

# Definição de cores para geração de mapas temáticos

Denise Rodbard Falat  
Silvia M. Paoletto Bonatto

## 1. Introdução

O desenvolvimento da tecnologia apoiada na informática possibilita que usuários de SIG realizem pesquisas quanto à qualidade, à quantidade e ao tipo de informação armazenada, podendo integrar bancos de dados descritivos e gráficos, favorecendo a produção dos mais variados tipos de mapas.

Nestes mapas o usuário pode relacionar às primitivas gráficas ou às entidades cartográficas uma nova simbologia que corresponda ao resultado da pesquisa dos atributos destas entidades em banco de dados. Considerando que o usuário do sistema não é necessariamente cartógrafo, e que a eficiência das análises espaciais está relacionada à qualidade dos mapas temáticos utilizados, a inadequada interpretação das teorias ou o desconhecimento das mesmas, faz com que tais mapas não atinjam o grau de comunicação esperado.

Considerando que ao utilizar um sistema computacional o usuário procura facilidade e não está disposto a empregar tempo em seu estudo, vários autores recomendam fornecer ferramentas interativas possibilitando ao usuário gerar mapas que representem adequadamente os fenômenos geográficos.

Diante disso, o objetivo deste artigo é apresentar, não só aos usuários de SIG, mas a todo usuário/produtor de mapas, alguns conceitos básicos e uma ferramenta disponível na web que permite a escolha apropriada de cores e padrões para a geração de mapas temáticos resultantes de suas pesquisas.

## 2. Conceitos básicos

### 2.1 Linguagem cartográfica

Os símbolos são a linguagem dos mapas pelos quais o cartógrafo se comunica (Forrest,1985). Para que a transmissão da informação seja eficiente, o mapa deve ser regido através de linguagem apropriada.

Segundo MacEachren et al.(1994), o passo chave para projetar e construir um mapa inteligível é equiparar o tipo de contraste entre os símbolos, com o tipo de contrastes dos objetos ou conceitos representados. No desenvolvimento da linguagem cartográfica devem ser considerados três aspectos inter-relacionados dos símbolos cartográficos como:

- **dimensão espacial** das feições mapeadas;
- **nível (ou escala) de medida**, definido pelas características a serem representadas do fenômeno;
- **primitivas gráficas** e suas **variáveis visuais**, que serão usadas para a representação das feições.

As **dimensões espaciais** das primitivas gráficas, para mapas bidimensionais, podem ser ponto, linha ou área, definidas com base nas feições do fenômeno a ser representado. A definição destas dimensões depende da escala da representação.

Os **níveis (ou escalas) de medidas** são tentativas de estruturar as observações sobre a realidade. Para mapear as informações geográficas é necessário o conhecimento de quais **níveis de medida** estão envolvidas nas informações que serão mapeadas, podendo ser (Dent, 1999):

- 1) **nominal**: a palavra-chave é **identificação**, pois esse nível permite apenas distinguir igualdades e desigualdades. Portanto, os grupos de informação são **denominados**. Exemplos de mapas que retratam informações nominais são: mapa dos tipos de solos, ou mapa dos tipos de culturas agrícolas;
- 2) **ordinal**: acrescenta-se **ordenação** à **identificação**, permitindo uma classificação hierárquica do fenômeno. Exemplo de mapeamento usando o nível de medida **ordinal** é um mapa de fertilidade do solo mostrando regiões de baixa, média e alta fertilidade;
- 3) **intervalar**: além da **identificação** e **ordenação**, a distância numérica entre as classes é conhecida, portanto as igualdades e desigualdades dos intervalos entre classes. Contudo, as magnitudes não são absolutas, ou seja, qualquer ponto inicial pode ser usado, sendo comum exemplificá-la através das escalas de temperatura Celsius ou Fahrenheit. Com a escala Celsius, por exemplo, não se pode afirmar que 50°C é duas vezes mais quente do que 25°C;
- 4) **de razão**: semelhante ao nível de medida intervalar, no nível de medida **de razão** os eventos são ordenados e as distâncias entre as classes são conhecidas. Porém as medidas são absolutas, pois possuem o ponto inicial absoluto, permitindo a representação de razões, como a densidade demográfica.

Considerando os mapas bidimensionais, as variações gráficas dos pontos, linhas ou áreas são realizadas, na cartografia, pelas **variáveis visuais**.

Um dos primeiros trabalhos que sistematizou o uso de variáveis visuais em mapas temáticos foi apresentado por Bertin (1986). As idéias do Professor BERTIN, apoiado na Lingüística de Saussure, estabeleceu uma gramática para a linguagem gráfica, a representação gráfica, onde a unidade lingüística é o signo. Com base na tipologia proposta por Bertin (1986) os resultados das pesquisas em comunicação cartográfica sugeriram modificações e ampliação do conjunto de variáveis visuais. Um desses resultados é apresentado por MacEachren (1994) cujo conjunto de variáveis visuais é apresentado na Figura 1, e a adequação das **variáveis visuais** aos **níveis de medida** é esquematizada na Figura 2.

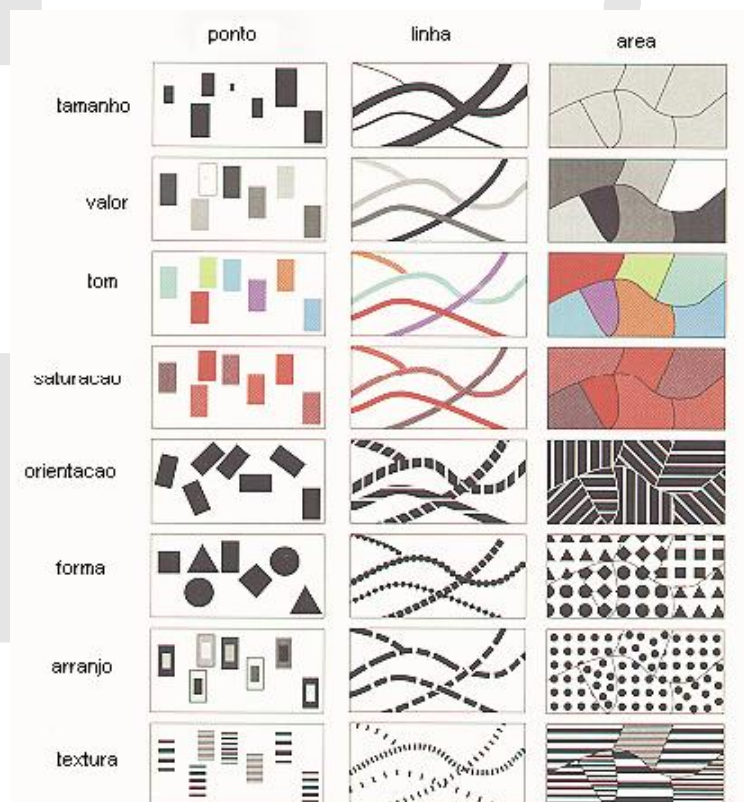


Figura 1 – Variáveis visuais disponíveis para representações pontuais,

lineares e de área. FONTE: Adaptada de MacEachren (1994)

	numérico	ordinal	nominal
localização	<b>G</b>	<b>G</b>	<b>G</b>
tamanho	<b>G</b>	<b>G</b>	P
valor de cor	M	<b>G</b>	P
saturação de cor	M	<b>G</b>	P
tom de cor	M <sup>a</sup>	M <sup>a</sup>	<b>G</b>
textura	M	M	<b>G<sup>b</sup></b>
orientação	M <sup>c</sup>	M <sup>c</sup>	<b>G</b>
arranjo	P	P	M <sup>d</sup>
forma	P	P	<b>G</b>

G = bom M = efeito marginal P = pobre

Figura 2 – Variáveis gráficas adequadas aos níveis de medida.  
FONTE: Adaptada de MacEachren (1994)

- Os tons devem ser cuidadosamente selecionados para que uma ordem ou hierarquia seja percebida (p.ex. a seqüência espectral do amarelo, passando pelo laranja, ao vermelho).
- As texturas são boas para diferenciar somente duas, ou talvez três, categorias.
- A orientação fornece capacidade limitada para comunicar informações numéricas e ordinais, quando são usadas marcas padronizadas, tais como um símbolo do relógio para comunicar informações sobre períodos de tempo da ocorrência do fenômeno.
- A variável arranjo é melhor utilizada como uma variável redundante, para representar a diferença visual entre as categorias mais óbvias.

A descrição de cada variável é apresentada a seguir:

- Tamanho: associada à ordem e quantidades. Deve ser evitado na representação de diferenças nominais;
- Valor de cor (ou Luminosidade da cor): há claramente uma ordem associada, portanto é apropriada à representação de dados ordinais;
- Tom de cor: variável visual eficiente para distinguir diferentes tipos e feições, ou seja, diferenças nominais;
- Saturação de cor: similar a luminosidade da cor, saturação representa uma ordem visual. É raramente utilizada sozinha como variável visual;
- Orientação: As diferentes orientações de um símbolo representam as diferentes classes de uma variável visual, sendo mais apropriada para a representação de dados nominais;
- Forma: associada às diferenças nominais;
- Arranjo: É definida pela posição relativa das marcas que formam um padrão.
- Textura: Definida como a freqüência espacial dos componentes de um padrão, marcas gráficas pontuais ou lineares.

Para fenômenos **lineares**, as soluções gráficas podem ser descritas em dois grupos: linhas contínuas e linhas tracejadas. As linhas tracejadas são utilizadas para a representação da variável visual **arranjo**, que é considerada eficiente por gerar uma variedade de diferentes arranjos dos elementos que compõem os símbolos, portanto é adequada à representação de diferenças nominais.

Outra variável visual considerada particularmente eficiente para representação de diferenças nominais é **tom de cor**. A cor pode ser usada para agrupar objetos pertencentes a uma mesma classe ou distinguir grupos de formas semelhantes, ou ainda, sugerir noções de hierarquia a essas formas semelhantes.

As características normalmente usadas para distinguir uma cor da outra são tom (cor ou matiz), luminosidade (valor) e saturação (croma, intensidade ou brilho). Estas características são chamadas **dimensão da cor**. Tom é um atributo associado ao comprimento de onda dominante em uma mistura de ondas de luz. Assim, o tom representa a cor dominante como percebida por um observador; quando chamamos um objeto de vermelho, laranja, ou amarelo, estamos especificando o seu tom. Portanto é usado com êxito para distinguir diferenças nominais.

Apesar de existir uma ordem lógica dos tons, definida pela ordem do espectro eletromagnético, a maioria das pessoas não consegue distinguir esta ordem; e mesmo para aquelas que conhecem, a percepção das diferenças em valor de tom supera a percepção da ordem dos tons. Bertin (1981) afirma que usar uma seqüência de tons ordenados por valor ao invés da ordem espectral pode eliminar a distorção visual.

A saturação refere-se à pureza relativa, ou a quantidade de cinza misturado à cor. É o quanto a cor se afasta da cor neutra. Quanto mais saturada a cor, menor a presença de cinza. Esta variável visual raramente é utilizada sozinha, porém se combinada com diferenças em luminosidade ou tom, pode melhorar a percepção de ordem e aumentar o número de classes perceptíveis de um mapa.

A luminosidade ou valor indica a quantidade de branco inserida em cada tom. Há uma ordem associada ao valor de cor, que torna interessante na utilização para representação de dados ordinais.

A utilização de cores em cartografia requer a necessidade do conhecimento de como a cor é processada pelo sistema visual humano. Para melhor entendimento dos componentes básicos da cor (tom, luminosidade e saturação), no próximo item são apresentados alguns conceitos e fundamentos de cores.

## **2.2 Teoria das Cores**

“Embora o processo seguido pelo cérebro humano na percepção de cores seja um fenômeno fisiopsicológico que ainda não é completamente compreendido, a natureza física das cores pode ser expressa numa base formal suportada por resultados experimentais teóricos” (Gonzalez, 2000).

Devido à estrutura do olho humano, todas as cores são vistas como combinações variáveis de três cores, chamadas primárias: vermelho, (R, do inglês *red*), verde (G, do inglês *green*), e violeta (B, do inglês *blue*). As cores primárias podem ser adicionadas para produzir as cores secundárias da luz: magenta (vermelho e violeta), ciano (verde e azul) e amarelo (vermelho e verde). A mistura das três cores primárias, ou uma secundária com sua cor primária oposta, em intensidades corretas produz a luz branca.



Figura 3 - Cores primárias e secundárias da luz e de pigmento  
Fonte: Adaptada de Gonzalez (2000)

As características usadas para distinguir uma cor da outras são as dimensões da cor: tom, luminosidade e saturação. Estas distinções são aplicadas às variações visuais das primitivas gráficas, conforme descrito anteriormente.

Uma das dificuldades encontradas pelos cartógrafos é a especificação de cores. Portanto, são utilizados modelos de cores para facilitar a especificação das cores em alguma forma padrão e de aceite geral. Essencialmente, um modelo de cor é uma especificação de um sistema de coordenadas tridimensionais e um subespaço dentro deste sistema, onde cada cor é representada por um único ponto. A maioria dos modelos de cores atualmente em uso são orientados ou em direção do hardware (tais como para monitores coloridos e impressoras) ou em direção a aplicações envolvendo manipulação de cores (tais como criação de gráfico de cores para animação) (Gonzalez, 2000).

Os modelos orientados para o hardware, monitores coloridos, mais comumente utilizados na prática são o RGB (*red, green, blue*) e o CMYK (*cyan, magenta, yellow, black*), para impressoras coloridas.

Outros modelos são orientados ao usuário e entre eles estão o HSV (tom (*Hue*), saturação (*Saturation*), valor (*Value*)) e o modelo de Munsell, que permitem a especificação das cores possibilitando ao usuário a familiarização com os termos tom, luminosidade e saturação.

Segundo DENT (1999), a cor percebida de um produto gerado na tela do computador é consequência de pontos coloridos tão pequenos que o olho humano não consegue distinguir individualmente, o que dá origem a uma mistura de cores. Assim, pelo sistema RGB, por exemplo, diferentes intensidades de vermelho, verde e azul criam as diferentes possibilidades de cores a serem exibidas na tela.

No modelo RGB, cada cor aparece nos seus componentes espectrais primários de vermelho, verde e violeta. Este modelo baseia-se num sistema de coordenadas cartesianas, sendo que o subespaço de cores de interesse é o cubo, no qual os valores RGB estão nos três cantos; ciano, magenta e amarelo estão nos outros três cantos; preto está na origem; e branco está no canto mais distante da origem. Neste modelo a escala de cinza estende-se do preto até o branco ao longo da linha juntando estes dois pontos, e as cores são pontos sobre ou dentro do cubo, definidas por vetores estendendo-se a partir da origem. Os tons são arranjados de forma hexagonal ao redor da linha branco-preto. Esta situação pode ser visualizada nas figuras 4 e 5.

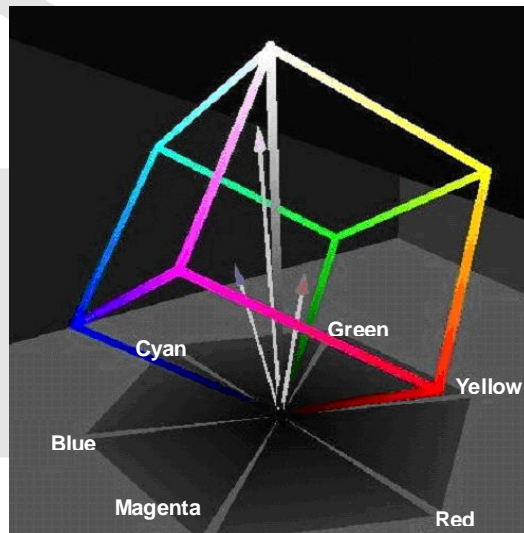


Figura 4 – Cubo de Cores RGB (Fonte: Adaptado do site <http://pitch.cic.unb.br/lcmm/disciplinas/cpmm2006.2/a3/a3.html>)

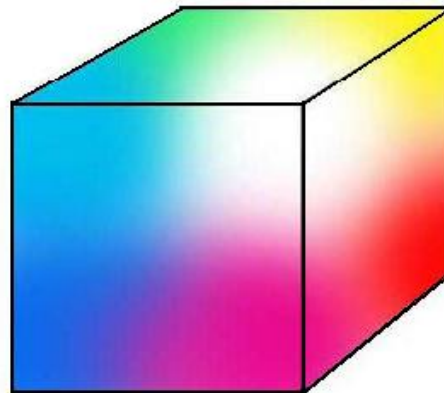


Figura 5 – Representação visual do sistema RGB

Para melhor esclarecimento, a figura 6 A indica os valores numéricos de cada vértice do cubo RGB. Os pontos ao longo da diagonal principal têm valores de cinza desde preto na origem (0,0,0) até branco no ponto (255, 255, 255). A Figura 6B apresenta outra perspectiva do mesmo cubo.

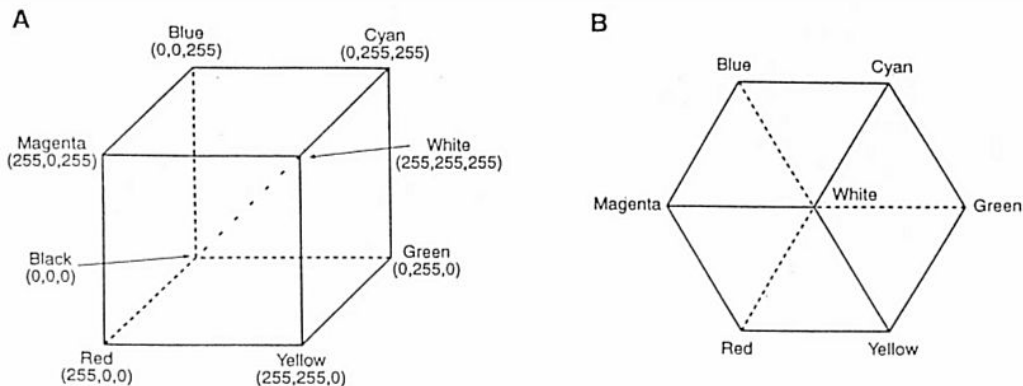


Figura 6 (A e B) – Cubo de Cores RGB – valores numéricos

### 3. Ferramenta Colorbrewer

Conforme já exposto, a definição correta de cores para representar classes de um mapa temático pode ser uma tarefa difícil para o usuário leigo em projeto cartográfico. O *web site ColorBrewer* (<http://www.personal.psu.edu/faculty/c/a/cab38/ColorBrewer/ColorBrewer.htm>) fornece uma ferramenta interativa, *on line*, desenvolvida na Pennsylvania State University (Estados Unidos – [www.geovista.com](http://www.geovista.com)) para auxiliar o usuário na seleção apropriada de esquemas de cores para mapas e gráficos.

Esses esquemas de cores consideram a percepção humana de cores vistas em tela de computador para representar determinado fenômeno, podendo ser qualitativo ou seqüencial.

No caso de esquemas **qualitativos**, não são consideradas diferenças em magnitude entre as classes da legenda e os tons de cor são utilizados para apresentar visualmente somente a diferença entre as classes. Esses esquemas são adequados à representação de dados nominais.

A figura 7 exemplifica a uma combinação de cores para representar qualitativamente um fenômeno distribuído em 4 classes.

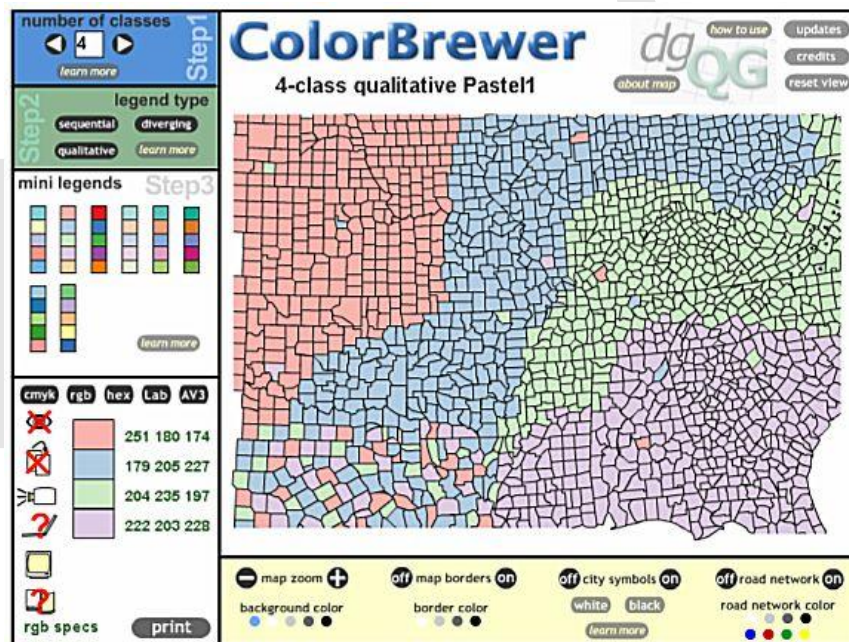


Figura 7 – Representação de Classes Qualitativas

Os esquemas de cores **seqüenciais** são adequados a conjuntos de dados que podem ser de alguma forma ordenados. Geralmente a luminosidade é empregada a esse tipo de esquema, associando tons de cores com alta luminosidade (cores claras) a valores baixos e tons de cores com baixa luminosidade (cores escuras) a valores altos.

A figura 8 exemplifica uma combinação de cores para representar um fenômeno seqüencial distribuído em 4 classes.

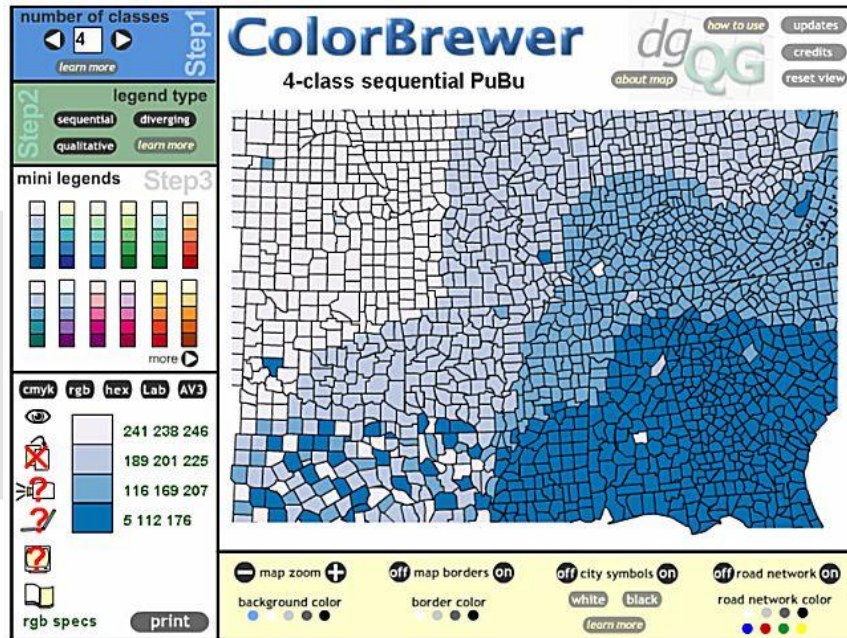


Figura 8 – Representação de Classes Seqüenciais

#### 4. Aplicações

As aplicações práticas do uso da cor na geração de mapas temáticos são inúmeras. São apresentados a seguir alguns exemplos de mapas temáticos gerados por usuários de SIG:



Figura 9: Mapa referente à pesquisa de lotes prediais e territoriais a partir do SIG desenvolvido para a Prefeitura Municipal de Ibitaré.

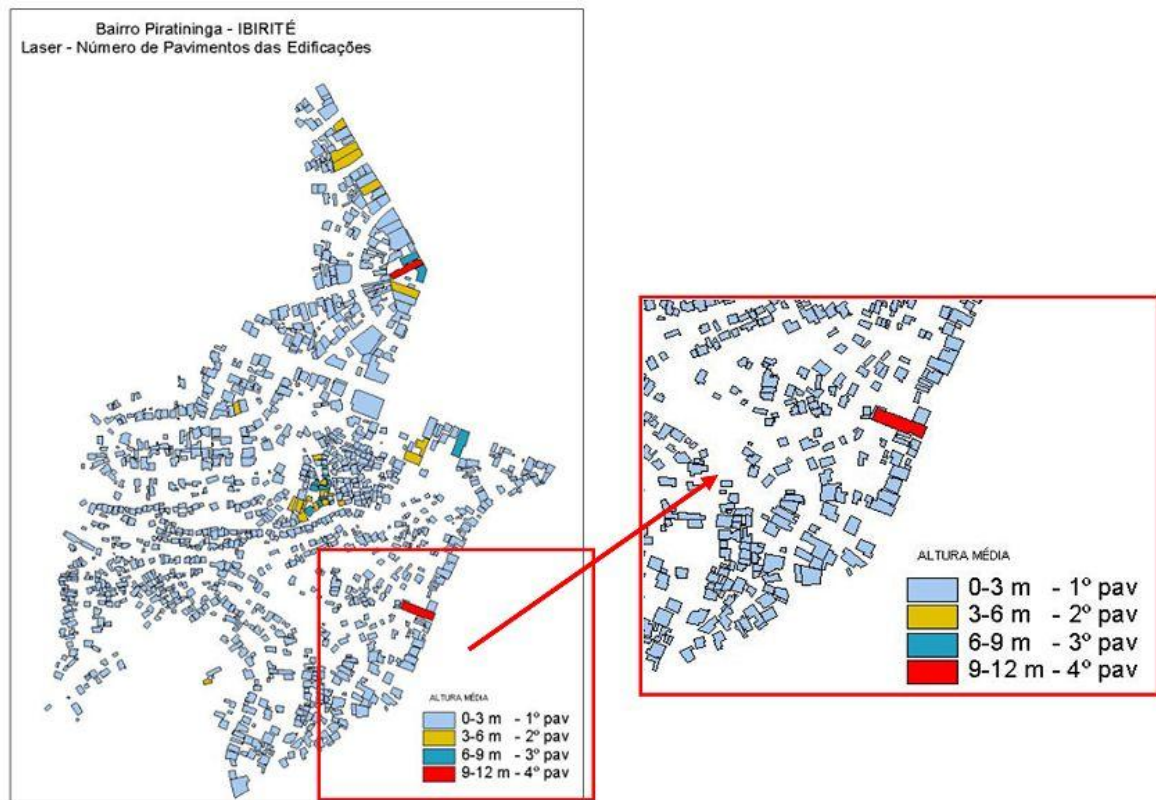


Figura 10: Mapa referente à pesquisa do número de pavimentos das edificações do Bairro Piratininga – Ibirité – MG gerado a partir das alturas das edificações obtidas por perfilamento LASER.



Figura 11: Seleção das classes de lotes vagos, lotes com uso residencial, comercial e misto, a partir de informações cadastrais da Prefeitura Municipal de Uberlândia.

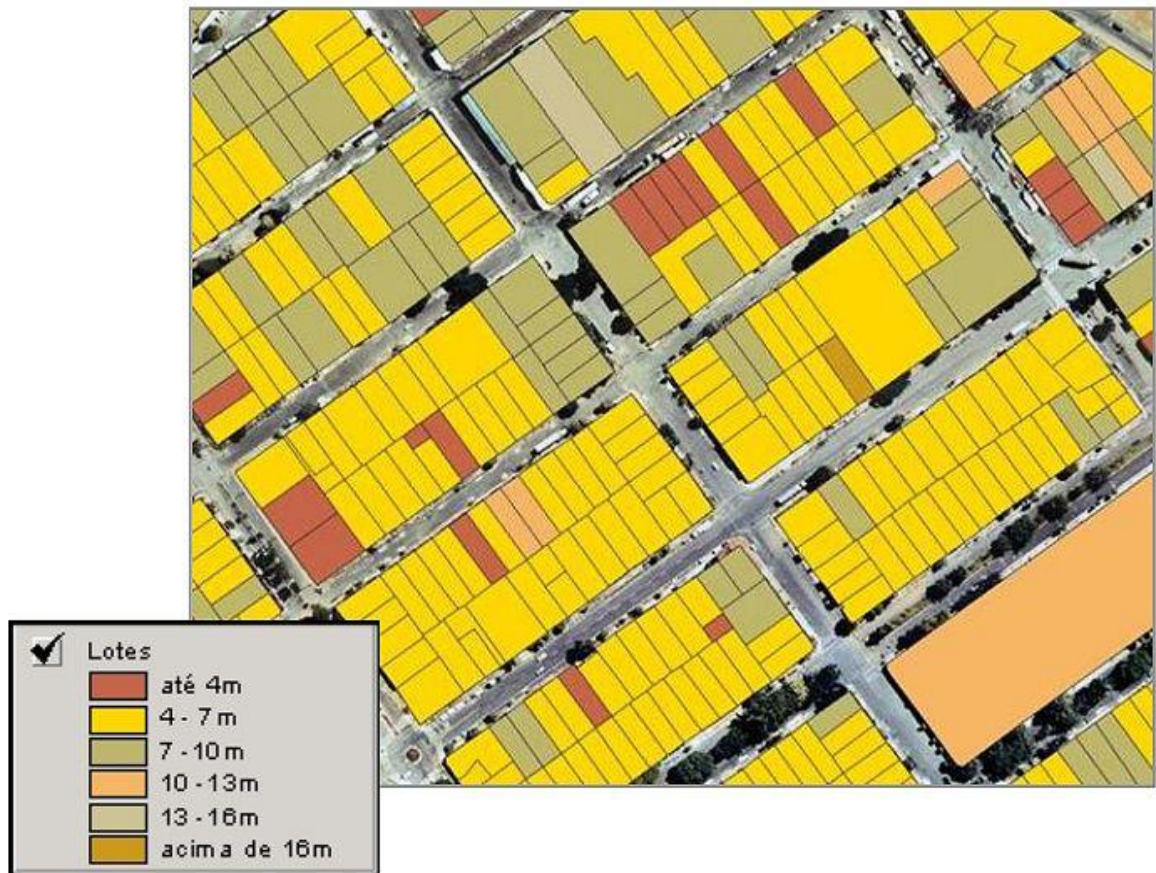


Figura 12: Mapa das classes de alturas dos lotes para detecção de construções, gerado a partir de dados altimétricos obtidos por perfilamento LASER.

#### 4. Referencias Bibliográficas

- BERTIN, J. **A neográfica e o tratamento gráfico da informação**. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná, 1986.
- BORDEN, D. DENT. **Principles of Thematic Map Design**. Stone Mountain, Georgia, Estados Unidos. 1983.
- DENT, B.D. **Principles of Thematic Map Design**. McGraw-Hill. 1999.
- DUARTE, P. A. **Cartografia Temática**. UFSC, 1991. FORREST & CASTNER. **The Design and Perception of Point Symbols for Tourist Map**. The Cartographic Journal, 22, Estados Unidos. 1985.
- GREEN, D.R. **Wherefore art thou cartographer? Your GIS needs you!** In: Congresso da Associação Cartográfica Internacional – ICA, 16., Colônia, Alemanha, Maio 1993.
- GONZALES, R.C.;WOODS R.E., **Processamento de Imagens Digitais**, Editora Edgard Blücher LTDA, 2000 .pp 156-176
- KEATES, J.S. **Cartographic Design and Production**. Cong Man Scientific & Technical, 2 New York, Estados Unidos. 1989.
- MAC EACHEREN, A.M. **Some truth with maps: a primer on symbolization & designer**. Washington, D.C.: Association of American Geographer, 1994.
- ROBBI, C. **Sistema para visualização de informações cartográficas para planejamento urbano**. São José dos Campos. 369p. Tese de Doutorado em Computação Aplicada - INPE, 2000.
- SLOCUM, T.A. **Thematic Cartography and Visualization**. Prince Hall, 2 Nova Jersey, Estados Unidos. 1999.
- WEIBEL, R.; BUTTENFIELD, B.P. Map design for geographic information systems. **International Journal of Geographic Information Systems**, vol. 6, 1992.

**Denise Rodbard Falat** ([denise@esteio.com.br](mailto:denise@esteio.com.br)) é Engenheira Cartógrafa (UFPR), mestranda em Ciências Geodésicas (UFPR) e atua na Coordenação de Serviços da Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A.

**Silvia M. Paoletto Bonatto** ([silvia@esteio.com.br](mailto:silvia@esteio.com.br)) é Engenheira Cartógrafa (UFPR) e atua como chefe do Dep. de Serviços Especiais e Controle de Qualidade da Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A.