



Revista Brasileira de Cartografia (2013) N<sup>o</sup> 65/6: 1167-1187  
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto  
ISSN: 1808-0936

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS PARA A PROPOSTA DE UM ÍNDICE DE INTERPRETABILIDADE EM IMAGENS

*Proposal of an Image Interpretability Index – Initial Considerations*

**Alexandre José Almeida Teixeira<sup>1,2</sup>; Rafael Silva de Barros<sup>2</sup>  
& Carla Bernadete Madureira Cruz<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE**  
**Diretoria de Geociências / Coordenação de Cartografia**  
Avenida Brasil, 15671 Parada de Lucas Rio de Janeiro - RJ, Brasil.  
alexandre.teixeira@ibge.gov.br

**<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ**  
**Instituto de Geociências / Departamento de Geografia**  
Avenida Athos da Silveira Ramos, 274 Bloco I Sala 12 Cidade Universitária - RJ, Brasil.  
{rafael.barros, cmad}@ufrj.br

*Recebido em 05 de Dezembro, 2012/Aceito em 03 de Maio, 2012*  
*Received on December 05, 2012/Accepted on May 03, 2012*

### RESUMO

A proposta desse trabalho é apresentar e discutir o conceito de interpretabilidade de imagens orbitais usadas para a produção de base cartográfica de referência. Nesse contexto, entende-se por interpretabilidade a *adequação de uma imagem para finalidade de interpretação, de forma que seu conteúdo permita a detecção e identificação de objetos sobre a superfície terrestre*. Apesar da evolução da automatização de processos para a extração de feições a partir de imagens, a análise visual de um intérprete ainda é necessária para se interpretar os elementos cartográficos e adequá-los às especificações técnicas. Em termos geométricos e de interpretação, busca-se detalhar mais o conhecimento sobre as questões que são determinantes para se definir que sensores são adequados para se atingir à exatidão geométrica e temática esperada para uma dada escala cartográfica. De forma geral, quando as imagens atendem a exigências de exatidão posicional para uma determinada escala, dificilmente oferecem condições satisfatórias para a extração de feições nessa mesma escala. Isto leva à reflexão de que as exatidões posicional e temática de imagens não indicam, necessariamente, uma mesma escala de análise. Além da avaliação da exatidão posicional de uma imagem, a possibilidade de gerar um índice de interpretabilidade pode auxiliar na escolha de insumos mais adequados para a produção cartográfica. Para finalizar, este trabalho esmiúça o conhecimento sobre questões centrais na definição de sensores mais apropriados para se alcançar a exatidão prevista para uma dada escala cartográfica.

**Palavras chaves:** Interpretabilidade, Extração de Feições Cartográficas, Exatidão Posicional, Exatidão Temática.

### ABSTRACT

The purpose of this study is to present and discuss the concept of interpretability of orbital images used in the production of a reference cartographic base. In this context, interpretability means the *suitability of an image for purposes of interpretation, in such a way that its content allows the detection and identification of objects on Earth's surface*. Despite the evolution of automated feature extraction from images, an interpreter's visual analysis is still needed to

interpret the cartographic elements and adapt them to technical specifications. In geometric and interpretation terms, it is important to detail the knowledge on issues that are crucial to define which sensors are suitable to reach the expected geometric and thematic accuracy for a given cartographic scale. In general, when the images meet the requirements for positional accuracy for a given scale, they rarely offer satisfactory conditions for feature extraction on the same scale. This suggests that the positional and thematic accuracies do not necessarily indicate the same analysis scale. Added to the assessment of an image positional accuracy, the possibility of generating an interpretability index can help in choosing the most appropriate inputs for cartographic production. Finally, this paper deeply analyzes the knowledge on key issues in the definition of the most appropriate sensors to reach the expected accuracy for a given cartographic scale.

**Keywords:** Interpretability, Cartographic Feature Extraction, Positional Accuracy, Thematic Accuracy

## 1. QUALIDADE E PADRONIZAÇÃO DO DADO CARTOGRÁFICO

Atualmente, a sociedade possui acesso a uma grande quantidade de dados e informações cartográficas, gerados tanto por instituições produtoras, em vários níveis governamentais, quanto pela comunidade em geral. Além disso, a multiplicidade de ferramentas geotecnológicas amplia o acesso a este tipo de conteúdo por uma variedade de usuários, muitos dos quais despreparados para uma utilização consciente e crítica, que auxilie na avaliação e solução de problemas relacionados à qualidade do dado.

Ao manipular e integrar dados gerados por diferentes produtores, o usuário pode encontrar sérias inconsistências, como as discrepâncias de caráter geométrico e de interpretação. Os erros de geometria podem estar associados a erros de posicionamento do dado e/ou compatibilização com os parâmetros cartográficos inerentes a essa propriedade, como os sistemas geodésicos, de projeção e de coordenadas. Por outro lado, os erros de interpretação podem estar associados à necessidade de correção dos atributos qualitativos e exatidão dos atributos quantitativos, ou seja, estão relacionados aos processos de classificação dos temas de um mapa e extração de feições cartográficas.

Além disso, mapeamentos relacionados à mesma temática podem apresentar legendas completamente diferentes, originando problemas de compatibilidade entre as classes. Essa situação é muito observada, por exemplo, em mapas de cobertura e uso da terra. Essa variedade de legendas e a necessidade de sistematizar as avaliações de erros nos dados levam a refletir sobre a adoção de padrões que sirvam de referência para a produção de dados.

Atualmente, existem iniciativas globais e regionais de padronização de dados geográficos,

tendo a organização denominada *Open GIS Consortium* (OGC) um papel centralizador nas tomadas de decisão. A OGC é um consórcio internacional, formado por fornecedores e usuários de geotecnologia, cujo objetivo principal é o desenvolvimento do mercado, através da interoperabilidade entre serviços e *softwares* comerciais de geoprocessamento. A OGC trabalha em parceria com a *International Organization for Standardization* (ISO), que corresponde a um conjunto de comitês de especialistas, divididos em grupos de trabalho, cujo objetivo é desenvolver especificações de controle de qualidade e relatórios de “Prática recomendada”. No caso dos dados geográficos, existem as especificações da família 19100, incorporadas por diversos países para a criação e implementação de suas infraestruturas de dados espaciais, inclusive no Brasil, através da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE).

Dentre todas essas especificações, vale ressaltar o documento 19113 da ISO, que trata de cinco princípios básicos de qualidade do dado geográfico (ISO 19113, 2003):

- Integridade ou completude: que envolve erros de omissão ou criação errônea de feições, atributos e relacionamentos.
- Consistência lógica: que abrange modelos com regras lógicas de estrutura de dados, atributos e relacionamentos. Esse princípio especifica se o dado está enquadrado em um modelo conceitual e topológico pré-definido. Ou seja, o objetivo é avaliar se uma feição atende ou não as regras determinadas pelo modelo de dados, como por exemplo, valores fora do domínio, ou relações topológicas não atendidas.
- Exatidão posicional: que envolve o tipo de exatidão alcançada no posicionamento do

dado. Abrange os erros absolutos, obtidos através da comparação com valores de referência no terreno, e relativos, sendo avaliados através do desvio padrão para verificar variações da acurácia interna.

- Exatidão temática: relacionada ao tipo de exatidão que ressalta os erros de classificação dos elementos e relacionamento envolvidos. Dois aspectos são observados: a correção de atributos qualitativos (ex.: feição associada a uma categoria de informação errada) e a exatidão dos valores quantitativos (ex.: avaliação de valores numéricos de uma determinada feição).
- Exatidão temporal: relacionada à medida temporal dos dados. Esse critério de avaliação da qualidade indica o tempo pelo qual o dado é considerado válido. Esse tipo de avaliação é mais usado para dados que apresentam uma maior dinâmica.

Considerando a própria definição da ISO de que o conceito de qualidade se refere ao grau em que um conjunto de características inerentes a um objeto atende aos requisitos, necessidades ou expectativas estabelecidas, geralmente implícitas ou obrigatórias, parte-se da ideia de que um dado geográfico com qualidade satisfatória é aquele que atende aos cinco princípios estabelecidos, considerando-se sua aplicação. Então, neste caso, a qualidade expressa o grau de aderência de um dado a padrões que atendem a um determinado uso.

Além da especificação ISO 19113, outro documento que trata de qualidade do dado é a ISO 19138, que propõe normatizar métodos de avaliação, ou seja, usar um conjunto de medidas que, sendo conhecidas por produtores e usuários da informação geográfica possam facilitar o entendimento e o uso adequando do dado. A proposta de normatização é estabelecer uma ou mais medidas que possibilitem conhecer detalhadamente as características do dado, em termos posicionais, lógicos, temáticos, temporais e de completude. Em todas essas avaliações, existem dois propósitos no conhecimento da qualidade do dado: a verificação de erros e a estimativa de incerteza.

Um exemplo de avaliação de qualidade do dado envolvendo a verificação de erros seria a análise de feições ausentes. Por alguma razão,

por exemplo, um intérprete pode ignorar a presença de uma rodovia em uma imagem e não extraí-la. Isso pode acontecer pelas limitações cognitivas do intérprete, pela desatenção ou porque na imagem a presença da rodovia não está nítida.

Outro exemplo no qual a qualidade do dado é avaliada como a estimativa da incerteza é a a matriz de confusão, elaborada com o objetivo de confrontar as classes do mapeamento gerado com dados de referência. Essa matriz possibilita a extração da exatidão por classe e global, além da determinação dos erros de omissão (subestimação) e comissão (superestimação). Através desses dados é possível também calcular o índice Kappa, muito usado na avaliação de dados temáticos.

Na implementação de normas e especificações, em diversos setores do conhecimento, são utilizados padrões que propiciam a compatibilização e a comparabilidade em nível nacional e, até mesmo, internacional. Por padrão entende-se uma base de comparação, algo que o consenso geral ou um determinado órgão oficial consagrou como um modelo aprovado (HOUAISS, 2001); ou aquilo que serve de base para avaliação de qualidade ou quantidade (HOLANDA, 2004). Os **padrões** de dados geográficos abrangem, por exemplo, sistemas de projeção, sistemas geodésicos, modelo de dados, metadados, qualidade de dados e transferência de dados.

Dessa forma, a Comissão Nacional de Cartografia estabelece que a definição de padrões garante que os dados possuam consistência para a sua incorporação a infraestrutura de dados espaciais (IDE). Considerando que novos dados estarão integrados espacialmente e semanticamente na INDE, a expectativa é que eles sejam consistentes, principalmente no que se refere à exatidão geométrica, lógica e temática.

No Brasil, em termos de padronização na avaliação da qualidade geométrica de produtos cartográficos, oficialmente é adotado o Decreto nº 89817, de 20 de junho de 1984, que estabelece o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC). Porém, com a mudança para o paradigma digital, há a necessidade de rever os critérios estabelecidos pelo PEC. Atualmente, observam-se esforços de revisão deste padrão para dados geoespaciais digitais, como bases cartográficas, modelos digitais de elevação, de superfície e do terreno.

Em 2006, a Comissão Nacional de Cartografia apresentou a Especificação Técnica para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV), que é uma iniciativa para padronizar as classes de mapeamento da produção cartográfica de referência no Brasil (CONCAR, 2007).

Tanto o PEC, quanto a ET-EDGV, representam tentativas de padronização na produção de dados geoespaciais que estão incorporadas à INDE, uma vez que atendem aos requisitos de qualidade das normas ISO. Enquanto o PEC aborda a questão da exatidão posicional, a ET-EDGV trata da consistência lógica.

E quanto à exatidão temática? O que se observa é que não existe iniciativa no Brasil para definir padronização estabelecendo indicadores de conformidade de classificação. Essa falta de definição talvez seja dificultada pela existência de inúmeras temáticas tais como hidrológicas, geológicas/geomorfológicas, biogeográficas e de cobertura vegetal e de uso e ocupação da terra.

No caso da cartografia de referência, existem as categorias de informação que contém as suas respectivas classes de mapeamento. E, no caso desse tipo de mapeamento, a exatidão temática está diretamente relacionada ao processo de interpretação das imagens para fins de extração de feições cartográficas. Estudo do IBGE (2008) indicou algumas dificuldades na interpretação de feições cartográficas na escala 1:250.000, usando imagens LANDSAT-7 e CBERS-2. Tais dificuldades estão relacionadas à classificação de rodovias, delimitação dos terrenos de inundação e linhas de transmissão. A partir desse estudo, destacou-se a necessidade de avaliações mais detalhadas sobre o potencial que as imagens de sensoriamento remoto orbital em geral podem oferecer à produção do mapeamento topográfico.

Recentemente, todas as especificações citadas que tratam do Controle de Qualidade (19113, 19114 e 19138) foram revisadas pelo Comitê Técnico da ISO. O objetivo foi contemplar em um único documento (19157) todas as observações referentes à qualidade de dados geográficos.

Uma das novidades do novo documento é a inserção do conceito de Usabilidade. Segundo a especificação proposta, o termo usabilidade pode

ser entendido como “*uma informação específica da qualidade de um dado, que indica a sua adequação para uma determinada aplicação*” (ISO 19157).

O objetivo do termo usabilidade é permitir ao usuário, seja especialista ou leigo, entender de forma clara a utilidade do dado, considerando os cinco princípios básicos de qualidade, geralmente mensurados e analisados por especialistas (INSPIRE, 2010). A usabilidade passa a ser mais um critério de qualidade, de forma a considerar todos os critérios anteriores e definir as aplicações possíveis.

No caso das imagens provenientes de sensores orbitais, uma das aplicações possíveis é a elaboração de bases cartográficas em diferentes escalas. E para atender às especificidades de extrações de feições para cada escala, é necessário considerar as diferentes particularidades das imagens para o processo de interpretação.

Considerando a importância das imagens e suas respectivas resoluções para a elaboração de mapeamentos, o objetivo geral desse estudo é discutir sobre o conceito de interpretabilidade em imagens orbitais e a sua contribuição para a aquisição de dados cartográficos.

Especificamente, objetiva-se:

- Apresentar o conceito de interpretabilidade e os critérios estabelecidos para sua aplicação.
- Apresentar os critérios envolvidos no processo de extração de feições.
- Refletir sobre uma proposta inicial sobre um índice de interpretabilidade em imagens voltado para a extração de feições contempladas no modelo EDGV.

## 2. INTERPRETABILIDADE

Analistas de imagens geralmente baseiam-se no comportamento espectral dos diferentes objetos presentes, definidos a partir da assinatura espectral dos alvos, seja através de uma análise visual ou no uso de algoritmos de classificação automática.

Trabalhando-se com análise visual ou automatizada, o fato é que o processo de interpretação de uma imagem não é uma tarefa fechada. Isto é, não se sabe de antemão, quais elementos e padrões irão aparecer. Diversos elementos naturais ou artificiais podem apresentar características espectrais diferentes entre si de acordo com a sua localização, declividade ou

sombreamento por exemplo.

Por isso, além dos tons de cinza e da cor, considerados como elementos de interpretação básicos, outros parâmetros mais complexos são necessários. Para Jensen (2009) as próprias tonalidades de cinza e a combinação de cores possuem arranjos espaciais específicos, como o tamanho, forma, textura, altura e padrão, correspondendo a elementos de interpretação mais complexos do que a análise de tons de cinza e cor.

A combinação desses elementos possibilita a criação de “chave de identificação” de diferentes objetos presentes na imagem. Novo (2010) cita um exemplo dessa estrutura desenvolvida para interpretar floresta, corpos d’água e plantas aquáticas em uma composição multitemporal de imagens do satélite RADARSAT, conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1: Chave de interpretação desenvolvida para imagens RADARSAT.

	Floresta	Água	Plantas aquáticas
Tom	Rosa	Azul escuro	Amarelo
Cor			Verde Marrom
Textura	Rugosa	Lisa	Lisa
Padrão	Dissecado	Dentrítico	Dentrítico
Localização	-	-	Acompanhando os vales
Forma	Irregular	Linear	Linear
Sombra	Perpendicular a fonte	-	-
Tamanho	-	-	Grandes bancos

Ocasionalmente, apenas essas chaves de interpretação, podem não ser suficientes para detecção e identificação de feições. Para uma extração ou classificação mais eficiente pode ser necessário associar parâmetros topográficos, de localização, organização e relacionamento entre os objetos entre si na imagem. Nesse nível, incluem-se o sítio, a situação e associação, considerados elementos de interpretação de ordem superior, ou seja, apresentam um caráter mais complexo em relação aos elementos de interpretação anteriores. Quando se realiza uma classificação de cobertura vegetal, por exemplo, é de se esperar que os manguezais estejam em

áreas próximas ao litoral, e presentes em áreas com topografia plana.

Essa necessidade de integrar e relacionar numerosos e diferentes tipos de dados (vetoriais, índices de vegetação, modelos digitais, imagens com múltiplas resoluções), levam aos usuários a possuírem um maior interesse em métodos estatísticos baseados em algoritmos não-paramétricos, como as aplicações baseados em redes neurais, cuja abordagem possibilita uma grande capacidade de lidar com as incertezas.

De qualquer forma, o uso de algoritmos paramétricos ainda são bastante disseminados na literatura. Alguns exemplos são as aplicações baseadas no algoritmo máxima verossimilhança. Nessa abordagem, se a hipótese assumida de uma distribuição normal para cada classe da área de treinamento está correta, então a classificação tem uma probabilidade mínima de erro e o algoritmo é uma escolha acertada (Paola & Schowengerdt, 1994).

Com o crescente volume de imagens e a preocupação na obtenção de melhores resultados em termos estatísticos, a ênfase tem sido no desenvolvimento de recursos de extração automatizados. No entanto, o uso de reconhecimento de padrões e de técnicas de processamento automático de imagem continua a ser insuficiente para algumas aplicações, nas quais a visão humana é imprescindível, principalmente nos casos nos quais estimativas de área são imprecisas e são necessários julgamentos sobre as propriedades do objeto na imagem.

O aspecto negativo da análise visual é o tempo ainda gasto para o processo de extração de feições, além do fato de diferentes intérpretes apresentarem capacidades distintas de interpretação, em virtude de sua capacitação e experiência profissional.

Além disso, as próprias limitações do sensor podem impossibilitar a interpretação satisfatória das imagens. Mas como identificar as características de um sensor ideal para atender a determinadas aplicações? Como definir o melhor sensor que atenda a uma determinada escala cartográfica, em termos geométricos e de interpretação? As imagens de um sensor podem atender as exigências de exatidão posicional, mas não serem adequadas à extração de feições que confira exatidão temática ao mapa.

O uso do sensoriamento remoto para aplicações cartográficas tem aumentado nos últimos anos (CRUZ & BARROS, 2012). Os dados obtidos por sensores orbitais vêm contribuindo para a elaboração de bases cartográficas de referência, além de servir como uma ferramenta tecnológica para diversas aplicações temáticas, tais como os estudos de vegetação, qualidade de águas, geologia e avaliações agrícolas (NOVO, 2010).

Correa *et. al.* (2005) analisaram a contribuição de imagens CBERS na atualização do mapeamento sistemático brasileiro na escala 1:100.000, abordando a importância do sensoriamento remoto orbital na cartografia e ressaltando algumas vantagens, tais como: imageamento de áreas de difícil acesso terrestre e aéreo; o caráter sinóptico aliado ao recurso de imageamento contínuo e sua repetitividade; os custos financeiros decrescentes compartilhados por um número crescente de usuários; e a combinação de bandas espectrais que proporciona uma capacidade de identificação de feições e alvos.

Estudo do IBGE (2011) descreve o uso de imagens LANDSAT-5 no mapeamento na escala 1:250.000, realizado pela Coordenação de Cartografia. A documentação objetiva estabelecer e padronizar as normas e os procedimentos para a fiscalização, controle de qualidade, validação e homologação das Bases Cartográficas Digitais Contínuas do Brasil na escala 1:250.000, elaboradas por contratação de empresas especializadas na prestação de serviços de mapeamento e atualização cartográfica.

Porém, o uso de imagens orbitais para escalas maiores que 1:25.000 não é um tema unânime. Machado e Silva *et al.* (2005) avaliaram o uso de imagens IKONOS para mapeamentos topográficos na escala 1:25.000 ou menores e encontraram bons resultados na qualidade dos dados.

Em outro estudo, Silveira *et al.* (2005) ressaltaram a utilidade de imagens IKONOS na identificação de alterações ocorridas no espaço urbano, como a sua ocupação e expansão, porém destacaram que não seria recomendável o uso desse tipo de sensor para a geração e atualização de base cadastral.

Diversos estudos tratam da questão da atualização cartográfica a partir de imagens orbitais. D'Alge (1997) tece considerações teóricas e um detalhamento conceitual sobre a importância da correção geométrica de imagens do satélite LANDSAT-5 TM para atualização de folhas topográficas. Posteriormente, Mangabeira *et al.* (2003) e Vergara *et al.* (2007) relataram o uso do sensoriamento remoto orbital como instrumento para atualização cartográfica, auxiliando estudos voltados para diferentes aplicações.

CRUZ & BARROS (2012) apresentam um estudo com avaliações de acurácia em termos de geometria para 10 sensores que atendem à geração de produtos cartográficos. Ressalta-se a importância em se conhecer os limites das imagens em termos de acurácia planialtimétrica e altimétrica para escalas cartográficas específicas, ressaltando-se que isso não garante a extração de feições para a mesma escala. Para isso, seria necessário se refletir em um estudo sobre acurácia em termos de interpretabilidade.

Em 2004, um comitê de especialistas da OGC elaborou um documento técnico que relacionava as resoluções espectrais e espaciais dos principais sensores (à época) com possíveis aplicações, conforme é mostrado na tabela 2.

Tabela 2: Aplicações e resoluções desejáveis.

Resolução		Aplicação / Planejamento
Espacial (m)	Espectral	
0.1 - 1	Pan + Stereo	Construção
1-10	Pan + Stereo	Transporte
30-1000	MS, blue, NIR	Pesca comercial
1-30	MS, blue, swir	Agricultura de precisão
5-80	MS, blue, swir	Cobertura e uso
30-1000	radar	Gelo nos oceanos

A tabela ilustra a necessidade de associar os tipos de imagens com determinadas aplicações, considerando as resoluções espacial e espectral. Percebe-se a tentativa de atribuir usos, de acordo com o tamanho do pixel e as diferentes faixas espectrais. Além dos critérios espacial e espectral, ressalta-se, ainda, a questão da radiometria, uma

vez que alguns sensores registram a radiação refletida com mais precisão do que outros. Essa diferença pode ter um impacto significativo no processo de interpretação ou classificação.

De qualquer forma, a análise da tabela permite reconhecer a questão da usabilidade, mencionada anteriormente. Ou seja, como aproveitar a potencialidade de uma imagem para determinadas aplicações e o reconhecimento das limitações dessa mesma imagem para outras finalidades. No caso da tabela, sugere-se, por exemplo, usar imagens com resolução espacial entre 5 e 80 metros para mapeamentos de uso e cobertura. Reconhece-se, assim a potencialidade de plataformas como o RapidEye, SPOT e até o LANDSAT nesse tipo de aplicação. Porém, seria interessante associar também com a escala cartográfica, uma vez que está se trabalhando com um amplo grau de detalhamento da informação no que se refere à resolução espacial. Isso ajudaria a avaliar as potencialidades e limitações envolvidas na acurácia geométrica.

Sendo assim, tendo em vista a ampla disponibilidade de imagens voltadas para aplicações de sensoriamento remoto, seria importante a realização de mais estudos que integrem questões geométricas e de interpretação. O usuário pode saber, assim, para quais escalas cartográficas uma imagem atende do ponto de vista posicional e

Outro aspecto importante em relação à variedade de sensores é o custo envolvido para a aquisição de imagens. No caso de interpretação em áreas urbanas, por exemplo, que necessita de imagens com alta resolução espacial, deve-se levar em consideração os recursos financeiros necessários, uma vez que são comercializadas por poucas empresas, e tem um custo elevado. Além disso, o modo de aquisição desse tipo de imagem não garante um imageamento contínuo, ou seja, o recobrimento de uma área pode ser feito com imagens com data diferentes, o que pode trazer diferenças significativas nas características radiométricas. Além disso, as imagens podem ser coletadas com diferentes graus de inclinação, afetando principalmente o processo de correção geométrica. De qualquer forma, a utilização desse tipo de imagem orbital para elaboração e atualização cartográfica vem acompanhada de uma qualidade cada vez maior no que diz respeito à resolução espacial e

espectral, atendendo aos requisitos de precisão planimétricas exigidos para as escalas do mapeamento sistemático. Conhecendo-se as potencialidades de um determinado sensor para determinados fins, evita-se a aquisição de imagens com o custo mais alto de forma desnecessária.

Na literatura específica de sensoriamento remoto, o termo Interpretabilidade não é muito difundido. A primeira referência a esse termo foi encontrada na publicação de Drager (1967), cujo enfoque é destacar o uso de imagens para a gestão de recursos florestais. Durante as décadas de 1970 e 1980, o Departamento de Defesa Americano já adotava critérios de interpretação para classificar diferentes sensores, a fim de detectar, distinguir e identificar alvos que fossem de interesse para a segurança americana.

A partir da década de 1990, com o uso mais disseminado de imagens pela comunidade civil, aparecem os primeiros trabalhos que abordam o conceito de Interpretabilidade (Greer & Caylor, 1992; Mayer, Erdman, & Riehi, 1995; Leachtenauer, 1996; Hothem, Irvine, Mohr & Buckley, 1996). Nesses estudos, o conceito de interpretabilidade está associado a um potencial de uso das imagens, cujos conteúdos apresentam informações com qualidades e escalas distintas. Na verdade, o conceito de Interpretabilidade herdado das aplicações militares é apresentado como “*a adequação de uma imagem para finalidade de interpretação, de forma que o seu conteúdo responda à critérios de reconhecimento do alvo*” (Irvine, 1997).

Atualmente, muitos autores (Kim *et al.* 2012; Stefanou & Kerekes, 2009), usam os termos “image utility” ou “image quality” para expressar o grau de interpretação de uma determinada imagem. O uso desses termos acaba destacando o potencial de interpretação. Mas, independente do termo usado, o que se observa é que a maioria dos trabalhos destacam dois aspectos importantes nas tarefas fundamentais na interpretação de imagens: detectar e identificar.

O primeiro conceito está associado à capacidade de **encontrar a presença** de um objeto ou elemento de interesse, baseado em seu contorno geral e/ou outra informação contextual da cena. Já o processo de identificação envolve a capacidade de **nomear ou qualificar um objeto** por tipo ou classe, com base na sua configuração,

principalmente na observação dos detalhes de seus componentes. (SCHOTT, 2007) Essas duas abordagens são importantes para definir o grau de interpretação de uma imagem. Pode-se, por exemplo, usar imagens LANDSAT-TM para o processo de detecção de rodovias, mas não será possível identificá-la em termos de número de faixas, uma vez que sua resolução não permite esse tipo de interpretação. Para atingir a fase de identificação usando esse tipo de sensor, é necessário usar dados auxiliares, como uma base cartográfica mais detalhada ou levantamento de campo. Porém, se o usuário deseja identificar o número de faixas de uma rodovia apenas usando uma imagem, será necessário utilizar imagens com melhor resolução espacial.

De uma forma geral, pode-se pensar que apenas a resolução espacial seja suficiente para determinar o grau de interpretação. Segundo Jesen (2009), a comunidade de usuários civis normalmente relata a utilização de um determinado tipo de imagem para a extração de informação com base na resolução espacial nominal, também chamada de resolução em distância no solo. Para o autor, é necessário um mínimo de quatro observações (pixels) sobre um mesmo objeto urbano para conseguir identificá-lo. Dito de outra forma, a resolução espacial do sensor deve ser metade da largura do menor objeto de interesse. Por exemplo, para a identificação de *trailers* com 5 metros de largura, a resolução espacial mínima da imagem, sem bruma atmosférica ou outros problemas, teria de ser aproximadamente 2,5 x 2,5 metros.

Talvez a resolução espacial seja a mais influente no momento de se interpretar uma imagem. Porém, muitos elementos podem ser detectados ou qualificados explorando-se as variações das bandas espectrais específicos de cada sensor. Cabe ao intérprete saber escolher as bandas espectrais mais adequadas para se extrair os objetos de interesse.

Além da questão da resolução espacial e espectral, a característica radiométrica também será importante no processo de extração dos elementos de uma imagem. Nesse caso, a análise visual não aproveite os recursos da variedade de sensores, sejam com 8 bits ou até 16 bits. Isso porque a visão humana não possui a capacidade de perceber variações mínimas dos tons de

cinza. Por outro lado, as técnicas computacionais de classificação e extração de informações conseguem utilizar os recursos radiométricos de uma imagem de uma forma mais eficaz. Processos de classificação supervisionada, não supervisionada ou híbrida dependem de forma significativa do atributo numérico armazenado em cada pixel para a obtenção de resultados satisfatórios.

Além das características dos sensores, as técnicas de processamento digital de imagens, como o realce e os diferentes filtros podem auxiliar no processo de extração de feições. Apesar da visão humana não distinguir pequenas variações radiométricas, a análise visual de imagens é muitas vezes facilitada quando a natureza radiométrica da imagem é modificada para melhorar o seu impacto visual. Ao se editar o histograma de uma imagem podem ser encontradas diferenças específicas nas características da vegetação, solo ou massas d'água, por exemplo. LILLESAND et al (2008) citam alguns algoritmos de tratamento de contraste e brilho para aumentar o efeito visual em imagens LANDSAT MSS, a fim de realçar detalhes de assoreamento no delta do rio Nilo, imperceptíveis na imagem sem os tratamentos. Além disso, ferramentas de filtros espaciais podem ser usadas para extrair ou modificar informações das imagens.

Refletir sobre a possibilidade de gerar um índice por sensor ou se isso é inviável em virtude da necessidade de tratamento. Dessa forma, questões envolvendo as resoluções espaciais, radiométricas e espectrais, além do uso das técnicas de tratamento, aumentando a possibilidade de escolha de imagens mais adequadas para determinadas aplicações e levando-nos a refletir que outras características, que não seja apenas a espacial, tenham um papel importante para a interpretabilidade.

## **2.1 Exemplos de critérios de interpretabilidade**

### **2.1.1 Classificação de Cobertura e Uso da Terra (USGS)**

O Serviço Geológico Norte-Americano (USGS) criou, em 1971, um sistema de classificação de cobertura e uso da terra

baseado em técnicas de sensoriamento remoto, denominado *A Land Use And Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data* (USGS,2001), que corresponde a um padrão usado por todas as instituições produtoras e usuárias desse tipo de dado nos Estados Unidos. Um dos aspectos interessantes desse sistema é a divisão em quatro níveis de detalhamento dos dados, tendo em vista que os inúmeros sensores disponíveis irão fornecer dados com diferentes resoluções e escalas. A tabela 3 mostra os requisitos mínimos de resolução espacial e espectral que devem atender para cada nível.

Tabela 3: Requisitos para atender à classificação da USGS;

Nível	Resolução espacial (m)	Resolução espectral
I	20-100	v-nir-swir-radar
II	5-20	v-nir-swir-radar
III	1-5	pan- v-nir-mir
IV	0,25-1	pan

Cada nível atenderia a um conjunto de características próprias de um mapeamento de cobertura e uso, considerando que quanto maior o nível, maior será o detalhamento a ser obtido. O conceito de nível está intrinsecamente relacionado à escala de análise, segundo a qual cada nível possui suas especificidades e contribuições para as formas de representação da superfície terrestre.

Os níveis são agrupados em nove categorias: Solo urbano ou Construído; Agricultura; Paisagens Naturais; Floresta; Água; Áreas Úmidas; Áreas Rochosas; Tundra; e Neve perene. Em cada categoria estão incluídos quatro níveis de dados que podem ser extraídos a partir dos requisitos mínimos dos sensores.

### 2.1.2 Escalas Nacionais de Valoração da Interpretação de Imagens (NIIRS)

O critério NIIRS constitui a métrica usada pela comunidade de inteligência norte-americana para caracterizar a utilidade de imagens com propósitos de segurança, sendo inicialmente empregadas para fins

militares e posteriormente elaboradas para estudos ambientais e planejamento territorial (Leachtenauer, 2001; Campbell, & Wynne, 2011; Schott, 2007, Jansen, 2009).

Tal indicador consiste em 10 níveis de avaliação, correspondendo a valores inteiros, que refletem o grau de interpretabilidade de um determinado tipo de imagem, de acordo com o que pode se extrair dela. Esses valores são estabelecidos através de uma avaliação de um comitê especialista, denominado *Imagery Resolution Assessments and Reporting Standards Committee* (IRARS).

Dessa forma, a proposta NIIRS serve para padronizar um índice de interpretabilidade que associe imagem com tarefas a serem executadas.

No caso das aplicações militares, por exemplo, as tarefas estão associadas basicamente ao reconhecimento de construções militares; estruturas portuárias e aeroportuárias; tipos de aeronaves, embarcações e veículos para transporte de tropas. Sendo assim, uma imagem com o melhor nível de avaliação deve permitir a identificação detalhada de objetos e alvos militares ou de interesse para o Serviço de Defesa americano

Além da aplicação militar nos Estados Unidos, existe uma escala NIIRS definida para uso civil, dividida em três categorias: Recursos Naturais, Agricultura e Urbano/Industrial. Para detectar ou identificar determinadas feições é necessário o uso de determinadas imagens cujos valores NIIRS variam de zero (interpretabilidade nula) até nove (maior interpretabilidade). A tabela 4 mostra algumas tarefas voltadas para aplicações civis. Uma composição colorida do satélite LANDSAT-5 TM seria classificada com valor de NIIRS igual a 1. Dessa forma, seria possível identificar os tipos de redes de drenagem (dentritica, retangular, radial etc.) ou detectar grandes áreas de corte para fins agrícolas. Por outro lado, para identificar o tipo de cobertura de uma residência ou o tipo de cultura em uma região agrícola, seria necessária uma imagem classificada com valor de NIIRS igual a 9, representada por uma composição colorida falsa-cor, com o infravermelho, de uma fotografia aérea.

Tabela 4: Exemplos de tarefas e valores de NIIRS para uso civil nos Estados Unidos.

Tarefa	NIIRS
<b>Recursos Naturais</b>	
Identificar os tipos de redes de drenagem	1
Detectar árvores caídas em vias navegáveis	5
<b>Agricultura</b>	
Detectar grandes áreas de corte	1
Detectar fontes de água	4
Identificar o tipo de cultura	9
<b>Urbano / Industrial</b>	
Detectar divisão de faixas nas rodovias	7
Identificar tipo de cobertura residencial	9

Sendo assim, o critério NIIRS estabelece que a ideia de tarefa é desenvolver atividades que possam ser atingidas a partir da interpretação de imagens graduadas de acordo com suas características espaciais, espectrais e radiométricas. Para isso, são utilizados diferentes níveis de reconhecimento, como à detecção ou identificação de alvos naturais, culturais ou econômicos.

Alguns exemplos de tarefas seriam a detecção de pequenas massas d'água ou a identificação de estruturas em um complexo aeroportuário. Nesse último exemplo de atividade, estaria implícito, que só a partir da interpretação da imagem, seria possível qualificar as partes componentes de um aeroporto, não sendo usados dados auxiliares para apoiar o processo de interpretação.

Dessa forma, o estabelecimento das tarefas restringe os objetivos do que se pretende abordar, uma vez que as imagens podem ser usadas para diferentes aplicações.

A metodologia NIIRS propõe, , na geração do índice, um processo de validação da escala criada, considerando as seguintes propriedades:

- Linearidade: os incrementos na escala NIIRS correspondem a mudanças na interpretabilidade.
- Separabilidade: imagens com diferenças de uma unidade de NIIRS devem ser claramente distinguíveis.
- Independência do sensor: as pontuações devem ser independentes do tipo de sensor, uma vez que a escala pode ser aplicável para vários.

- Usabilidade: a escala deve ser de fácil uso.
- Critérios equivalentes: imagens com as mesmas características de visualização devem apresentar o mesmo valor de interpretabilidade, independente do conteúdo da cena.

Manta (2012) adaptou essa metodologia em Portugal, para fins de gestão e apoio ao mapeamento municipal, na escala 1:10.000, usando imagens do satélite Quickbird. A autora menciona que mesmo sendo usado um sensor de alta resolução espacial, com o uso de imagens fusionadas de 60 cm, só foi possível detectar a presença de alguns elementos nas imagens, não sendo possível qualifica-los apenas interpretando as imagens, como por exemplo as linhas de transmissão de energia.

Essas abordagens enfatizam a questão das diferentes resoluções e combinações das bandas espectrais no tratamento da interpretabilidade. Porém, existem estudos que consideram alguns elementos que podem prejudicar a interpretabilidade de imagens de um sensor remoto. Esses fatores seriam, por exemplo, bruma atmosférica, contraste, ângulo de visada e ruídos que podem reduzir a habilidade de um analista bem treinado para detectar, discriminar e identificar objetos em uma imagem.

A partir de 2009, alguns estudos apontam a necessidade de se considerar diversos parâmetros do sensor e condições atmosféricas que interferem na radiometria no momento da aquisição da imagem (Kim *et al.* 2012; Stefanou & Kerekes, 2009). Para se alcançar um índice de interpretabilidade com maior detalhamento, na escala NIIRS, é usada a equação geral de qualidade da imagem (*General Image Quality Equation*) cujas variáveis estão associadas às questões técnicas do sensor ligadas às características geométricas, como resolução espacial nominal e à função de transferência de modulação (Diminuição do contraste da radiancia do pixel com seus vizinhos.). Os resultados da equação correspondem a valores de interpretabilidade em números reais e representativos para a data na qual a imagem foi adquirida.

### 3. EXTRAÇÃO DE FEIÇÕES CARTOGRÁFICAS

SCHOWENGERDT (1997) ressalta o uso do sensoriamento remoto como instrumento para

a extração de informações, cujas análises podem ser entendidas através de duas formas: *Image-centered* e *data-centered*.

Na primeira forma, o interesse principal do uso de imagens é a relação espacial existente entre os elementos presentes na superfície terrestre, ou seja, o enfoque é a criação de um mapa com a delimitação de feições a partir de imagens orbitais ou aéreas. Um exemplo seria o processo de fotointerpretação, através da identificação e criação de feições hidrográficas, geológicas e de cobertura vegetal com o uso de fotos aéreas, por exemplo. Dessa forma, a análise através das imagens possui duas características principais: a definição de geometrias que contenham coordenadas geográficas e a identificação de atributos associados às geometrias criadas. Essa análise pode ser automatizada, através de softwares de classificação para a geração de mapas temáticos e de processos fotogramétricos como, por exemplo, a extração de curvas de nível. Porém, segundo a visão do autor, em muitos casos, a análise visual ainda não pode ser suplantada totalmente pelas técnicas automáticas.

A segunda forma de entender a extração de informações em sensoriamento remoto é denominada de *data-centered*. Nesse caso, o interesse principal está na dimensão interna dos dados (características radiométricas e espectrais), ao invés das relações espaciais envolvidas. Enquanto no primeiro caso, a resolução espacial é vista como fundamental para a extração das informações, agora a acurácia radiométrica e espectral é fundamental para a interpretação e geração de análises. Um exemplo seria o uso de técnicas estatísticas e comportamento espectral dos alvos para estimar dados de superfície.

Na verdade, as duas formas de entender o dado de sensoriamento remoto não são antagônicas, e sim, convergentes. SCHOWENGERDT (1997) ressalta que a própria ciência, particularmente os ramos específicos que tratam de estudos de monitoramento de mudanças globais, precisa tanto do relacionamento espacial entre as feições quanto da acurácia radiométrica e espectral para entender o comportamento de um determinado alvo para melhor identificá-lo.

Complementando essa abordagem na obtenção de informações a partir do sensoriamento remoto, é comum no contexto da cartografia de referência o uso da expressão “extração de

feições”, termo abrangente e que talvez, possa ser confundido com o conceito de classificação. Talvez o limite conceitual entre extração de feições e as propriedades de classificação seja um pouco arbitrária. No campo prático, uma extração de feições ideal renderia uma representação que produza um trabalho de classificação trivial. Da mesma forma, um método de classificação excelente dispensaria a ajuda de um sofisticado software de extração de feições. Os próprios conceitos de classes e feições não são abordados de forma detalhada na literatura específica.

Segundo Duda *et al.* (2001) a fase de extração de feições auxilia na medição de propriedades de objetos que serão úteis para a fase de classificação. Para os autores, a fase de extração de feições tem como objetivo principal caracterizar um objeto a ser reconhecido por medições, cujos valores são muito semelhantes em relação a objetos da mesma categoria e muito diferentes de outras categorias. Já o processo de classificação atenderia à diferenciação interna do objetos inseridos na mesma categoria de informação. - Um exemplo seria a identificação de massas d'água em uma imagem, cujo processo de extração envolveria a diferenciação espectral e radiométrica entre essa classe das demais. Para individualizar cada tipo de massa d'água (rios, lagoas, oceano) é necessário que o processo de classificação utilize vários tipos de descritores para definir as suas classes, com a forma e contexto.

Para SCHOWENGERDT (1997), o conceito de extração de feição faz parte do processo de classificação. Segundo o autor, o objetivo dessa fase seria, através de algoritmos espaciais, espectrais ou radiométricos, melhorar as condições de uma imagem multiespectral, considerando, por exemplo, as correções atmosférica e topográfica. O produto de saída seria o que o autor denomina de Imagem-feição. Alguns exemplos seriam a seleção de determinadas bandas espectrais, funções de recorte espacial ou uso de filtros. Apesar de considerá-la opcional, o autor acredita que essa fase é importante, por eliminar a influência de fatores externos, como o espalhamento atmosférico e as características do relevo. Provavelmente, o termo extrair, nesse caso, está associado à extração de informações importantes para a classificação

de uma imagem, sendo importante para a fase de classificação propriamente dita e construção de um mapa temático. Dessa forma, o conceito de classificação está baseado nos atributos quantitativos de cada pixel, a fim de atribuí-lo um rótulo de identificação associado a uma classe particular (Richards & Jia, 2005). No final do processo, verifica-se a exatidão temática entre as classes e amostras coletadas. Por outro lado, o processo de extração está mais associado às técnicas de caráter geométrico, como as ferramentas de detecção de bordas, ou criação de feições lineares, cujas operações baseiam-se nas questões topológicas entre os pixels. Ao final do processo, verifica-se a aderência geométrica entre a imagem e o dado produzido.

Os casos das extrações automáticas ou semiautomáticas podem funcionar de forma satisfatória em casos para obtenção de trechos de sistemas viários, como estradas ou rodovias, em virtude da diferença de contraste entre esses elementos e o seu entorno.

Em algumas situações, a extração automática só é utilizada em casos restritos, como na elaboração de base cartográfica de referência. O uso de ferramentas para aquisição automática de feições, só é adotado para obtenção de curvas de nível, utilizando um modelo digital de elevação e, mesmo assim, é necessária uma fase de edição manual para corrigir erros e realizar o ajuste topológico. Para a extração dos demais elementos da cartografia de base, o processo ainda é feito através da análise visual dos elementos.

Um dos objetivos da extração de feições é a elaboração de um mapa que mostre a distribuição espacial e a identificação de feições sobre a superfície terrestre. Como existe uma grande quantidade de elementos passíveis de representação sobre essa superfície, existem inúmeras possibilidades de representação. Dessa forma, é necessária a definição das categorias e classes que serão mapeadas, ou seja, a construção de uma legenda.

Em alguns casos, existem normas que estabelecem regras para a modelagem e aquisição das feições e definem quais feições devem ser adquiridas, como, por exemplo, a Especificação Técnica para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais para a cartografia

de referência (ET-EDGV). O objetivo da ET-EDGV é padronizar estruturas de dados que viabilizem o compartilhamento de dados, a interoperabilidade e a racionalização de recursos entre os produtores e usuários de dados e informação cartográfica (DSG, 2010). Esse documento orienta feições cartográficas, consideradas como classes de objetos, a serem contempladas. Essas classes foram agrupadas em diferentes categorias: hidrografia; vegetação; sistema de transporte; energia e comunicação; abastecimento de água e saneamento básico; educação e cultura; estrutura econômica; localidade; limites; e administração pública. Cada categoria possui diferentes classes.

#### **4. ÍNDICE DE INTERPRETABILIDADE: CONSIDERAÇÕES INICIAIS PARA CONSTRUÇÃO DE UMA PROPOSTA**

Um estudo metodológico do IBGE (2010), realizou uma avaliação da qualidade das imagens ortorretificadas do sensor AVNIR-2 em termos de exatidão cartográfica, indicando que as imagens usadas no trabalho são compatíveis com a escala 1:50.000, do ponto de vista geométrico. Porém, ressalta-se que a resolução de 10 metros não favorece a interpretação de elementos nessa escala, tendo em vista que não é possível distinguir, visualmente ou automaticamente, todas as feições cartográficas apropriadas para esta escala. Ou seja, a sua resolução espacial limita o processo de interpretação. Isso é importante observar, porque as imagens de um sensor podem atender ao rigor da exatidão posicional em uma determinada escala, mas não possibilitar uma interpretação adequada, em virtude da falta de detalhamento dos objetos, ocasionado pela limitação das diferentes resoluções do sensor.

Nesse sentido, há diferenças de exigências, em termos de resolução, para atender aos critérios de qualidade do dado, como as exatidões posicional, temática, temporal, consistência lógica e de completude dos dados. No caso da exatidão posicional, existem normas que estabelecem valores para avaliar a qualidade do dado, como o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), referência para classificar a qualidade de um produto cartográfico de acordo com sua exatidão posicional. Para que um produto digital

possa ser aceito como produto de referência do Sistema Cartográfico Nacional, noventa por cento dos erros dos pontos coletados no produto cartográfico, quando comparados com as suas coordenadas levantadas em campo por método de alta precisão, devem apresentar os valores iguais ou inferiores aos previstos no PEC, devendo ainda apresentar os valores de erro padrão também iguais ou inferiores.

Porém, em termos de interpretação de imagens, como mensurar o grau de interpretabilidade para atender à extração de feições e classificação? Há a possibilidade de classificar imagens de diferentes sensores de acordo com o potencial de interpretação? A resposta dessas questões talvez esteja associada aos critérios de qualidade do dado geográfico, mencionados no início desse artigo: exatidão posicional, temporal, temática, consistência lógica e completude. Em todos os critérios de avaliação da qualidade do dado geoespacial, é possível, mensurar quantitativamente e qualitativamente os erros envolvidos.

Assim como é possível quantificar os erros de posicionamento, é perfeitamente viável estabelecer critérios quantitativos para se conhecer os erros envolvidos no processo de interpretação, cuja magnitude interfere diretamente na qualidade do dado. Dentre os cinco critérios estabelecidos pela norma ISO 19113, dois estão diretamente mais associados à questão da interpretação em imagens: a completude e a exatidão temática. A integração desses dois critérios de avaliação do dado geoespacial pode ajudar na construção de um índice de interpretabilidade.

#### **4.1 Completude**

De uma forma geral, o termo completude pode estar associado à integridade do dado, seja espacial ou um atributo em um banco de dados. Para a fase inicial de interpretação, o fundamental é poder extrair as geometrias de forma integral, ou seja, a ideia da completude de caráter geométrico é a possibilidade de gerar um indicador que auxilie a mensurar a quantidade de geometrias criadas de forma completa. Sendo assim, são considerados erros de completude a constatação de elementos omissos, excedentes ou duplicados. O uso do termo geométrico serve

apenas para deixar claro que a preocupação nesse estudo é partindo do processo de interpretação de imagens, conseguir detectar na imagem um número de geometrias que representem os elementos cartográficos em uma escala determinada. Ou seja, não importa, pelo menos nesse primeiro momento, erros de omissão de atributos e relacionamentos entre feições.

A escolha pelo critério de completude se deve ao fato de estar diretamente relacionado ao primeiro princípio da interpretabilidade: a detecção. Caso um alvo seja detectado completamente em uma determinada imagem, é perfeitamente viável a aquisição de uma geometria que o represente. Se o alvo não é detectado ou detectado parcialmente, não será possível extrair a geometria. A figura 1, a seguir, ilustra uma imagem no comprimento de onda do infravermelho-próximo, com resolução de 5 metros. Nota-se na faixa diagonal da imagem a presença de um trecho de drenagem com largura de aproximadamente entre 10 e 15 metros. É possível perceber certa continuidade da drenagem, facilitando o processo de extração da geometria dessa feição. O uso da imagem no infravermelho, nesse caso, é fundamental, tendo em vista a necessidade de se definir com a maior precisão possível o contorno das margens. O uso de outras bandas espectrais pode dificultar o processo de interpretação, uma vez que a resposta espectral da água pode confundir com os elementos localizados na margem, como por exemplo a mata ciliar.



Fig. 1 - Continuidade de um trecho de drenagem em uma imagem com resolução de 5 m.

Por outro lado, a figura 2 ilustra o mesmo recorte geográfico, através de uma imagem com resolução de 10 metros, também na faixa do

infravermelho próximo. Apesar de ser possível, reconhecer partes da drenagem na imagem, em alguns trechos, a detecção fica prejudicada, principalmente nas áreas onde a largura do rio diminui para 10 metros ou menos. Dessa forma, a detecção desse elemento fica inviável por conta da impossibilidade de ser extraído de forma integral.



Fig. 2 - Descontinuidade de um trecho de drenagem em uma imagem com resolução de 10 m.

Especificamente em termos da avaliação da completude do dado, há de se considerar, por exemplo, o percentual de feições que deixam de ser extraídas (erro de omissão) ou extraídas de forma excedente (erro de comissão) por conta da ineficiência de interpretação de uma imagem. No caso dos elementos extraídos de forma excedente, a solução é aparentemente mais simples, tendo em vista que basta excluir os elementos excedentes. Já os erros de omissão são mais complexos, tendo em vista que se o elemento não foi extraído, provavelmente o sensor não foi capaz de detectar o alvo. Nesse caso, a solução seria aplicar filtros para ampliar a capacidade de detecção ou optar por outro sensor com melhor resolução.

A primeira etapa para avaliar a completude do dado é definir o número de elementos existentes de cada feição para uma determinada área, como por exemplo o recorte de uma folha 1:100.000 ou uma cena, usando como referência de verdade os mapeamentos em escalas mais detalhadas ou levantamentos de campo. Dessa forma, é estabelecido um valor no qual se deseja alcançar.

A etapa seguinte é, a partir da interpretação de imagens com resoluções diferentes, tentar

extrair o máximo de elementos possíveis. Evidentemente torna-se importante tentar extrair um maior número de feições de várias categorias, como hidrografia, vegetação, sistema viário etc.

Ao final, seria obtida uma taxa de completude dos elementos que foram extraídos por imagem, ou seja, aquelas nas quais foi possível detectar o alvo. Seriam excluídos dessa quantificação os elementos parcialmente extraídos. A tabela 5 abaixo ilustra um exemplo hipotético com quatro sensores, para a avaliação da completude (TC) para três feições representativas das categorias hidrografia (HD), sistema de transporte (ST) e vegetação (VG). No caso do trecho de drenagem, por exemplo, o sensor de melhor resolução espacial permite detectar 100% dos rios. Enquanto, a imagem com pior resolução permitiria identificar 50% dos elementos.

Tabela 5: Exemplo de elementos extraídos por feições

Feição	Total de elementos	Sensor	Extraídos	TC (%)
Trecho de drenagem (HD)	50	A (1m)	50	100
		B (5 m)	48	96
		C (10m)	40	80
		D (30m)	25	50
Trecho rodoviário (ST)	5	A (1m)	5	100
		B (5 m)	5	100
		C (10m)	5	100
		D (30m)	5	100
Vegetação cultivada (VG)	60	A (1m)	60	100
		B (5 m)	55	91,67
		C (10m)	50	83,33
		D (30m)	45	75

Considerando que cada categoria apresenta uma diversidade de feições, pode-se obter um valor representativo da taxa de completude para cada categoria, usando como calculo uma média ponderada dos elementos extraídos com o total de elementos presentes. O uso da média ponderada é importante, tendo em vista que determinados elementos serão mais numerosos, como por exemplo os trechos de drenagem, do que outros, como as barragens.

Ao final, pode-se estabelecer uma taxa de completude por sensor, através de uma média das categorias analisadas para cada instrumento observado, conforme mostra a tabela 6.

Tabela 6: Taxa de completude por sensor

Sensor	HD	ST	VG	TC (%)
Sensor A	100,0	100,0	100,0	100,0
Sensor B	97,1	86,5	94,4	92,7
Sensor C	92,6	66,7	88,8	82,7
Sensor D	55,1	41,8	83,8	60,2

#### 4.2 Exatidão temática

Uma vez que os elementos de uma determinada feição são extraídos, a próxima etapa para se definir um índice de interpretabilidade é avaliar se a partir da imagem é possível identificar alguns atributos qualitativos dessa feição. Um trecho de drenagem pode ser permanente ou temporário, por exemplo, assim como um trecho rodoviário pode ser pavimentado ou não. Vale salientar que essa classificação das feições deve ficar restrita à análise da imagem, através de interpretação visual ou processos de classificação automáticos. A escolha por um desses métodos pode depender de cada tipo de feição.

Dessa forma, a escolha pelo critério de exatidão temática se deve pelo fato de estar diretamente associado ao segundo princípio da interpretabilidade: a identificação. Ou seja, após o elemento ser extraído, a questão é descobrir se a imagem oferece condições para a identificação correta do alvo. Eventualmente uma imagem pode oferecer boas condições de se extrair elementos das imagens, mas não ser adequada à identificação desses elementos.

Nesse caso, para mensurar a exatidão temática (ET), pode-se calcular um percentual de elementos que foram identificados de forma adequada, apenas através dos recursos de interpretação de imagem. A norma ISO 19157 denomina essa medida de correção de atributos não quantitativos, estabelecido através de uma taxa. A tabela 7 abaixo mostra um exemplo hipotético de elementos detectados e identificados. No caso do trecho de drenagem, por exemplo, apesar de ser possível extrair todos os elementos, o sensor de melhor resolução espacial permite identificar 98% dos rios extraídos (40 perenes e 9 periódicos). Por outro lado, a imagem com pior resolução permitiria detectar 50% e identificar 80% dos elementos detectados

(20 perenes). A princípio, não haveria dúvidas em escolher a imagem de melhor resolução, porém, não se deve esquecer de envolver outros parâmetros nessa escolha, como os custos. Uma imagem de média resolução, como o sensor B, por exemplo, pode oferecer bons resultados em termos de exatidão temática e oferecer um custo mais baixo do que o sensor A.

Para validar os resultados de exatidão temática pode-se recorrer ao uso de outros insumos, como bases cartográficas em grande escala, outras imagens e/ou levantamentos de campo.

Tabela 7: Exemplo de elementos identificados por feições

Feição	Elementos extraídos	Sensor	Elementos identificados	ET (%)
Trecho de drenagem (HD)	50	A (1m)	49 40 perenes 9 periódicos	98
	48	B (5 m)	46 39 perenes 7 periódicos	95,8
	40	C (10m)	35 35 perenes	87,5
	25	D (30m)	20 20 perenes	80,0
Trecho rodoviário (ST)	5	A (1m)	5 4 pav. 1 não pav.	100
	5	B (5 m)	5 4 pav. 1 não pav.	100
	5	C (10m)	5 4 pav. 1 não pav.	100
	5	D (30m)	4 4 pav.	80
Vegetação cultivada (VG)	60	A (1m)	60 50 cana 10 soja	100
	55	B (5 m)	50 40 cana 10 soja	90,9
	50	C (10m)	45 35 cana 10 soja	91
	45	D (30m)	40 35 cana 5 soja	88,8

Assim como na avaliação da completude, pode ser obtida uma taxa de elementos identificados por categoria, também através de uma média ponderada entre as exatidões temáticas de cada feição.

Assim, ao final pode-se estabelecer a taxa de exatidão temática para cada sensor observado, usando como cálculo uma média das categorias analisadas, conforme mostra a tabela 8.

A ideia é ter uma noção do que cada sensor pode oferecer no detalhamento dos alvos de forma a conseguir qualifica-los. Talvez, para algumas categorias, como hidrografia, por exemplo, não haveria muita diferença entre trabalhar com sensor de alta ou média resolução, uma vez que muitas feições possuem dimensões significativas, como lagos, lagoas, canais fluviais. Diferentemente de feições de outras categorias, como sistema de transporte, no qual são representados elementos de pequena extensão, como por exemplo, as pontes, estações ferroviárias e dutos.

Tabela 8: Exatidão temática por sensor

Sensor	HD	ST	VG	ET (%)
Sensor A	98,55	97,16	97,75	97,82
Sensor B	97,01	93,94	92,86	94,60
Sensor C	87,72	79,79	86,08	84,53
Sensor D	79,49	63,41	79,73	74,21

### 4.3 Construção do índice de interpretabilidade

Considerando a integração entre as taxas de completude e em todas as imagens avaliadas seria estabelecido um índice de interpretabilidade, ou seja, cada imagem teria um atributo qualitativo indicando a qualidade e atendimento das tarefas a serem estabelecidos. No final, estaremos sabendo se as imagens de um determinado sensor atende de forma satisfatória ou não com suas respectivas aplicações, como por exemplo, a elaboração de bases cartográficas em diferentes escalas.

Ou seja, a imagem de cada sensor seria associada a uma classe de interpretabilidade, variando do A (ótima interpretabilidade) até o E (péssima interpretabilidade). A tabela 9 mostra a proposta do índice de interpretabilidade, com suas respectivas classes.

Tabela 9: Proposta de índice de interpretabilidade

Índice de Interpretabilidade			
Ótimo	Classe A	Detectar	> 95%
		Identificar	> 90%
Bom	Classe B	Detectar	> 80 até ≤ 95%
		Identificar	> 70 até ≤ 90 %
Regular	Classe C	Detectar	> 60 até ≤ 80 %
		Identificar	> 50 até ≤ 70%
Ruim	Classe D	Detectar	> 40 até ≤ 60 %
		Identificar	> 30 até ≤ 50%
Péssimo	Classe E	Detectar	< 40 %
		Identificar	< 30 %

Caso uma determinada imagem possibilite detectar mais de 95% dos elementos e identificar mais de 90% dos elementos detectados, considera-se um insumo de ótima qualidade para o processo de interpretação, ou seja classe A. Nos exemplos das tabelas 7 e 9, o sensor A seria considerado um ótimo insumo, tendo em vista que seria possível detectar 100% dos elementos e identificar 97,82% dos elementos detectados. Caso a interpretação de outra imagem permita a detecção entre 80% e 95% dos elementos e a identificação entre 70 % e 90 %, considera-se como insumo de boa qualidade, ou seja, classe B.

As imagens tipo classe D e E seriam insatisfatórias para o processo de interpretação, uma vez que teriam baixos valores de detecção e identificação. Na verdade, não são consideradas imagens ruins, apenas inadequadas para a interpretação dos alvos que se deseja extrair ou classificar.

### 4.4 Proposta de estudo

Considerando as características envolvidas no conceito de interpretabilidade em imagens de sensoriamento remoto, acredita-se que existe um enorme potencial no desenvolvimento desse tipo de estudo. Atualmente há uma grande diversidade de sensores, com resoluções distintas, cujas imagens servem como insumos para mapeamentos, seja de referência ou temáticos.

No caso do mapeamento de referência, a produção cartográfica é planejada conforme as escalas previstas através do Sistema Cartográfico Nacional (SCN). No Brasil, para o mapeamento em escalas menores, como 1:100.000 e 1:250.000

tem-se utilizado insumos derivados de sensores remotos orbitais, sendo os satélites LANDSAT, SPOT e ALOS exemplos de plataformas.

Atualmente, há a necessidade de projetos para mapeamentos mais abrangentes e em menores escalas, que permitam cobrir áreas extensas como, por exemplo, as regiões Centro-Oeste e Nordeste do país. Partes dessas regiões não apresentam dados cartográficos relativos ao mapeamento sistemático, ou quando existem, estão desatualizados, já que a maioria foi elaborada nas décadas de 1970 e 1980.

A região Norte foi recentemente mapeada na escala 1:100.000, usando imagens LANDSAT-7 ETM+ (Geocover), através de um convênio entre o Ministério de Meio Ambiente, o IBGE e a Diretoria do Serviço Geográfico do Exército.

Em relação ao mapeamento 1:250.000 observa-se a iniciativa do IBGE em atualizar a base cartográfica e mantê-la atualizada através de um projeto que contempla a elaboração de uma base contínua e com banco de dados associado (IBGE, 2011).

Até o ano de 2011, o IBGE mantinha com a *Alaska Satellite Facility* (ASF), empresa detentora dos direitos comerciais do satélite ALOS-2, um acordo de cooperação. Com isso, a instituição brasileira pôde, nos últimos 3 anos, constituir um acervo de imagens que estimularam a geração de bases cartográficas, na escala 1:100.000, usando o sensor AVNIR-2.

Mais recentemente, houve a compra de imagens RapidEye para todo o território brasileiro pelo Ministério do Meio Ambiente e que podem ser disponibilizadas para órgãos públicos em diferentes esferas governamentais. A disponibilização dessas imagens corresponde a mais um passo importante para a ampliação da extração de feições cartográficas a partir deste tipo de insumo.

Como a ideia de interpretabilidade está diretamente relacionada à aplicação que se deseja dar às imagens, sugere-se iniciar uma proposta da criação de um índice de interpretabilidade para fins de extração de bases cartográficas de referência, especificamente em uma determinada escala cartográfica.

Enquanto a ET-EDGV trata da modelagem da estrutura de dados, outro documento importante trata do processo de aquisição dos

dados, denominado de Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV). O objetivo da ET-ADGV é regulamentar e padronizar a aquisição da geometria dos dados geoespaciais vetoriais e atributos correlacionados, qualquer que seja o insumo utilizado, tais como os levantamentos de campo, fotografias aéreas ou imagens de sensores orbitais. Esse documento orienta quais feições devem ser extraídas, por escala cartográfica, considerando as categorias de informação contempladas na ET-EDGV. Vale destacar, então, que a ET-ADGV obedece ao Sistema Cartográfico Nacional (SCN) ao estabelecer escalas de representação para as feições da cartografia de referência, englobando desde a escala 1:25.000 até 1:250.000. Um dos motivos para a estratificação por escalas é utilizada como parâmetro na definição de feições e o nível de densificação que deve ser empregado na representação do território nacional.

Além disso, existem parâmetros que definem valores de comprimento e área mínimos para a aquisição do dado. A tabela 10 mostra alguns exemplos de feições cartográficas da categoria hidrografia, mapeadas por escala e com as dimensões mínimas para serem representadas.

Tabela 10: Classes da categoria hidrografia.

CLASSE	DIMENSÃO	ESCALA
Massa d'água	$\geq 4 \text{ mm}^2$	1:25.000 até 1:250.000
Trecho_Massa d'água	Largura $\geq 0.8 \text{ mm}$	1:25.000 até 1:250.000
Fonte d'água	Sem dimensão	1:25.000
Rocha em água	$\geq 2 \times 2 \text{ mm}$	1:25.000 até 1:50.000

A ET-ADGV menciona ainda duas observações importantes. A primeira é a possibilidade de extrair feições com dimensões inferiores às previstas ou não contempladas para uma determinada escala. Nesse caso, deverá ser considerada a relevância desse elemento para o contexto da superfície terrestre que está sendo mapeada. Dois exemplos dessa situação são postos de combustíveis em locais afastados dos centros urbanos e massas d'água em áreas áridas.

A outra observação diz respeito a elementos que no terreno possuem pequenas dimensões,

mas são estruturas relevantes, como é o caso das cercas divisórias nas áreas de pecuária extensiva (DSG, 2010).

De certa forma, a interpretabilidade em imagens estará vinculada à escala cartográfica, uma vez que, a própria ET-ADGV descreve os tipos de feição que devem ser contemplados para cada escala cartográfica. Por exemplo, a feição fonte d'água só está prevista para ser representada na escala 1:25.000. Dessa forma, ao se trabalhar com imagens que atendam a escalas menores, a tarefa de detectar e identificar fontes d'água não será importante.

Dessa forma, as Especificações Técnicas ET-EDGV e ET-ADGV podem servir como referência para se construir os critérios para aquisição de feições. No caso de trechos de drenagem, por exemplo, a complexidade na extração da drenagem está no fato dos elementos a serem adquiridos possuírem largura mínima de 0,8 mm. Ou seja, na escala 1:100.000, todo canal a partir de 80 metros deve ser extraído. Canais com largura muito estreita ou com presença de mata ciliar nas margens podem apresentar um alto grau de dificuldade durante o processo de interpretação das margens. Quais resoluções mínimas uma imagem deve possuir para que os alvos com essas características sejam detectados? Uma avaliação quantitativa da completude dos dados extraídos de imagens de diferentes sensores pode ajudar a responder a esse questionamento.

Além disso, será que é possível, a partir da imagem usada para detectar o trecho de drenagem, identificar o tipo de curso d'água, como, por exemplo, se é permanente ou temporário? Nesse caso, há de se confirmar a exatidão temática da geometria extraída. Talvez seja necessário o uso de outra imagem, com melhor resolução, para atender ao requisito de identificação.

Para a realização da parte prática da pesquisa, sugere-se selecionar diferentes feições cartográficas que atendem ao mapeamento topográfico de referência na escala 1:100.000, usando com critérios:

- Feições que possuem maior representatividade em todo território nacional, como por exemplo, os trechos de drenagem e trechos rodoviários.
- Feições que possam ser representadas através

de diferentes geometrias (polígono, linha e ponto). Exemplos de polígono: feições de vegetação, terreno sujeito à inundação e trecho de massa d'água. Linha: trechos de drenagem, rodoviário, ferroviário. Ponto: ponte e barragem.

- Feições inseridas em categorias diferentes, a fim de contemplar elementos naturais ou estabelecidos pela ação humana.

De qualquer forma, há de se considerar a dificuldade prevista na interpretação de alguns tipos de feições, como as edificações, uma vez que a imagem favorece a interpretação de tipos de cobertura, mas muitas vezes não é possível identificar o tipo de uso de obras e construções. Estes são exemplos de demandas só atendidas através do trabalho de reambulação.

Como insumo para o processo de interpretação seriam definidos quatro sensores com características distintas de resoluções, a fim de se conhecer as potencialidades e limitações envolvidas para a detecção e identificação.

Ao final do estudo, pretende-se apresentar uma proposta de índices de interpretabilidade, relacionando cada sensor com as feições estabelecidas para a escala 1:100.000, tendo em vista que as dimensões de representação podem variar de escala para escala.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento desse estudo se propõe a refletir sobre metodologias que possam aperfeiçoar a produção da base cartográfica de referência através do uso de imagens orbitais.

A proposta de um índice de interpretabilidade possibilita mensurar o grau de interpretação das imagens, estabelecendo argumentos mais concretos para atribuir seus usos e aplicações. Ou seja, conhecendo-se o grau de interpretabilidade de uma imagem, espera-se obter determinadas tarefas.

Além disso, outra vantagem é a possibilidade de documentar requisitos para o atendimento de diversas finalidades, como por exemplo, mapeamentos em escalas diferentes. Considerando que, de acordo com o Sistema Cartográfico Nacional, o mapeamento topográfico é definido através de escalas a partir de 1:25.000 até 1:250.000, pode-se definir um índice de interpretabilidade de imagens que sirvam como insumos ao atendimento, em termos de inter-

pretação, a essas diferentes escalas. Ou seja, para a elaboração de base cartográfica em uma determinada escala seria necessário usar imagens com valores de interpretabilidade específicos. Essa questão da documentação de requisitos influencia diretamente no gerenciamento e organização de conjuntos de arquivos de imagens com diferentes resoluções.

Outro aspecto importante em atribuir valores de interpretabilidade, é o auxílio na avaliação de imagens futuras, cujos sensores ainda entrarão em operação. Vale destacar, então, que o valor de interpretabilidade não fica atrelado exclusivamente ao sensor, uma vez que sua vida útil estimada é relativamente curta e pode se tornar inoperante em poucos anos. Sendo assim, o valor de interpretabilidade está vinculado às características de resolução do sensor e à sazonalidade.

Apesar do corpo do trabalho apresentar características de conhecimento cartográfico, uma das preocupações do estudo é refletir sobre o aperfeiçoamento do mapeamento de referência de forma que contribua para produtos derivados, como mapas temáticos e análises espaciais, ferramentas que podem contribuir significativamente para o conhecimento do espaço geográfico.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPBELL, J. B.; WYNNE, R. H. **Introduction to Remote Sensing**. The Guilford Press. Fifth edition. 667p. 2011.

CORREIA, J. D., CRUZ, C. B. M., MENEZES, P. M., MARINI, S., BARROS, R. **Contribuição das Imagens CBERS na Atualização do Mapeamento Sistemático Brasileiro Na Escala 1:100.000**. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. p. 873-880. 2005.

CRUZ, C. M.; BARROS, R. S., **Contribution of New Sensors to Cartography**. In: Cartography – A Tool for Spatial Analysis. Edited by Bateira, C. 312 páginas. Publicado por *InTech*, em 17/08/2012. Earth and Planetary Sciences. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/cartography-a-tool-for-spatial-analysis/contribution-of-new-sensors-to-cartography>>. Acesso: 30 de novembro de 2012.

D'ALGE, J. C. **Atualização Cartográfica por Imagens de Satélite**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/~julio/consult1.pdf>>. Acessado em 15 de novembro de 2012.

DRAEGER, A. **Interpretability of High Altitude Multispectral Imagery for the Evaluation of Wildland Resources**. Annual Progress Report. 48p. 1967.

DSG. **Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais. Vetoriais**. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. Exército Brasileiro. 253p. 2010.

DUDA, R.; HART, P. & STORK, D. **Pattern Classification**. Second Edition. Wiley-Interscience Publication. Introduction. p. 1-19. 2001.

GREER, J.D.; CAYLOR, Y. **Development of an Environmental Image Interpretability Rating Scale**. SPIE Vol. 1763 Airborne Reconnaissance XVI p. 151-157. 1992.

HOLANDA, A. F. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa**. São Paulo: Positivo. 2120 p. 2004.

HOTHEM, D., IRVINE, J.M. MOHR, E.; BUCKLEY, K.B. **Quantifying Image Interpretability For Civil Users**. Proceedings of the American Society of Photogrammetry and Remote Sensing Annual Meetings. p. 292-298. 1996.

HOUAISS, A. **Dicionário eletrônico da língua portuguesa**. Versão 1. [s. l.]: Instituto Antonio Houaiss; Editora Objetiva. CD-ROM. 2001.

IBGE. **Avaliação Planimétrica de Imagens ALOS/AVNIR-2. Estudo de Caso: Uberlândia-MG**. Relatório 2009/2010. Rio de Janeiro. 2010. Disponível em: <<ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/cartografia/relatorioavnirfinal.pdf>>. Acessado em 15 de novembro de 2012.

IBGE. **Manual de Procedimentos Técnicos para Fiscalização, Controle de Qualidade e Validação da Base Cartográfica Contínua na Escala 1:250 000**. Manual Técnico de Geociências. Nº 12. Coordenação de Cartografia. Diretoria de Geociências. 31p. 2011.

IBGE. **Relatório do Projeto BR250. Projeto Piloto de atualização do Mapeamento 1:250.000**

- utilizando imagens orbitais.** Relatório interno da Coordenação de Cartografia. Rio de Janeiro. 15p. 2008.
- INSPIRE. **INSPIRE Data Quality and Metadata.** Workshop: "From Requirements to Metadata". Spatial Data Infrastructures Unit. European Commission. 16 p. 2010.
- IRVINE, J. **National Imagery Interpretability Ratings Scales: Overview and Product Description.** Proceedings of the American Society of Photogrammetry and Remote Sensing Annual Meetings. p. 93-103. 1997.
- ISO 19113. **Quality principles.** ISO/TC 211. Geographic information / Geomatics.. Oslo – Norway. 29p. 2003.
- ISO 19157 **Data quality.** ISO/TC211 Geographic Information. / Geomatics. Oslo – Norway. 146p. 2010.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres.** Tradução da 2ª ed. por (pesquisadores do INPE): José Carlos N. Epiphanyo (coordenador); Antônio R. Formaggio; Athos R. Santos; Bernardo F. T. Rudorff; Cláudia M. Almeida; Lênio S. Galvão. São José dos Campos: Parêntese. 672p. 2009.
- LEACHTENAUER, J.C.; DRIGGERS **Surveillance and Reconnaissance Imaging Systems: Modeling and Performance Prediction.** Artech House, INC. 399 p. 2001.
- LEACHTENAUER, J.C.; SALVAGGIO, N.L. **NIIRS Prediction: Use of the Briggs Target.** Proceedings of the American Society of Photogrammetry and Remote Sensing Annual Meetings. p.282-291. 1996.
- LILLESAND, T.; KIEFER, R.; CHIPMAN, J. **Digital Image Processing.** In: Remote Sensing and Image Interpretation. Wiley. Sixth Edition. USA. p. 524-647. 2008.
- KESITER, M. **Multispectral Imagery Reference Guide.** Fairfax: Logicon Geodynamics. 205p. 1997.
- KIM, Y. KIM, D. KIM, S. **Image-Based Estimation And Validation Of Niirs For High-Resolution Satellite Images. Method for Assessing Spectral Image Utility.** XXII Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Melbourne. p. 37-52. 2012.
- NOVO, E. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações.** Ed. Blucher. 4ª Ed revista. 388p. 2010.
- MACHADO E SILVA, A., SILVA, M., SANTINI, D.. **Mapeamento Topográfico usando imagens IKONOS.** Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5-10 abril de 2003. Belo Horizonte. Org. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. p. 297-302 2003.
- MANGABEIRA, J., LAMPARELLI, R. A., AZEVEDO, E. **Utilização de Imagem IKONOS-II para Identificação de Uso da Terra em Área com Alta Estrutura Fundiária.** Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5-10 abril de 2003.. Belo Horizonte. Org. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. p. 165-167. 2003.
- MANTA, V. **Utilização De Imagens De Satélite no Contexto Municipal - Atualização da Cartografia 1:10 000.** Detecção Remota como um instrumento de gestão e apoio à decisão. Apresentação na Ordem de Engenheiros de Portugal. Região Norte. 2012.
- MAYER, L.M., ERDMAN, C.D; RIEHI, K. **Imagery Interpretability Ratings Scales.** Apresentação para Society for Information Display. 1995.
- OGC. **The OpenGIS Abstract Specification. Topic 7: The Earth Imagery Case. Version 5.** Geographic information . Reference Model. Imagery. ISO TS 19101. 37p. 2004.
- PAOLA, J. D.; SCHOWENGERDT, R. A. **Comparisons of neural networks to standard techniques for image classification and correlation.** Proceedings of the International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS'94, Pasadena, 1994, Pasadena: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Piscataway, p.1404-1406. 1994.
- RICHARDS, John A.; JIA, Xiuping. **Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction.** Springer. 4 edição. Austrália. 439p. 2005.
- SCHOTT, J, R. **Remote Sensing. The Image**

- Chain Approach.** Oxford University Press. Second Edition.. 666p. 2007.
- SCHOWENGERDT, R. **Remote Sensing. Models an Methods for Image Processing.** Academic Press. 522p. 1997.
- SILVEIRA, G., SASSAKI, A., NEVES, C., ISHIKAWA, M. **Escala Máxima de Uso do Produto IKONOS. Estudo de Caso para Araçoiaba da Serra.** Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia. Org. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. p. 2589-2596. 2005.
- STEFANOU, M.; KEREKES, J. **A method for assessing spectral image utility.** Transactions On Geoscience And Remote Sensing, Vol. 47, Nº. 6, Junho. p. 1698-1706. 2009.
- USGS. **A Land Use And Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data.** Geological Survey Professional Paper 964. Redigido por James R. Anderson, Ernest E. Hardy, John T. Roach, And Richard E. Witmer. 41p. 2001.
- VERGARA, O., CINTRA, J., D`ALGE, J. **Avaliação da Exatidão Cartográfica de Documentos Atualizados com Imagens Orbitais e Sistemas de Informação Geográfica.** Comissão Técnica V: Sensoriamento Remoto e Interpretação de Imagens. Departamento de Engenharia Cartográfica. Instituto Militar De Engenharia. p.1021-1030. 2007.