do sistema de representação cartográfica em tela quando comparado a representação do mapa em papel.

Para responder à questão 3, foi necessário que os entrevistados analissem, classe à classe, a simbologia usada para representar todos os objetos e feições presentes em cada uma das três representações cartográficas. As respostas dos entrevistados apontaram a simbologia atualmente usada na carta topográfica como a

mais coerente para representar a classe sistema de transportes, pois o traçado é “bem definido” e as cores são adequadas. Para representar os elementos de hidrografia numa representação cartográfica tridimensional, pode-se dizer que não houve uma definição na escolha dos entrevistados pela simbologia usada na carta topográfica ou pela simbologia que usa textura extraída da feição real. O que prevaleceu nessa classe foram as características da própria feição, como a forma e o tamanho. Entretanto, o modelo que possui simbologia análoga ao mapa turístico foi tido como o mais coerente na representação dos elementos de vegetação, pois a forma tridimensional e as cores usadas facilitam a identificação e a associação dos símbolos com as feições reais. Tanto a simbologia análoga ao mapa turístico como a simbologia realística usadas para representar a classe outros elementos foram consideradas adequadas para uma representação cartográfica tridimensional. Segundo os entrevistados, o grau de detalhamento na forma e a variação em tom de cor fazem com que o símbolo seja mais coerente com uma representação tridimensional e mais semelhante ao objeto real, logo, mais fácil de ser identificado. Entretanto, segundo alguns entrevistados o detalhamento dos símbolos também pode dificultar o seu reconhecimento em algumas circunstâncias pelo excesso de detalhes, o que não acontece se o símbolo usado for mais generalizado.

Na quarta questão foi necessário que os entrevistados analisassem a simbologia das representações cartográficas num contexto geral. Segundo os entrevistados, a simbologia análoga ao mapa turístico é a mais adequada, pois a identificação é rápida e não é necessário recorrer à legenda com freqüência para identificar os símbolos. Segundo os entrevistados, as formas e cores usadas facilitam a associação de tais símbolos com os objetos e feições reais, resultando numa identificação rápida e adequada para uma representação cartográfica tridimensional.

Na quinta questão, os entrevistados deram sugestões ou fizeram críticas a respeito da simbologia usada nas três representações cartográficas. No modelo de simbologia semelhante à carta topográfica, as principais críticas foram para a classe outros elementos, quanto à forma e às cores usadas, e da classe elementos de vegetação, em que os símbolos se mostraram confusos. Na representação cartográfica semelhante ao mapa turístico sugeriu-se mudar o tom de cor usado na representação do solo exposto; representar a classe sistema de transportes rente ao solo, sem elevação, e alterar a sua largura; e materializar os limites das classes de vegetação. E na representação cartográfica de simbologia realística as críticas foram para as texturas usadas para representar o sistema de transportes e os elementos de vegetação, em ambos os casos elas se mostraram confusos e, portanto, dificultam a identificação dos símbolos.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O teste se mostrou compatível com as necessidades de avaliação desse tipo de representação cartográfica e pode ser facilmente alterado para avaliar outras variáveis presentes neste tipo de produto cartográfico.

Sugere-se que objetos como igreja, escola e edificações, que são representados por símbolos pontuais no plano nas representações cartográficas 2D, sejam representados por símbolos pontuais tridimensionais, nas representações cartográficas 3D. Entretanto, o nível de detalhamento destes símbolos ainda deve ser melhor estudado, visto que quanto maior o detalhamento de um símbolo, tanto em forma quanto em cor, mais ele deve se assemelhar ao objeto real, o que *a priori* proporciona uma melhor identificação, porém, em alguns casos, pode tornar a simbologia confusa.

A linguagem cartográfica usada para representar o sistema de transportes deve seguir as mesmas regras de simbolização usadas na Cartografia plana. As variáveis visuais tom de cor e tamanho, associadas à primitiva gráfica linha, se mostraram adequadas para produzir uma comunicação cartográfica eficiente também nas representações cartográficas 3D.

A primitiva gráfica área foi usada para representar os elementos de hidrografia, que foram associados às variáveis visuais cor e textura. Neste caso, os resultados obtidos com o teste de percepção não foram suficientes para determinar qual a simbologia foi a mais adequada para ser usada nas representações cartográficas 3D, o que aponta a necessidade de novos estudos e, consequentemente, novos testes de percepção visual.

Para representar os elementos de vegetação, recomenda-se utilizar símbolos pontuais tridimensionais agrupados, no caso em que tais elementos são representados pela primitiva gráfica área. Entretanto, estudos devem ser feitos no que diz respeito à forma e às cores adequadas para simbolizar os elementos desta classe.

Uma das críticas ao teste pode ser feita em relação às questões formuladas para os entrevistados. Algumas críticas foram feitas a respeito da formulação das questões, para evitar ambigüidades ou dúvidas. Porém o teste não foi prejudicado, pois o pesquisador permaneceu junto com cada entrevistado durante todo o teste. A legenda também foi criticada, entretanto, esta variável faz parte da própria representação cartográfica e, portanto, deve ser corrigida na fase de construção do modelo. Ademais, por várias vezes, o *plug in* de navegação virtual apresentou um desempenho lento em algumas ações do entrevistado, em função do tamanho do arquivo dos modelos avaliados. Isso deverá ser revisto para os próximos testes, embora a tendência seja que esta dificuldade será superada com melhor *hardware*.

A elaboração do teste demandou muito tempo, tanto na fase de elaboração das questões, da geração das representações cartográficas, da montagem do *site*, quanto na fase de execução do teste pelos entrevistados. Por este motivo o pesquisador tem um enorme desgaste físico, além do desgaste mental. A média de tempo gasto por

cada entrevistado para fazer o teste foi de aproximadamente uma hora, sem contar com o treinamento de navegação em VRML. Esta pode ser considerada uma desvantagem desse tipo de teste, que não pode ser considerado prático, entretanto rico em detalhes de informação e necessário para se iniciar uma pesquisa sobre um tema como este.

Sugere-se que o teste seja reaplicado a outro(s) grupo(s) de entrevistados, que possuam diferentes características daquelas apresentadas pelos entrevistados desta pesquisa, de maneira que seja comparada a eficiência deste teste para grupos de usuários de diferentes características. Ademais, outros testes semelhantes devem ser criados para avaliar os demais elementos da linguagem cartográfica, como a orientação geográfica, a escala e a projeção cartográfica. E assim, espera-se contribuir para o crescimento desta recente e inovadora área da cartografia: a Cartografia Tridimensional Interativa.

AGRADECIMENTOS

Os autores desse trabalho agradecem ao CNPq e CAPES pelo fomento em forma de bolsa de estudo da doutoranda. Agradecem a todos os estudantes do curso de graduação em Engenharia de Agrimensura da UFRRJ e do curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR que participaram do teste de percepção. Os autores também agradecem à estudante Andressa Cintra, bolsista do curso de Engenharia Agrícola da UFRRJ, que ajudou na programação do site do teste de percepção visual.

BIBLIOGRAFIA

- BOS, E. S. *Cartographic Symbol Design*. The Netherlands: ITC, 1984. 85 p. Lecture-notes.
- EGBERT, S. L. *The design and evaluation an interactive choropleth map exploration*. 1994. 130p. PhD Thesis – University of Kansas.
- 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. et al. Avaliação de variáveis gráficas para a representação cartográfica tridimensional. *Revista Brasileira de Cartografia*, Rio de Janeiro, v.1, n. 58, p. 81-90, 2006.
- HAEBERLING, C. *Topographische 3D-karten: Thesen für kartographische Gestaltungsgrundsätze*. 255 p. Doktor der Technische Wissenschaften - Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich, 2003. [Nr. 15379]

- JOBST, M; GERMANCHIS, T. The employment of 3D in cartography – An overview. In: CARTWRIGHT, W.; PETERSON, M. P.; GARTNER, G. *Multimedia cartography*. 2.ed. Berlin/Heidelberg: Springer, 2007, p. 217-228.
- KEATES, J. S. *Cartographic design and production*. 2.ed. Nova York: Longman Scientific and Technical, 1988. 266p.
- KRAAK, M. J.. Visualizing spatial distributions. In LONGLEY, P.; GOODCHILD, M.; MAGUIRE, D. M.; RHIND D. (Ed). *Geographical Information Systems: Principles, techniques, management and applications*. Cambridge: GeoInformation International, 2000.
- MAZIERO, L. T. P. *Influência dos aspectos das interfaces na comunicação dos mapas interativos e a proposição de diretrizes para o design dessas interfaces*. 197 p. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- PETROVIC, D. Cartographic design in 3D maps. In: INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE, 21. 2003, Durban. *Proceedings...* Durban: ICC, 2003. p.1920-1926.
- SUCHAN, T. A.; BREWER, C. A. Qualitative methods for research on mapmaking and map use. *The Professional Geographer*, Washington DC, v. 52, n. 1, p. 145-154, feb/2000.

(Recebido em outubro de 2008. Aceito em junho de 2009).