

Modelos de Generalização cartográfica em SIG

Profa. Mariane Alves Dal Santo ¹
Profa. Dr. Carlos Loch ²
Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveria ³

¹UFSC - Depto. de Engenharia Civil
88040-970 Florianópolis SC
marianedalsanto@udesc.br

²UFSC - Depto. de Engenharia Civil
88040-970 Florianópolis SC
loch@ecv.ufsc.br

³UFSC - Depto. de Engenharia Civil
88040-970 Florianópolis SC
chicoliver@yahoo.com.br

Resumo: O campo da generalização cartográfica é uma área de pesquisa muito complexa, e apesar dos vários estudos e modelos criados ainda não foi completamente desmistificada, principalmente quando se aborda a questão da sua utilização em meio digital. No entanto, a generalização se tornou um componente indispensável nos sistemas SIG atuais onde, para implementar as regras e passos o desafio é desenvolver algoritmos que imitem a visão, decisão, e ação humanas. Alguns algoritmos simples são baseados em modelos matemáticos, mas algoritmos mais avançados levam em conta as características das feições como relações de espaço e padrões. Desta forma, este artigo desenvolve um estudo sobre os conceitos básicos e as metodologias de generalização cartográfica, onde modelos de generalização serão apresentados e avaliados através de diferentes critérios. Entre eles, como os dados em geral são armazenados, a efetividade das operações de recuperação no processo de generalização e se os modelos possuem restrições na forma como os dados podem ser acessados e usados.

Palavras chaves: Sistemas de Informação Geográfica, Generalização Cartográfica, Banco de Dados Geográficos.

Abstract: The cartographic generalization is a very complex area, although some studies and developed mathematical models have been done, these studies still were not demystified, mainly when the questions considering digital way. However, generalization has become an indispensable component of today's GIS systems where, to implement the rules and steps, the challenge is to develop algorithms that mimic human vision, decision, and action. Some simple algorithms are based on mathematical models, but more advanced algorithms take into account the characteristics of features such as spatial relationships and patterns. By this way, this paper develops a study on the basic concepts and methodologies of cartographic generalization, where generalization models is presented and evaluated through different criteria. So, how the data in general are stored, the effectiveness of operations for recovery data in the process of generalization, and if the models have restrictions in the way of the data can be get and used.

Keywords: Geographic Information System, Cartographic Generalization, Geographic Databases.

1 INTRODUÇÃO

Vários autores têm dedicado parte de suas contribuições ao estudo da generalização cartográfica. Segundo JOÃO (1998, p.1), Generalização é uma característica inerente a todo dado geográfico. Todos os mapas, tanto os digitais como os analógicos, são representações generalizadas da realidade, e quanto mais generalizado é o mapa, mais longe da realidade ele se encontra.

Campbell (2001), destaca que a generalização é influenciada pelo propósito ao qual o mapa é designado. Dois mapas de uma mesma área podem ter vários significados neste contexto, mesmo que eles tenham a mesma escala. Por exemplo: um mapa de rodovias enfatiza o sistema de vias, possivelmente incluindo o nome das localidades, o tipo de superfície e o número ou nome de cada estrada. Outras informações como as feições topográficas, podem estar presentes de forma geral ou não estarem presentes. Por outro lado, um mapa topográfico, enfatiza as características da superfície, usando curvas de nível e a rede de drenagem em detalhe. Este mapa, no entanto não inclui informações detalhadas do sistema rodoviário. Ambos os mapas são considerados válidos, sua diferença é simplesmente a reflexão de diferentes propósitos.

Segundo Keates (1989) o mapa é uma representação reduzida da superfície topográfica, e todos os outros fenômenos são mostrados em relação a esta base, e a escala do mapa em grande parte determina a importância da informação que pode ser apresentada. A generalização cartográfica é um processo de abstração da informação que depende da escala, pois determina o espaço disponível para a representação dos símbolos no mapa. A seleção das informações importantes em uma base de dados deve resultar em uma representação clara e informativa do fenômeno geográfico. A redução de escala é acompanhada pela redução dos detalhes de representação de objetos individuais, e ao mesmo tempo de exagero ou realce desses objetos para torná-los distinguíveis. A generalização toma lugar no contexto do projeto do mapa ao reunir as necessidades do usuário.

Dent (1995) ao abordar o assunto, divide-o em abstração e generalização cartográfica. Para o autor abstração cartográfica é a parte do mapeamento onde o cartógrafo transforma dados em mapas e seleciona e organiza a informação necessária para desenvolver no usuário o entendimento da sua concepção.

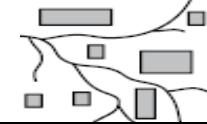
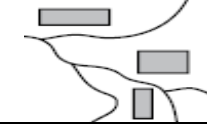


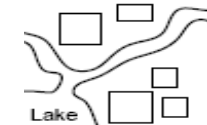
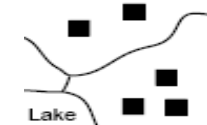



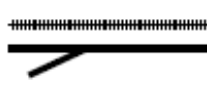




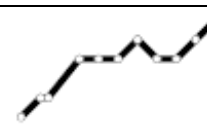
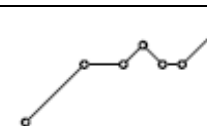
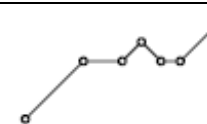
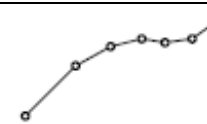
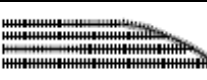
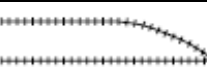


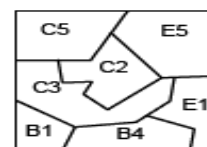
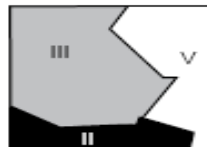
Segundo Robinson et al. (1984), generalização é um processo que leva à redução de detalhe de determinado objeto geográfico, de forma que a sua essência seja mantida após as variadas reduções, sendo seu objetivo a maior precisão possível em função da escala do mapa, adaptação geométrica dos elementos do mapa de forma a conseguir-se uma boa capacidade informativa, uma boa caracterização (geométrica) dos elementos de um mapa, bem como uma coerência nas cores e formas utilizadas em relação aos elementos geográficos representados, boa legibilidade e clareza e ainda um equilíbrio gráfico entre todos os elementos.

Autores como Kraak e Ormeling (1996), dividem a generalização em duas classes: a generalização gráfica e a generalização conceitual. A generalização conceitual está ligada a temas qualitativos e requer o conhecimento do conteúdo do mapa, ou o significado semântico do objeto a ser mapeado. (Müller et al., 1995). Neste caso existe uma dependência da classificação temática, resultando numa estrutura diferente de classes e de legenda. Já, a generalização gráfica está ligada aos componentes geométricos dos dados espaciais e a execução do processo não afeta a simbologia ou a legenda do mapa.

2 O PROCESSO DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRAFICA

Segundo McMaster e Shea apud Slocum (2005), o processo de generalização começa com análise da qualidade espacial dos dados fonte. Se o resultado desta análise for satisfatório, começa o processo de pré-seleção, onde serão selecionadas aquelas características do banco de dados que serão incluídos no mapa final. A pré-seleção depende, também da escala e do propósito do mapa. Após a pré-seleção dos dados começam os processos de operação das transformações. (Quadro 1) Divididos em Operadores de transformação espacial e operadores de transformação dos atributos.

Quadro 1: Principais operadores de Generalização (modificado de Slocum, 2005)

Operadores de Transformação Espacial	Mapa Original	Mapa Generalizado
Eliminação – Eliminação seletiva de características		
Amalgamação – agrupamento de áreas		
Colapso – redução de uma dimensão ou a representação de sua extensão de espaço		
Exagero – aumento da extensão de espaço de uma característica com o propósito de dar ênfase e legibilidade		
Deslocamento – detecção de características que se conflitam e afastamento das feições		
Agregação – combinação de características com íntima proximidade ou características adjacentes formando uma nova área		
Tipificação (Refinamento) – redução de característica de densidade ou do nível de detalhe		
Simplificação – remoção de detalhes desnecessários como curvas e flutuações de uma linha ou um limite de área sem destruir sua forma essencial.		
Suavização – redução de ângulos nos seguimentos de linhas.		
Fusão – agrupamento de linhas		
Realce – aumento das características para melhorar sua mensagem.		
Operadores de Transformação do Atributo	Mapa Original	Mapa Generalizado
Classificação e Simbolização – agrupamento de características com semelhança geográfica criando um novo atributo e simbologia		

Na tentativa de criar um modelo conceitual compreensivo do processo de generalização, McMaster e Shea (1992) identificaram três componentes significantes:

Os objetivos teóricos, ou porque generalizar; a avaliação cartométrica, ou quando generalizar; e as operações fundamentais, ou como generalizar. Este processo pode ser visualizado na Figura 1, que apresenta um organograma com as subdivisões de cada etapa.

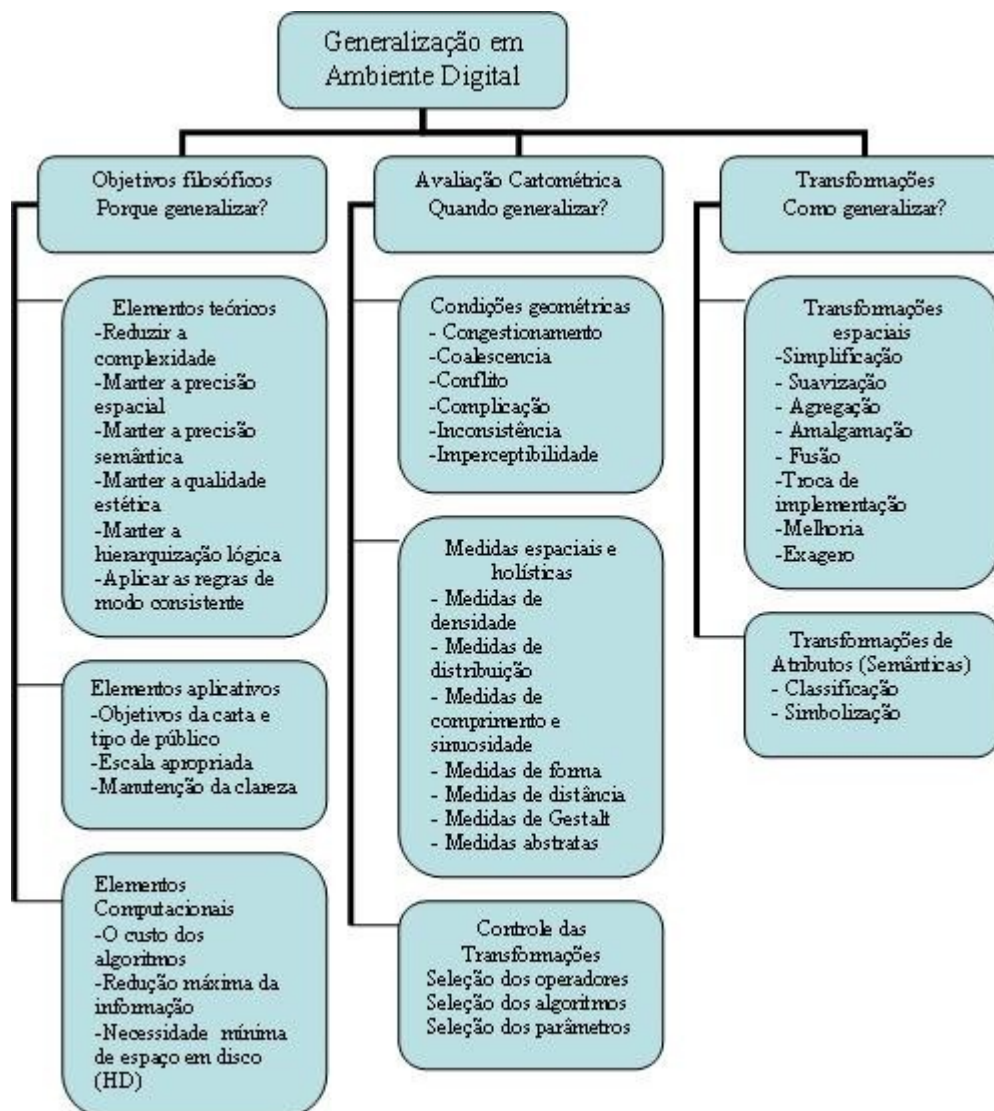


Figura 1

Para os autores, o primeiro componente do processo de generalização é a definição dos objetivos teóricos, o seja, “porque generalizar”. Os principais objetivos teóricos da generalização são a manutenção espacial e a qualidade da acurácia dos dados.

A acurácia espacial está de acordo, primeiramente, com a variação geométrica que necessariamente tem lugar na generalização.

Por exemplo, em simplificação, pares de coordenadas são delatadas da feição, criando erros na variação da localização geométrica. O mesmo problema ocorre com o deslocamento de feições, quando duas feições são arrastadas em separado pode ocorrer uma colisão gráfica.

A questão neste processo é minimizar esta variação e tentar manter a melhor acurácia espacial possível. A acurácia do atributo está de acordo com o objetivo do mapeamento, ou com a informação estatística como a densidade de população ou uso da terra. Por exemplo, na classificação, a componente chave da

generalização, muitas vezes degrada a acurácia original do dado através da agregação.

O segundo componente é a avaliação cartométrica, onde é necessário definir “quando a generalização é requerida” a fim de identificar as condições específicas onde a generalização é exigida. Embora muitas condições importantes possam ser identificadas, seis condições fundamentais incluem (MCMASTER e SHEA, 1992):

1. Congestionamento
2. Coalescência
3. Conflito
4. Complexidade
5. Inconsistência
6. Imperceptibilidade

Como explanado pelos autores, congestionamentos referem-se ao problema quando, numa redução de escala, muitos objetos são comprimidos num espaço muito pequeno, resultando num apinhamento devido a alta densidade da feição. Congestionamentos significantes resultam em diminuição da comunicação, por exemplo, quando muitos edifícios estão muito próximos.

Coalescência refere-se à condição onde feições graficamente colidem quando a escala muda. Esta condição requer a implementação da operação de deslocamento.

A condição de conflito resulta quando, devido a generalização, uma inconsistência entre ou no meio de feições ocorre. Por exemplo, se generalização da linha de costa eliminou uma baía com uma cidade localizada nela, a cidade ou a linha de costa tem de ser movidas para assegurar que a área urbana continuará a ser representada. Assim conflitos espaciais são ambos difíceis de detectar e corrigir.

A restrição de complexidade é dependente de uma condição específica que existe num espaço definido. Um exemplo é uma linha digital que muda de complexidade de uma parte para a outra, assim como a linha de costa que passa de muito suave a muito ondulada.

Apesar de que muitos problemas em generalização requerem o desenvolvimento e implementação de medidas matemáticas, estatísticas ou geométricas, McMaster e Shea (1992) apresentam uma classificação geral de medidas incluindo as seguintes classes: densidade, distribuição, comprimento e sinuosidade, forma, distância e Gestalt.

Medidas de densidade são usadas para avaliar relacionamentos de multi-feições, e podem incluir valores métricos como o número do ponto, linha, ou área de feição por unidade de área; densidade média dos pontos, linhas ou áreas; e o número e localização do centróide do ponto, linha ou área.

Medidas de distribuição são usadas para avaliar a configuração espacial das feições do mapa. Por exemplo, medidas de dispersão, casualidade e agrupamento dos pontos. Feições lineares podem ser avaliadas por seu padrão (desenho) – um exemplo pode ser o cálculo da distribuição de uma rede de drenagem baseado no número da primeira, segunda, terceira ordem dos canais, ou se padrão é dendrítico ou treliça. De forma similar, feições de área podem ser avaliadas por sua distribuição intrínseca, assim como a configuração espacial de uma série de ilhas.

Medidas de comprimento e sinuosidade são muitas vezes empregadas a simples linhas ou áreas de limite assim como o cálculo do comprimento da rede de drenagem. Alguns exemplos de medidas de comprimento incluem o número total de par de coordenadas, comprimento total e o número médio de coordenadas ou desvio padrão de coordenadas por polegada (metros). Medidas de sinuosidade podem incluir mudança angular total, mudança média angular por ângulo, soma de ângulo positivo ou negativo, e o número total de cursos positivos e negativos. Uma medição comum de sinuosidade envolve calcular a angularidade individual entre seguimentos, freqüentemente notada como de modo positivo ou negativo. Outras medidas de sinuosidade acumulam os seguimentos curvilíneos, definidos por curvas ou arcos em ângulos positivos ou negativos. Ainda outras medidas, computam a linha de tendência ao longo das curvas para criar uma linha média de tendência. Adicionalmente, medidas específicas para classes podem ser designadas em vários domínios do conhecimento, as vezes medidas morfométricas comuns compiladas para geografia física, hidrologia e geologia.

Medidas de forma são comumente aplicadas na literatura geográfica para medir a forma dos objetos, e são muito usadas na determinação de uma área que pode ser apresentada numa nova escala. Em geral, os

componentes mais importantes da forma são o total comprimento do polígono e a eficiência ou sinuosidade de seu limite, mas muitas medidas podem ser usadas: geometria do ponto, linha ou área; perímetro da área; centróide da linha ou área; variações de X e Y na área; covariância de X e Y na área, desvio médio de X e Y na área. Um das melhores aplicações de medida de área é o método da linha radial, onde se calcula o comprimento de um número de radiais (o número de radiais é previamente definido) do centróide do polígono para as extremidades do limite. Estes comprimentos acumulados são comparados então ao comprimento da forma mais regular – o círculo. O maior valor indexado, a maior forma varia com o círculo. Às vezes o método pode ser aplicado a uma série de polígonos para avaliar a complexidade básica e a necessidade de generalização. Outra medida comumente usada computa o relacionamento entre a área e o perímetro dos polígonos.

Medidas de distância envolvem computar a distância entre as formas geométricas básicas - pontos, linhas e áreas. Distancias entre cada uma destas formas podem ser avaliadas por exame da menor distancia perpendicular ou menor distância euclidiana entre cada forma. No caso de duas linhas geométricas existem dois cálculos diferentes de distância: 1) linha a linha; 2) linha-buffer a linha-buffer. Por exemplo, mostrar uma simples linha reta e a linha de buffer, que é eqüidistante da própria linha. Assim, buffers são comumente usados em SIG para medir a proximidade de feições. Medidas de distância relacionadas com buffers são cruciais para muitas operações fundamentais de generalização, por exemplo, quando as escalas são reduzidas as feições ou seus buffers podem entrar em conflito.

Medidas de Gestalt – são baseadas na teoria de Gestalt, que ajuda a indicar características perceptuais das feições descritas através de um isomorfismo – que é, a relação estrutural que existe entre um estímulo original e a expressão criada. Exemplos comuns deste relacionamento incluem fechamento, continuação, proximidade e similaridade. Embora a existência destas características serem documentadas, poucas técnicas foram desenvolvidas para identificá-las com precisão.

Neste modelo, o terceiro e último componente são as operações fundamentais ou “como generalizar”. Este componente é o responsável pela execução do processo e generalização cartográfica, através de transformações espaciais e de atributos, submetidas aos dados digitais. Em muitos casos elas não são independentes existindo um relacionamento entre as transformações. As transformações espaciais são realizadas pelos operadores que alteram a representação dos dados digitais do ponto de vista geográfico ou topológico. Foram identificados dez operadores: simplificação, suavização, agregação, amalgamação, união, conversão de tipo, refinamento, exagero, realce e deslocamento. As transformações de atributo manipulam as características secundárias dos elementos. Duas transformações de atributos são identificadas: classificação e simbolização.

3 GENERALIZAÇÃO UTILIZANDO SOFTWARE SIG

Segundo João (1998), no contexto da cartografia digital a maneira como a generalização afeta as propriedades estatísticas e geométricas dos dados espaciais é fundamental para os usuários de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Os SIG, são sistemas que correlacionam a totalidade da informação, obtida da cartografia técnica e temática, e desenvolvem a partir da sua elaboração racional e combinação mais sofisticada, profundos conhecimentos, para o estudo e gestão territorial. Além disso, os SIG vieram alterar radicalmente os conceitos cartográficos ao resolverem a condicionante básica da cartografia tradicional e impressa: a forma estática de elaboração e a apresentação dos dados, oriundos da mudança de escala dos mapas.

Usuários de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), possuem diferentes necessidades quanto a qualidade, quantidade e ao tipo de informação armazenada. Estas necessidades criam certas restrições, ou limitações, na representação da informação espacial e na apresentação dos dados.

Segundo D'Alge (2005, p. 6-1), A razão principal da relação interdisciplinar entre a Cartografia e o Geoprocessamento é o espaço geográfico. A Cartografia preocupa-se em apresentar um modelo de representação de dados para os processos que ocorrem no espaço geográfico. Geoprocessamento representa a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais, fornecidas pelos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), para tratar os processos que ocorrem no espaço geográfico, ou seja, a informação geográfica. Isto estabelece de forma clara a relação interdisciplinar entre Cartografia e Geoprocessamento.

Neste contexto, a generalização cartográfica digital, se tornou uma preocupação crescente quando se utiliza Sistemas de Informação Geográfica para a geração de bancos de dados geográficos e mapas. Ainda segundo o autor, com o advento da tecnologia de SIG, a generalização passou a incorporar também a noção de modelagem, que envolve a derivação de uma base de dados menos complexa para atender a uma certa finalidade.

Como bancos de dados geográficos são constantemente construídos e atualizados, as necessidades por automatização da capacidade de generalização para produção de resultados multi-propósito está em constante crescimento. Desta forma, o campo de estudos da generalização cartográfica estendeu-se às aplicações especializadas em SIG. Esforços notáveis foram feitos pelos investigadores e alguns desenvolvedores de software para definir os problemas digitais da automação da generalização e desenvolver soluções, através da implantação de ferramentas e algoritmos que complementem e satisfaçam as necessidades da generalização digital.

Em uma aplicação em SIG, a divisão da área de estudo em folhas de mapa não é desejável, pois é necessário ter a capacidade de visualizar ou produzir mapas a partir de qualquer parte da região, independente das fronteiras entre folhas. As exigências de cobertura contínua (não fracionada em folhas) e o grande detalhamento têm conseqüências diretas sobre a interatividade. Quando estão acessando informações geográficas através de um SIG, os usuários se libertam da camisa de força imposta pelas escalas e convenções cartográficas fixas. Passam a poder navegar interativamente através do mapa digital, utilizando o recurso de zoom, visualizando informações na tela em escalas variadas.

Desta forma, em um ambiente SIG, é importante poder visualizar a área de estudo em níveis variáveis de detalhe. Isto significa que o banco de dados geográfico tem que conter todas as formas de representação que precisem ser empregadas para cada fenômeno do mundo real, através de toda uma gama de escalas. O SIG deve ser capaz de decidir qual forma utilizar, de acordo com parâmetros de visualização, respeitando o tipo de aplicação pretendida pelo usuário para efetivamente produzir visões menos detalhadas a partir de um conjunto de dados mais detalhados em escalas variadas.

Comparado a cartografia analógica, no domínio digital a resolução espacial da base de dados parece ter uma dimensão mais relevante que a escala, de modo que a resolução espacial é, tal e qual a escala o é no domínio analógico, um dos elementos de controle para a generalização. Pode-se dizer que a modelagem em níveis de abstração diferentes depende da resolução espacial. Na verdade, a escala também se torna um elemento de controle quando há preocupação com visualização dos dados digitais na tela do computador. Neste caso, exatamente como nos mapas em papel, o objetivo é fazer a comunicação visual dos dados de forma eficiente.

No meio digital o processo de generalização deve ser entendido como a seleção e a representação simplificada de objetos através de transformações espaciais e de atributos. Estas operações se processam diretamente na construção e na derivação da base de dados. Dentro de um SIG a generalização ocorre através de uma seqüência de transformações que aumentam a robustez e otimização computacional, e auxiliam na resposta visual necessária a comunicação cartográfica.

Segundo Davis (2000), a generalização em SIG não é tratada somente como tarefa cartográfica. Atualmente os cartógrafos trabalham com dois tipos de informação: o banco de dados geográfico, e os mapas derivados deste banco de dados. A partir desta idéia foram criados dois termos para distinguir os tipos de generalização digital: Generalização do banco de dados e Generalização cartográfica. Generalização do Banco de dados é a tarefa de extrair informações de um dado fonte existente e criar novos bancos de dados ou dados com uma menor quantidade de detalhes para análise ou aplicação em redução de escalas. Generalização cartográfica é a produção de produtos gráficos ou visualização do banco de dados, como mapas ou exibições em tela de computador, normalmente, utilizando, também, uma escala reduzida.

Embora ambos trabalhem com a redução da complexidade dos dados e esta redução da complexidade deva levar em conta uma certa lógica que não comprometa a exatidão de posicionamento e a exatidão de atributos dos dados, a generalização do banco de dados se focaliza mais no conteúdo, perfeição e precisão dos dados derivados, enquanto que a generalização cartográfica se preocupa mais com a questão da resolução do mapa, conflito de símbolos, qualidade visual e legibilidade.

A empresa norte-americana Environmental Systems Research Institute Inc. – ESRI (1996) define Sistemas de Informações Geográficas como sendo uma coleção de hardware, software, dados geográficos e pessoal, com o propósito de capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e visualizar eficientemente todas as formas de informação geograficamente referenciadas.

Em essência um SIG é um software, uma tecnologia que utilizando recursos de computação gráfica e processamento digital de imagens, associa informações geográficas a bancos de dados convencionais. Assim, é possível recuperar informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial.

A maior vantagem destes sistemas é o seu ambiente que proporciona a integração e manipulação dos dados espaciais e seus atributos com o objetivo de se obter soluções rápidas e precisas para problemas relacionados ao comportamento espacial dos dados em análises ou refinamentos sucessivos de análises por um processo interativo.

A complexidade do processo de generalização tem motivado muitos pesquisadores a desenvolver conceitos e técnicas para incrementar as aplicações da generalização em SIG. Estas pesquisas, associadas ao crescimento da indústria de hardware e software, auxiliam a geração de sistemas cada vez mais sofisticados e especializados.

Atualmente, exemplos importantes destes sistemas são: O software **ArcGIS/ArcInfo**, desenvolvido pela ESRI, o **Digital Cartographic Studio**, desenvolvido Pela INTEGRAPH CORPORATION e o **Clarity**, desenvolvido pela Laser-Scan, líder em tecnologias da generalização há muitos anos. O Clarity foi desenvolvido a partir do projeto AGENT (tecnologia de generalização automatizada) que foi financiada pela Comissão Européia (ESPRIT 24939). O desenvolvimento do Clarity é dirigido pelo projeto MAGNET.

Nesta pesquisa analisa-se o Software **ArcGIS/ArcInfo da ESRI**, que contem uma gama de ferramentas específicas de geoprocessamento para transformar um banco de dados espaciais incluindo ferramentas de generalização, seleção de características, conversão de dados (raster/vetor), análise espacial, e assim por diante. Porém, são necessárias ferramentas próprias para lidar com as tarefas específicas da generalização: ferramentas para comprimir dados, reduzir o nível de detalhe considerando os diferentes tipos de informação e que satisfaçam as exigências para a generalização do banco de dados e para a generalização cartográfica. Neste software, as ferramentas de geoprocessamento e as ferramentas de generalização são usadas em conjunto para resolver problemas de generalização mais complexos. - ESRI (2000).

Nos últimos anos, ferramentas de generalização foram projetadas para os modelos de dados e a tecnologia de software do sistema ArcInfo. Esta tecnologia está focalizada nas funções de generalização para a produção de grandes a médias escalas. As funções de generalização do software procuram atender a demanda da generalização do banco de dados espaciais e também, acompanham a tendência dos operadores criados na cartografia tradicional.

4 A AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE GENERALIZAÇÃO

O processo de generalização pode acarretar efeitos imprevisíveis nas qualidades métricas, topológicas e semânticas dos dados. João (1998), demonstra que o comprimento das feições normalmente diminuem, mas também podem aumentar, com a redução de escala. Além disso, salienta que estas mudanças (lateral, angular, etc.) afetam as análises em ambiente SIG, que envolvem mapeamentos em diferentes escalas.

Segundo Bard (2004), o processo de avaliação dos dados generalizados passa por uma avaliação visual do resultado, uma avaliação das mudanças nas primitivas geométricas (linha, superfície) e uma avaliação automática integrada final.

Tradicionalmente, os cartógrafos avaliavam visualmente o resultado dos seus trabalhos de generalização de acordo com critérios que lhes são claros e de acordo com a sua experiência. Este método, mesmo com a automatização do processo de generalização, permite ao cartógrafo controlar a qualidade do mapa através de alguns pontos de controle bem escolhidos.

Semanticamente, este controle pode ser feito sobre todos os elementos do mapa, mas, principalmente, sobre a toponímia, os sinais pontuais, as linhas, as superfícies (zonas). A avaliação visual é a mais simples mas pode tornar-se dispendiosa se for executada de forma exaustiva. Contudo, continua a ser subjetiva e ligada à apreciação do cartógrafo.

Quanto a avaliação das primitivas geométricas, as linhas são, sem dúvida, os objetos avaliação mais importantes. Os objetos lineares representam 80% das feições de um mapa: estradas, rios, curvas de

nível, vias férreas, limites, etc.

Segundo Plazanet apud Bard (2004, p.40), a avaliação da qualidade da generalização de uma linha pode ser decomposta em cinco tipos:

- Regras espaciais: são relativas a simbologia da feição (por exemplo, conflitos, como superposição de símbolos) e a topologia (por exemplo, pontos duplos, intersecções de linhas);
- Quantidade de informação: esta medida avalia a taxa de compressão dos dados. Por exemplo, para simplificar a forma de uma linha, a generalização suprime diversos pontos. A quantidade de informação suprimida é medida pela quantidade de pontos eliminados;
- Precisão geométrica: esta medida tem por objetivo comparar as posições relativas de duas linhas por comparação direta das geometrias;
- Conservação das propriedades geométricas: as feições lineares têm certas propriedades implícitas. Distingue-se primeiro o que é natural (rios) e depois o que é antropizado (vias de comunicações).
- Manutenção das formas: o objetivo é avaliar o grau de degradação da sinuosidade da linha ou a forma de uma curva.

A avaliação da qualidade da generalização de superfícies areais são menos numerosas e mais recentes que as feições lineares. Distinguem-se geralmente dois tipos de feições de superfície: as construídas e as de ocupação e uso do solo. As problemáticas são diferenciadas porque, no caso de construções as feições são, geralmente, separadas e no caso da ocupação e uso do solo, as feições são adjacentes e, normalmente, ligadas topologicamente.

Segundo Regnauld apud Bard (2004, p.41), o processo de avaliação da generalização para superfícies construídas se desenvolve a partir das seguintes premissas:

- Características das feições: que representa a dimensão média das feições, o número de exceções em relação à esta média e a taxa de exaustividade (relação entre o número de construções à escala final e inicial);
- Distribuição das feições: ou seja, que feições devem ser conservadas (alinhamentos, regularidades);
- Densidade das feições: determinação do índice de variação da superfície construída (relação entre a área da feição e a área total);

Peter apud Bard (2004, p.41), propõe uma outra série de medidas de avaliação da generalização de polígonos para a representação da ocupação e uso do solo:

- Dimensão: um dos objetivos da generalização é tornar as feições legíveis quando apresentadas na escala final. Para que isto ocorra, uma dimensão mínima deve ser calculada e a feição generalizada deve estar dentro deste valor. O segundo aspecto ligado à dimensão é a ordem do tamanho das feições. A generalização não deve aumentar uma feição para além do seu limiar, em relação as outras feições do conjunto.
- Proximidade: como para a dimensão, uma distância mínima entre as feições deve ser respeitada para que se possa diferenciá-las.
- Forma: a generalização simplifica a forma das feições. O autor propõe comparar a medida da forma do polígono generalizado com um círculo do mesmo tamanho da feição original;
- Respeito a topologia: a generalização deve conservar as relações topológicas da feição (adjacência, inclusão etc.);
- Densidade e distribuição das superfícies: estas medidas são relativizadas ao conjunto dos polígonos antes e após de generalização;
- A detecção de estruturas (por exemplo, alinhamento de lagos);
- A importância semântica do polígono avaliado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A generalização de informação espacializada tem sido há muito tempo uma tarefa manual de cartógrafos experientes, envolvendo muitas horas de análise, trabalho e muito conhecimento empírico, sendo aceita, de uma forma geral entre a comunidade cartográfica, a necessidade deste processo ser executado de forma automática, por intermédio de meios informatizados, de forma que se consiga resultados mais rápidos, uniformes e de custos significativamente mais reduzidos.

Os Sistemas de Informação Geografia – SIG parecem ter as características necessárias, tendo em vista a acima referida automatização em ambiente digital. O problema base que emerge para a utilização efetiva destes sistemas é, por um lado, a necessidade do conhecimento empírico detido pelos cartógrafos e por

outro, a formação do próprio cartógrafo nas modernas tecnologias. Então, procurando unir estes dois conhecimentos, de maneira que sejam formalizados em regras devidamente elaboradas, desenvolver-se-á uma metodologia que seja compatível com ambos os conhecimentos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARD, Sylvain. **Méthode d'évaluation de la qualité de données géographiques généralisées Application aux données urbaines**. 2004. 206 p. Tese de Doutorado em Informática. Universidade de Paris, Janeiro de 2004.

CAMPBELL, J.C. **Map Use & Analysis**, 4.ed. McGraw-Hill, New York, 2001.

CLARITY TECHNICAL INFORMATION – **Map and Geodata Generalisation** - Laser-Scan -Cambridge Business Park, Cambridge CB4 0WZ, UK, www.laser-scan.com/ July 2003, 11pag – Acessado em 05/02/2005.

D'ALGE Júlio Cesar Lima, Inpe, **Cartografia para Geoprocessamento**, Pagina da Internet: <http://www.dpi.inpe.br>, Acessado em 04/04/2005

DAVIS, C. A. **Múltiplas Representações em Sistemas de Informações Geográficos**. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Ciências da Computação, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, MG, 2000.

DENT, Borden D. **Cartography: thematic map design**. 4th. ed. Dubuque: WCB, c1995.434p.

ESRI, Map **Generalization in GIS: Practical Solutions with Workstation ArcInfo**. Software, technical paper. ArcOnline at <http://arconline.esri.com>. 2000. Acessado em 15/03/2005.

ESRI, Environmental Systems Research Institute, Inc. Arc View GIS, **The Geographic Information System for Everyone**, Using Arc View GIS. United States Of América, 1996.

JOÃO, Elsa Maria. **Causes and Consequences of Map Generalization**, Ed.Taylor & Francis Ltd, London,1998.

KEATES, J. S. **Cartographic design and production**. 2a Edição. Longman Scientific & Technical. New York, 1989.

KRAAK, M.J. & ORMELING, F. J. **Cartography Visualization of spatial data**. Addison Wesley Longman, Inglaterra, 1996.

MCMASTER, R. B. e SHEA, K. S. **Generalization in Digital Cartography**, Resource Publication in Geography. Washington, Association of American Geographers, 1992.

MÜLLER, Jean-Claude; LAGRANGE, Jean-Philippe; WEIBEL, Robert. **GIS and Generalization – Methodology and Praticce**, GISDATA1, European Science Fundation, Ian Masser and François Salgé Series Editors, Taylor & Francis, 1995.

ROBINSON, Arthur H. **Elements of cartography**. 5th. ed. New York: John Wiley & Sons, 1984.

SLOCUM, Terry A., MCMASTER, Robert B.; KESSLER, Fritz C.; HOWARD, Hugh H., **Thematic Cartography and Geographic Visualization**. CLARKE, Keith C. Series Editor. Prentice Hall Series in Geographic Information Science, Upper Saddle River, NJ, 2005.