

Revista Brasileira de Geografia Física

REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Extração Direta de Informação Cartográfica de Média Escala para Base de Dados Geográfica¹

Kelly Nancy Adelina de Oliveira²

¹Parte da Dissertação de Mestrado em "Sistemas de Informação Geográfica-Tecnologias e Aplicações" pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa-FCUL, produto do estágio no Instituto Geográfico do Exército (IGeoE) no âmbito do *Multinational Geospatial Co-production Program*; ²Geógrafa, mestre e consultora técnica em SIG.

Artigo recebido em 09/11/2014 e aceito em 24/02/2015

RESUMO

A implementação de projetos e tomadas de decisões requerem reunião, organização e atualização contínuas de informações a respeito das mudanças rápidas e constantes ocorridas nas sociedades atuais. É de suma importância a realização de levantamentos cartográficos diretamente para base de dados, os quais nunca estão concluídos e devem sempre acompanhar as referidas mudanças através do progresso da tecnologia. A busca por tecnologias que possibilitem melhor eficiência e menor custo tem despertado interesse crescente por parte da comunidade científica e é o tema deste trabalho. Na metodologia desenvolvida procurou-se perceber se houve aumento da eficiência nas tarefas de aquisição de dados (em termos de quantidade de dados e de tempo despendido) realizadas no âmbito do *Multinational Geospatial Co-production Program*, com a utilização das imagens multiespectrais (2 m de resolução espacial) comerciais provenientes do satélite WorldView-2 que substituíram as do WorldView-1 (0,5 m de resolução), apenas pancromáticas. Dos resultados obtidos foi possível verificar que a utilização das imagens multiespectrais resulta em média numa eficiência cerca de 36,7% superior em relação à das pancromáticas. Uma análise mais minuciosa revelou que nem para todos os objetos citados neste projeto o uso das imagens multiespectrais revela-se como o mais promissor.

Palavras-chave: produção cartográfica, pancromáticas, multiespectrais, resolução espacial, eficiência.

Direct Extraction of Average Range Cartographic Information for Geographic Database

ABSTRACT

The projects implementation and decision making requires combination, organization and continuous updating of information related to the rapid and constant changes in nowadays societies. It is major importance to carry out cartographic surveys directly to databases, which are never concluded and should always follow these changes throughout the progress of technology. Look for technologies with greater efficiency and lower cost has attracted crescent interest of the scientific community, and it is the subject of this work. The developed methodology was sought to understand if there was an increase in the efficiency of data acquisition tasks (in terms of amount of data and time spent) carried out under the Multinational Geospatial Co-production Program, with the use of multispectral images (2 m spatial resolution) from the satellite WorldView-2 which have replaced the WorldView-1 (0.5 m resolution), only panchromatic. The results obtained show that the use of multispectral images results in greater efficiency when compared to the panchromatic images, representing a difference of about 36.7% in average. A closer analysis showed that not for all the objects referenced in this project the use of multispectral images was the most promising.

Keywords: cartographic production, panchromatic, multispectral, spatial resolution, efficiency.

* E-mail para correspondência: kelly_nao2003@yahoo.com.br (Oliveira, K.N.A.)

Introdução

Em uma época em que se tem assistido a uma

crescente consciencialização por parte dos países no que diz respeito às evidentes fragilidades sociais, ambientais e econômicas as quais têm levado os representantes daqueles a ações de regulação e de procura de sustentabilidade, o conhecimento dos recursos e potenciais econômicos de um país ou de uma determinada região é um importante aliado para a realização do seu planejamento e gestão pelo que é necessária a recolha de informações que propiciem tal conhecimento. Para isso, a produção cartográfica, seja ela de base ou temática, tem-se mostrado como ferramenta importante nesse processo.

Quando se pensa em aquisição de informação a partir de imagens, pensa-se primeiramente como serão utilizadas tais informações e nos objetivos a atingir. Partindo-se deste princípio, se elas se destinarem à produção de mapas ou cartas, deve-se pensar na escala a representá-las, decidir pela qualidade das imagens a serem utilizadas e, consequentemente, sua origem. Assim sendo, há que se considerar as resoluções das imagens, sobretudo a espacial cujo nível de qualidade permite caracterizar a cobertura da superfície da Terra e eventualmente detectar mudanças nessa cobertura, dependendo da densidade de informações a serem adquiridas (Wulder et al., 2008). Desta forma, no sentido de facilitar a aquisição de informações em termos de custo, tempo e precisão, vários estudos têm sido realizados em campos diversos aliando técnicas de sensoriamento remoto processamento de imagens, considerando-se a resolução das imagens a serem utilizadas.

Em substituição às imagens provenientes de fotografias aéreas, as imagens de satélites têm sido utilizadas mais recentemente para a citada produção (para projetos baseados em Sistemas de Informação Geográfica - SIG), pois o avanço no aumento da resolução temporal, espectral e principalmente espacial dos sensores em satélites tem oferecido melhores condições para a obtenção de informações diversas como, por exemplo, os elementos formadores de uma rede urbana: telhados, passeios, ruas, entre outros (Lechiu et al., 2012).

Grigio (2003) defende que as imagens com tal origem e recorrendo a SIGs, a técnicas de sensoriamento remoto e às novas técnicas de processamento de imagens, possibilitam a geração de informações sinópticas e precisas para avaliação de temáticas diversas da superfície terrestre, como a de mudanças geoambientais. Neste sentido, em ambiente SIG ele procedeu à elaboração e análise de mapas recorrendo a dados provenientes de cartas

topográficas e principalmente de imagens de satélites (Landsat 5TM, Landsat 7 ETM+ e SPOT 4 HRVIR) de períodos diferentes com o principal objetivo de classificar regiões do Município de Guamaré, Rio Grande do Norte, Brasil, quanto ao índice de vulnerabilidade que apresentam em aos impactos ambientais decorrentes de ações naturais e antrópicas, além da pretensão de monitorar o ambiente onde se encontra instalado o Pólo Petrolífero do mesmo município. trabalho permitiu-lhe identificar classes regionais antes inexistentes (carcinicultura, açude e assentamento) e uma grande redução das áreas dedicadas ao cultivo de extração de sal. No decorrer das suas atividades, foram realizados testes de cruzamentos para a criação de mapas de vulnerabilidade a diferentes acidentes representantes das áreas no entorno das instalações de tal Pólo, tendo sido destacadas as que se encontram no raio limite de 200 m de cada lado das pistas de dutos. Da realização deste estudo fica clara a importância das referidas imagens combinadas com diferentes técnicas na avaliação e mapeamento das atividades antrópicas nos meios econômicos, culturais e também ambientais de uma determinada região.

Castillejo-González et al. (2009) conseguiram demonstrar que, nos dias atuais, as técnicas de sensoriamento remoto recorrendo a recursos como fotografias aéreas e imagens de satélites de alta resolução espacial (QuickBird) constituem uma fonte fiável na determinação precisa de variáveis florestais e agronômicas, e, assim, importantes aliados na economia de tempo e custos a serem despendidos em trabalhos de mapeamento de áreas com estes tipos de variáveis. Contudo, de acordo com Mallinis et al. (2008), imagens captadas por sensores de satélite apresentam menores distorções geométricas do que as provenientes de sensores instalados a bordo de aviões, pelo que aquelas permitem uma produção de mapas mais precisos e detalhados espacialmente.

Nos dias atuais já é possível serem encontrados com alguma facilidade trabalhos de produção de cartografia que são desenvolvidos com base na resolução dos sensores dos satélites. Com o intuito de facilitar o estudo e monitorização de florestas tropicais em termos de custos e tempo, Gomes (2009) realizou análises baseadas em dados de alta resolução espacial dos sensores dos satélites Ikonos (1 m) e Quickbird (0,60 m) através das quais obteve resultados satisfatórios ao serem identificadas algumas espécies florestais com a utilização de

dados do segundo satélite citado.

Com o fim de "estimar a área de três importantes culturas agrícolas (soja, cana-de-açúcar e milho) com diferentes padrões de paisagem no Sudeste Brasileiro", Soares et al. (2008) utilizaram métodos de sensoriamento remoto e imagens de satélites com sensores de diferentes resoluções espaciais: Landsat-7 Enhanced Thematic Mapper plus (ETM +) com 30 m de resolução espacial e *Moderate* Spectroradiometer Imaging Resolution (MODIS)/Terra - bandas 1 e 2 - com 250 m de resolução. De acordo com eles, apesar do Landsat-7 ETM + ser adequado para estimar áreas cultivadas, ele apresenta um longo tempo de revisita ou resolução temporal: 16 dias. Tal fator limita a aquisição de imagens livres de nuvens em regiões épocas tropicais em importantes desenvolvimento da cultura, pelo que optaram pela utilização de imagens de satélites que, apesar de possuírem uma resolução espacial grosseira como o MODIS, normalmente apresentam uma cobertura global quase diária (1 a 2 dias). No entanto, em relação às estimativas de áreas proporcionadas pelas imagens do ETM +, o MODIS superestimou as áreas de cultivo de soja e de cana-de-açúcar, e subestimou as de milho. Além disso, da análise das deste também imagens instrumento evidenciado que, para este fim específico, resoluções espaciais grosseiras podem conduzir a erros de estimativa e desaparecimento de pequenos objetos em limites críticos de resolução. Desta forma, tal estudo e resultados deixam implícita a conclusão de que além da resolução espacial, é de suma importância a temporal para a produção de imagens de determinadas regiões terrestres.

Ponzoni e Rezende (2002) realizaram o procedimento de simulação de imagens de baixa resolução espacial a partir de uma de média resolução (30 m) pela aplicação de filtros, a fim de serem obtidas novas imagens do TM/Landsat-5 referentes às bandas de TM1 a TM5 e TM7 com 60, 100, 120, 200 e 250 m de resoluções espaciais. Tal procedimento classificação digital supervisionada, da criação de mapas temáticos e da interpretação visual, teve como objetivo principal avaliar a influência da resolução espacial de imagens na identificação de áreas de floresta, de não-floresta, de capoeira nova e de capoeira madura no município de Altamira, no Estado brasileiro do Pará. Capoeira é uma palavra formada pela junção dos termos ka'a (mata) e pûer (que já foi) de origem da língua tupi-guarani, que no português significa mato que nasceu em lugar de vegetação original que foi cortada. Refere-se às áreas do Brasil compostas por vegetação secundária, representada por gramínias e arbustos esparsos. Depois de ser avaliada a exatidão do mapeamento, chegou-se à principal conclusão de que os mapas elaborados a partir de imagens com resolução espacial a partir de 200 m apresentaram ligeira confusão na identificação dos temas e, consequentemente, que a resolução espacial é um dos fatores mais importantes na definição das legendas dos mapas temáticos.

O mapeamento e classificação de reservas florestais naturais são realizações importantes para o desenvolvimento de estudos e ações de manejo e de gestão, como de reintrodução de fauna, de florística e, entre outras, de proteção, recuperação e educação ambiental. Assim, a fim de conhecer as diferentes fases de desenvolvimento florestal, trabalhos têm sido desenvolvidos nesse sentido, como o de Amaral et al. (2009), que recorreram a técnicas de sensoriamento remoto e a imagens de satélites (Quickbird, IRS-P6 e CBERS-2) de diferentes resoluções espaciais e espectrais com o objetivo primeiro de obter classes de mapas representantes das referidas fases, de forma mais objetiva e econômica. Deste constatou-se que, pelas técnicas e imagens utilizadas, não foi possível obter mapas representantes de todas as fases de desenvolvimento florestal, mas permitiram um planejamento mais eficiente das ações a serem realizadas na etapa conclusiva, ou seja, na qual as reservas se apresentam no estádio avançado de sucessão florestal. Sucessão florestal denominação dada ao processo de crescimento de árvores componentes de uma floresta, em lugar de outras anteriormente cortadas/derrubadas.

Considerando que a obtenção de informações referentes à produção agrícola através de métodos tradicionais como a aplicação de questionáriospadrão a produtores, cooperativas e representantes de órgãos públicos e privados é caro, demorado, muito suscetível a erros de análise humana e pode dificultar a estimativa da precisão dos dados e resultados obtidos (Ippoliti-Ramilo et al., 1999), Ramirez e Zullo Júnior (2010) procuraram obter informações precisas, em tempo útil e a baixo custo sobre a extensão e o rendimento da cultura do café (um dos produtos agrícolas mais importantes para a economia brasileira). Para isso recorreram a técnicas de sensoriamento remoto e imagens do satélite Quickbird de alta resolução espacial a partir das quais puderam verificar que o uso de imagens com tal resolução permite detectar características

biofísicas importantes quando se pretende realizar o acompanhamento de safras de culturas. Como se pode perceber, tais procedimentos têm-se revelado como aliados imprescindíveis quando se pretende um planejamento adequado pela correta integração entre a produção e o mercado (Liu e Liu, 1988).

Sabendo da importância do mapeamento de áreas agrícolas plantadas e da aquisição de informações que possibilitem a geração de estatísticas confiáveis para a regulação dos estoques e dos preços de tais produtos, Rudorff et al. (2007) realizaram um trabalho com o fim de avaliar as limitações e o potencial das imagens do MODIS no mapeamento de áreas plantadas com soja no Estado brasileiro do Rio Grande do Sul, através do método de classificação de vegetação. Para a realização do utilizado um mapa foi temático (reamostrado para a resolução espacial das imagens MODIS: 250 m x 250 m) da cultura na referida região, resultante de imagens multitemporais e multiespectrais Landsat 5TM e 7ETM+, como referência para auxiliar na orientação amostragem dos pixels de treinamento para o classificador e na avaliação do resultado da classificação. Utilizando métodos estatísticos para tal avaliação, verificou-se que regiões de latifúndios corretamente foram plantadas com soja identificadas e classificadas. O mesmo classificador se mostrou ineficiente quando se tratou de regiões de minifúndio devido à baixa resolução espacial das imagens do satélite MODIS.

Portugal (2010) realizou um estudo com o objetivo de verificar a utilidade e o valor da integração de imagens de satélite de alta resolução espacial na produção cartográfica temática (edifícios e vias) a nível municipal pela comparação entre a quantidade dos objetos adquiridos pelos trabalhos de digitalização manual a partir de análise visual de imagem (trabalhos clássicos de produção cartográfica) e a quantidade obtida pela aplicação de técnicas de extração automática de informações geográficas. Contudo, apesar dos seus esforços e de outros técnicos, chegaram-se às conclusão de que apesar de ter obtido resultados da extração automática de elementos adequados, ainda não existem estudos suficientes nem uma metodologia standard para os testar e avaliar mais eficazmente. Além disso, também concluiu que, devido à consideração das várias características inerentes a um objeto geográfico, um operador humano tem a capacidade de identificar e extrair com maior exatidão elementos de uma imagem.

Conforme se pôde constatar, até agora só foram

brevemente relatados trabalhos que envolvem a utilização de imagens de satélite em escala e resolução variada para a produção cartográfica temática. Li (1998) desenvolveu um trabalho a fim de verificar o potencial das imagens de satélite em trabalhos de produção cartográfica, cuja fonte de dados primários de alta resolução, até então, eram as fotografias aéreas. Com a previsão para o lançamento dos satélites WorldView-1 e 2 que iriam produzir imagens de alta resolução espacial e em maior quantidade proporcionada principalmente pelo seu curto tempo de revisita, além de capacidade estéreo fotogramétrica e a preços mais acessíveis ao público geral prometiam uma realidade que veio para ficar.

Contudo, a utilização de tais imagens em trabalhos voltados para a produção cartográfica de base ainda foi muito pouco explorada. Dentre os exemplos, pode-se citar o trabalho desenvolvido por Silva e Candeias (2003) que utilizaram ortofotocartas digitalizadas do centro da cidade do Recife-PE/Brasil e imagens do satélite Quickbird da mesma região com resolução espacial de 0,70 m com o objetivo principal de propor uma metodologia para realizar uma atualização cartográfica de base pela sobreposição de imagens de satélite com ortofotocartas pré-existentes. Essa metodologia consiste conversão na ortofotocartas de formato analógico para o digital, pela sua escanerização com o número de 'pontos por polegada' (dpi) adequado para dar origem a imagens sintéticas com a mesma resolução das provenientes do sensor do satélite Quickbird. Posteriormente deve-se proceder à criação de um mosaico com essas imagens; à sobreposição das imagens de satélite com o referido mosaico e, finalmente, à atualização cartográfica pela vetorização dos elementos presentes nas imagens de satélite e que não constam das ortofotocartas. Como resultado, pela aplicação desta metodologia aliada a processamento digital de imagens e métodos de sensoriamento remoto, os responsáveis por tal estudo puderam concluír que a citada atualização cartográfica torna-se mais fácil, mais rápida e consequentemente menos onerosa do que outras até então utilizadas.

Dos vários estudos resumidamente relatados nota-se a importância tanto das técnicas descritas quanto das imagens, principalmente das provenientes de sensores instalados a bordo de satélites, cuja melhoria contínua de características (como as resoluções, por exemplo) permite a aquisição de informações destinadas ao

mapeamento e avaliação de atividades antrópicas nos meios econômicos, culturais e ambientais e, entre outras, mapeamento, estudo e monitorização de áreas de coberto florestal, agrícolas e de rede urbana com maior rapidez e precisão.

A importância dos inúmeros trabalhos desenvolvidos nesses sentidos é de reconhecimento das comunidades científicas e, entre outras, das governamentais. Contudo, o desenvolvimento das tecnologias aliado ao constante lançamento de satélites tornam indiscutível a necessidade de serem realizadas pesquisas as quais possibilitem de modo mais efetivo a aplicação do sensoriamento remoto para apoiar outras metodologias a serem utilizadas em atividades diversas, como por exemplo as voltadas para a aquisição de dados e mapeamento de áreas.

Diante do exposto percebe-se que a aquisição, organização e atualização de dados de uma determinada região, de uma determinada sociedade é imprescindível para que se possa efetivar a implementação de projetos e tomadas de decisão. Para estas atividades é de suma importância a realização de aquisição de dados e de produção cartográfica a qual deve acompanhar as mudanças por que passam as sociedades utilizando-se do progresso das tecnologias quando ocorrem melhorias tanto das condições de trabalho quanto dos resultados. Quando se tratam de levantamentos cartográficos tem que se ter em consideração a qualidade das imagens com as quais se trabalham e, considerando-se imagens de satélite, a referida qualidade depende principalmente da resolução dos sensores.

A busca por imagens de satélites com uma qualidade tal que possibilite aos utilizadores atingir o máximo de eficiência (e com o menor custo possível) nos seus trabalhos tem se tornado um tópico de investigação crescente ao longo das últimas três décadas, cujo resultado tem se voltado principalmente para a produção cartográfica temática em escala e resolução variadas.

Para as atividades em questão essa produção cartográfica temática tem a sua importância. Contudo, diante da aquisição de dados diretamente para uma base de dados geográfica, ela pouco ajuda em questões como 'exercícios North Atlantic Treaty Organization (NATO)' e 'desastres humanitários' a exemplo do terremoto ocorrido no Haiti em 2010, quando foram utilizados dados geo-espaciais da região adquiridos no âmbito do Multinational Geospatial Co-production Program (MGCP) diretamente para a sua base de dados.

De modo semelhante ao anteriormente citado, em âmbitos governamentais diversos assim como no do MGCP existe uma preocupação contínua de saber se as imagens com as quais se trabalham possibilitam aos técnicos atingir em suas atividades o máximo de eficiência em termos de quantidade de objetos adquiridos e de tempo necessário para a sua extração para a base de dados, tendo em consideração as escalas em questão. consequência dessa necessidade, o objetivo principal desta pesquisa consiste em realizar uma comparação da eficiência atingida nos trabalhos de aquisição de geo-informação diretamente para a base de dados do MGCP pelo uso das imagens multiespectrais comerciais provenientes do satélite WorldView-2 em substituição das pancromáticas do WorldView-1, anteriormente utilizadas nessas atividades. O objetivo secundário consiste em identificar as melhorias conseguidas e/ou as dificuldades enfrentadas.

Material e Métodos

MGCP, ISO, TRD, MGCP Feature and Attribute Catalogue, MGCP Extraction Guide e MGCP Metadata Specification

O MGCP é um programa que surgiu em 2003 no âmbito de algumas agências nacionais de defesa produtoras de geoinformação. Esse programa tem como objetivo principal mapear áreas de interesse dos países que dele participam com uma resolução espacial compatível com as escalas 1:50.000 e 1:100.000 de acordo com o maior ou menor interesse estratégico da área, respectivamente.

As metas de produção no âmbito do MGCP são alcançadas através da utilização de normas comuns e práticas que promovem a interoperabilidade entre as nações.

Assim, Os trabalhos de aquisição de geoinformação do MGCP são realizados pela vetorização de objetos pontuais, lineares e areais respeitando-se as normas constantes do Technical Reference Documentation (TRD) ou "Documento de Referência Técnica" que, como o próprio nome sugere, consiste numa documentação de referência técnica com os critérios e as especificações para a recolha de dados. O TRD foi criado com base nas normas de produção de informação geográfica da série ISO/TC 211 (ISO, 2003, 2007) e os dados para este trabalho foram adquiridos baseando-se nas especificações da versão 3 (TRD v.3). Destacamos as ISO nº 19115:2003 e 19139:2007, a fim de facilitar seu armazenamento, modelação, simulação e intercâmbio por parte das entidades que as

produzem, distribuem ou simplesmente as utilizam.

Dentre as oito (8) componentes do TRD v.3, as mais importantes para os trabalhos de aquisição dos dados são o MGCP Feature and Attribute Catalogue ou "Catálogo de Objetos" (contém uma lista de todos os objetos e respectivos atributos, codificados, que devem ser vetorizados caso sejam identificados pelos técnicos nas áreas em mapeamento), o MGCP Extraction Guide ou "Guia de Extração" (contém as normas/instruções necessárias para a correta aquisição dos dados contidos no MGCP Feature and Attribute Catalogue) e o MGCP Metadata Specification ou "Especificação de Metadados" (define os metadados dos objetos e das células exigidos pelo MGCP).

Descrição da área de estudo

Esse estudo foi realizado a partir da aquisição de geo-informação de áreas relativas ao território de Angola (Figura 1), que está situada na África Central Ocidental, numa zona intertropical, mas possui um clima que não é apenas influenciado por esta condição, mas também pela morfologia do terreno, pela corrente de Benguela e pela proximidade do deserto de Namibe. Esse clima é caracterizado de modo geral por apresentar apenas duas estações: chuvosa com temperaturas elevadas que vai de outubro a abril e seca com temperaturas amenas (localmente designada de Cacimbo) que vai de maio a setembro. Contudo, as temperaturas e a paisagem mudam gradualmente de norte para sul do seu território (Figura 1) que é dividido em zona costeira e zona interior (norte, de altitude e sudeste).

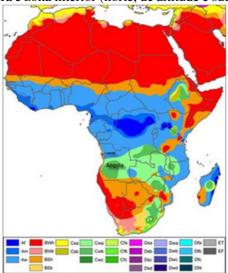


Figura 1. Mapa climático da África de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger. (Adaptado de 'Ache Tudo e Região', 2013).

As áreas a serem mapeadas, divididas em células de 1º de latitude x 1º de longitude são, por sua vez, divididas em 16 subcélulas (Figura 2), cada uma com, aproximadamente, 28 km x 28 km de área. Esta subdivisão é realizada pelo Instituto Geográfico do Exército (IGeoE) com o objetivo de facilitar a distribuição dos trabalhos de aquisição de informações geográficas entre os seus técnicos.

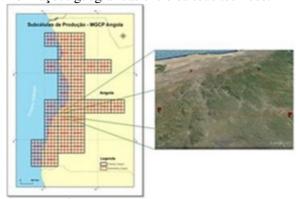


Figura 2. À esquerda: células e subcélulas de produção MGCP. À direita: enquadramento da área de estudo (GoogleEarth, 2013).

Uma subdivisão da célula EO13S14 (Figura 2), a sul de Benguela, mais especificamente a individualizada pelas arestas definidas a partir das coordenadas 13°14'59,979"E - 12°59'59,945"S (canto superior esquerdo), 13°30'0,126"E - 12°59'59,894"S (canto superior direito), 13°15'4,459"E - 13°14'56,846"S (canto inferior esquerdo) e 13°29'58,755"E - 13°15'1,985"S (canto inferior direito), foi a utilizada no desenvolvimento das atividades inerentes ao estudo desenvolvido neste trabalho.

Conhecendo-se as condições climáticas e morfológicas da região, tal área foi escolhida por não apresentar vegetação muito densa nem muito pedregosa o que dificultaria a visualização e identificação de pequenos objetos ao longo do terreno. Apesar disso, este assume diferentes morfologias (Figura 3) o que é um fator importante para garantir que a investigação a ser desenvolvida possa ser aplicada a diferentes cenários.

Descrição dos dados

Para o desenvolvimento desta pesquisa utilizaram-se como fontes primárias de dados imagens do satélite *WorldView-2* pré-processadas, pancromáticas e, posteriormente, multiespectrais cobrindo a área de estudo. Suas características técnicas avançadas foram o fator decisivo para serem adotadas nos trabalhos do MGCP.



Figura 3. Exemplo de diferentes morfologias apresentadas pela área de estudo. Ortofoto *pan-sharpened*.

As imagens dizem-se pré-processadas uma vez que foram georreferenciadas em relação ao terreno, retificadas com um Modelo Digital do Terreno (MDT) e referenciadas umas às outras em ambiente ArcGIS 10.1 depois de adquiridas pelos sensores dos citados satélites, sendo que tais processos não serão apresentados nas tarefas e análises a serem apresentadas e desenvolvidas neste trabalho.

As imagens pancromáticas e as multiespectrais são captadas no mesmo instante, o que permite importantes análises técnicas (a exemplo deste estudo por comparação) a serem utilizadas em tomadas de decisão. Dentre as imagens comerciais atualmente disponíveis ao público, as provenientes desse sensor apresentam as melhores resoluções espaciais (pancromáticas: 0,46 m (GSD) no nadir e 0,52 m (GSD) a 20° off-nadir e multiespectrais: 1,85 m (GSD) no nadir e 2,07 m (GSD) a 20° off-nadir), ficando um pouco a perder para as do GeoEye-1 (0,41 m pancromáticas e 1,65 m multiespectrais). Contudo, tal diferença é mínima e, uma vez que ambos os satélites têm origem norte-americana, suas leis para a comercialização de imagens de alta resolução a utilizadores externos aos serviços governamentais deste país só permitem a sua disponibilização com resoluções reamostradas para 0,5 m e 2 m, respectivamente. Portanto, a diferença de resolução original não é levada em conta.

A principal vantagem apresentada pelo satélite WorldView-2 em relação a outros satélites multiespectrais de alta resolução é a mais alta capacidade de detecção espectral (8 bandas) comercialmente disponível nos dias atuais, que consiste em uma questão muito importante em atividades que envolvem aquisição de geoinformação utilizando-se imagens multiespectrais de satélite. Isto porque, uma vez que a radiação

eletromagnética reage com os alvos de forma diferente de acordo com suas características e de acordo com as propriedades físico-químicas dos objetos, uma vez que as diferentes bandas espectrais apresentam entre si características distintas e os sensores captam imagens utilizando radiação eletromagnética refletida em uma ou mais regiões do espectro, isto permite que as imagens provenientes de diferentes bandas espectrais possibilitem a identificação de uma quantidade mais significativa de objetos e que possam também ter aplicações distintas e variadas.

No momento da sua aquisição pelo sensor de um satélite, as imagens sofrem distorções provocadas por vários fatores, mas principalmente 'pela curvatura e pelo movimento de Rotação da Terra, pelo sistema de varrimento, pela instabilidade e atitude da plataforma e pelo relevo/topografia do terreno' (Catalão, 2010). Assim, para reduzir tais distorções e, consequentemente, melhorar a precisão das imagens e a visualização dos objetosalvo, é comum e de grande importância serem utilizadas técnicas de 'processamento digital de imagens' (PDI), uma vez que estas ainda não são realizadas pelos satélites. Desta forma, os técnicos do IGeoE iniciam as atividades do MGCP pela realização de algumas técnicas de PDI (também realizadas em ambiente ArcGIS 10.1), como a criação de mosaicos (Figura 4) e ortorretificação de imagens.

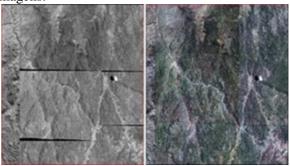


Figura 4. Mosaicos de ortofotos pancromáticas (à esquerda) e multiespectrais (à direita) da área de estudo.

Os mosaicos de imagens, compostos pela "união" de duas ou mais imagens ou extratos delas, são criados com o fim de cobrir as grandes extensões do terreno com as quais se trabalham.

A "Ortorretificação" ou "correção geométrica" é feita com o objetivo de ajustar a georreferenciação original das imagens. Para tal podem ser utilizados Pontos Fotogramétricos (PF), cartas geográficas digitais ou digitalizadas ou Modelos Digitais do

Terreno (MDT).

Especificamente para o mapeamento de áreas de Angola, como fontes auxiliares de restituição de dados (Figura 5), estão sendo utilizados o MDT e o *Raster*, correspondentes. Estes facilitam a identificação de certos objetos (principalmente dos cursos de água) e possibilitam a aquisição indireta de dados espaciais, como no caso da utilização do *raster* de edições antigas de cartas analógicas do IGeoE (finais da década de 1950) que apresenta dados anteriormente adquiridos, a exemplo dos nomes dos principais cursos de água, de estradas e de povoados de Angola.

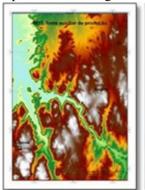




Figura 5. MDT (à esquerda) e *raster* Angola (à direita) de parte da área de estudo.

Procedimentos metodológicos Workflow das vetorizações e das análises

A metodologia adotada neste projeto está esquematizada na Figura 6. Neste item basta esclarecer que o processo foi iniciado com a construção de uma tabela na qual estão identificados todos os elementos geográficos a extrair. Nela foram sendo registrados dias e horas de trabalho despendidos para a aquisição de cada um deles.



Figura 6. Diagrama representativo da metodologia aplicada.

Vetorização

Estas atividades foram realizadas atentando-se para as normas MGCP constantes do TRD, do Guia de Extração e do Catálogo de Objetos, estando as principais descritas a seguir.

Objetos lineares Linhas de água

Os trabalhos foram iniciados pela vetorização de "linhas de água", definidos como cursos de água que fluem naturalmente na superfície terrestre

Dentre as normas, para a escala definida, a principal para este tipo de elementos, é a aquisição das linhas que possuam comprimento ≥ 300 m e distância entre as suas margens < 2 m. Além disso, o espaço entre duas linhas deve ser ≥ 200 m.

Vias de comunicação

De acordo com as normas, estes elementos devem ter comprimento ≥ 300 m e "aparecem como linhas retas em áreas abertas e planas, apresentando curvas frequentes e desvios para evitar obstáculos."

Quanto à classificação, uma via de comunicação cuja largura entre suas margens seja < 1,5 m, suficiente para passar apenas homens ou animais de carga seguindo por superfícies de menor resistência, muitas vezes em zigue-zague até encostas mais íngremes e em desvios para evitar obstáculos, além de que em imagens pancromáticas a superfície natural apresenta-se num tom claro de cinza, deve ser recolhida como trilha humana ou pé-posto (trail). Aquelas que, nessas mesmas imagens, possuem superfície natural apresentando-se também em um tom claro de cinza, mas com dois sulcos paralelos, especialmente quando atravessam solos macios, e com uma largura ≥ 1.5 m e < 2.5 m, embora susceptível de apresentar irregularidades ao longo do seu comprimento, esta deve ser extraída como trilha de carro ou caminho carreteiro (cart track). E aquelas que têm largura ≥ 2,5 m, com arestas retas e bem definidas, com tendência a ser mais curvas em áreas montanhosas, a apresentar curvas fechadas em terrenos ondulados e podendo atravessar terrenos muito íngremes, devem ser adquiridas como estrada (road).

Objetos pontuais

De acordo com o Guia de Extração para os elementos identificados na área de estudo, o único critério em comum que deve ser tido em conta, quando da sua vetorização, é o espaçamento entre eles, que deve ser ≥ 35 m. Além disso, eles podem se apresentar agrupados em uma área < 15.625 m²,

com exceção das 'construções', cujo agrupamento deve possuir uma área < 625 m².

Antes, contudo, de partir à procura por elementos desse tipo, considerou-se que a movimentação das imagens pelo monitor de um computador em busca de elementos como esses pode levar o operador a uma confusão tal provocada, ora pela repetição de visualização de algumas áreas, ora pela ocultação de outras, implicando em diminuição da qualidade dos trabalhos de aquisição de geo-informações e na perda de tempo. Assim, com o objetivo de não cair em tal confusão, foi criada uma grelha (Figura 7) com células de 1.000 m x 665 m, aproximadamente, para servirem como orientadoras na consecução das atividades pela vetorização de objetos pontuais.

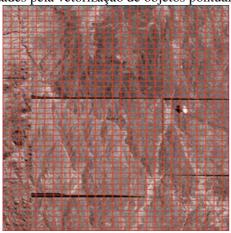


Figura 7. 'Grelha orientadora' nas atividades de vetorização de elementos pontuais.

Cabanas

Existentes em praticamente todas as culturas nômades, sendo caracterizadas pela sua construção rápida e barata com materiais naturais como barro, gelo, couro, palha, ramos e/ou folhas de palmeiras, as cabanas (*hut points*) podem ser utilizadas apenas como residência humana temporária, pelos que acompanham o movimento sazonal de gado, por exemplo, conforme descrição presente no citado guia.

Construções

As construções (building) são caracterizadas por serem feitas com certa altura de modo que se destacam de superfícies circundantes por serem cobertas, geralmente muradas e se encontram em áreas mais desenvolvidas, relacionadas com 'estradas', 'trilhas humanas' ou 'caminhos carreteiros' bem visíveis (Figura 8).



Figura 8. À esquerda: cabanas; ao centro: construções e à direita: barracões (Adaptado de 'Britannica', 1989).

Barracões

Os barracos (*settlement*) são feitos de estruturas fixas leves, naturais ou sintéticas (semelhantes às construções que dão origem às favelas de centros urbanos), definindo locais de habitação semipermanentes cujo acesso é feito através de 'trilha humana', não se descartando, contudo, o acesso via 'caminho carreteiro' ou 'estrada' (Figura 8).

Formações pontuais rochosas

Quanto às formações pontuais rochosas, estas são descritas pelo Guia como afloramentos significativos de rocha exposta. Para a sua aquisição, além dos critérios anteriormente descritos, o operador deve levar em consideração de vetorização apenas as que são bem visíveis numa escala de visualização de 1:15.000, aproximadamente, tendo em conta a densidade de objetos a serem adquiridos na escala definida.

Dados como encerrados os procedimentos de extração de geo-informações pontuais para base de dados SIG, retirou-se a 'grelha orientadora' anteriormente descrita, uma vez que não influencia na aquisição de outros tipos de objetos.

Objetos areais

A regra geral de aquisição MGCP descrita no Guia de Extração para os elementos identificados na área de estudo é que eles devem se apresentar em área ≥ 15.625 m². Quanto às demais regras de aquisição inerentes a cada elemento deste tipo serão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Regras de aquisição MGCP de objetos do tipo área.

Rios área	
Regras de aquisição MGCP:	comprimento≥300 m; espaço entre eles ≥ 200 m;
Zonas de cultivo	
Regras de aquisição MGCP:	uma área que tem sido cultivada para o plantio de culturas.

Solo exposto			
Área de pastagem			
1 0			
Regras de aquisição MGCP:	vegetação rasteira		
	com nenhum ou pouco		
	tecido lenhoso cuja		
	densidade < 25%.		
Área de vegetação			
Regras de aquisição MGCP:	plantas lenhosas de		
	baixo crescimento,		
	(máx. 3m de altura);		
	25% > densidade <		
	50%: espalhada (ticket		
	25);		
	50% > densidade <		
	100%: densa (ticket		
	51).		
Área arbórea (trees area)	51).		
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	mlantas lankasas sam		
Regras de aquisição MGCP:			
	copas não cerradas;		
	a altura pode		
	ultrapassar os 3 m;		
	25% > densidade <		
	50%: espalhada);		
	50% > densidade <		
	100%: densa).		
Formações rochosas	·		
Regras de aquisição MGCP:	espaçamento entre		
	elas ≥ 25 m;		
	1		
	bem visíveis a uma		
	escala de ± 1:15.000.		

Validação

A validação deve ser feita imediatamente após serem acabadas as atividades de vetorização de cada subcélula, independentemente do tipo de imagens utilizado. Contudo, para serem atingidos os objetivos propostos para este projeto pela realização de comparações entre as aquisições com os dois tipos de imagens e a fim de ser verificada a veracidade evitando-se, desta forma, confirmar informações errôneas para a base de dados, estes trabalhos foram feitos ao final de todas as atividades de extração de geo-informações.

Os trabalhos de aquisição de dados por vetorização podem originar erros durante o processo. Tais erros podem ser de três tipos: 1- erros de forma ou de geometria que, como o próprio nome sugere, alteram a forma dos objetos geográficos; 2- erros topológicos produzem informação errada na base de dados sobre uma entidade geográfica e 3- erros de atributos gerados pelo incorreto preenchimento da tabela de atributos das entidades geográficas.

Depois de serem efetuados os processos integrantes da fase de validação, os dados são importados através de um portal *Web* para o *International Warehouse Geospatial* (IGW), que consiste em uma espécie de depósito geospacial

internacional, onde as estruturas baseadas em arquivos de dados são armazenadas, gerenciadas e divulgadas para os países membros do MGCP.

Resultados e Discussão

Das observações feitas durante a aquisição dos <u>elementos lineares</u>, as principais serão apresentadas a seguir.

Foi particularmente mais difícil, pela utilização das imagens pancromáticas, identificar vias de comunicação do tipo *trail* quando estas coincidiam com linhas de água.

Alguns leitos secos são aproveitados por pessoas e alguns animais como vias de comunicação, quando não há maiores discrepâncias entre os ambientes. São preferidos, assim, os mais baixos e planos, onde não há necessidade de despender maiores esforços físicos durante as atividades de locomoção. Tal fato se deve, principalmente, à ausência de cor destas imagens que não permitiu diferenciar tons de verde mais claros dos mais escuros característicos da vegetação que se desenvolve às margens de alguns rios quando encontra alguma presença de umidade. Uma vez que as cores das imagens multiespectrais permitem diferenciar tais tons, tal dificuldade não foi identificada pela utilização deste tipo de imagens (Figuras 9 e 10).



Figura 9. 'Linha de água' cruzando-se e coincidindo constantemente com 'vias de comunicação'.



Figura 10. 'Linha de água' (azul) cruzando-se e coincidindo constantemente com uma via de comunicação do tipo 'carreteiro' (castanho).

Contrariando tal situação, pelo uso das imagens pancromáticas foi mais fácil identificar *trails* quando estas eram utilizadas apenas como via de comunicação. Isso deve-se à mais alta resolução deste tipo de imagens quando comparada com a das multiespectrais, nas quais muitas destas vias de comunicação não puderam sequer ser visualizadas (Figuras 11 e 12).

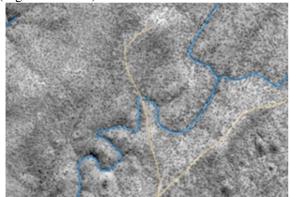


Figura 11. 'Linhas de água' (azul) e 'trilhas humanas' (cor de abóbora), vetorizados.



Figura 12. 'Linhas de água' (azul) vetorizadas.

Em outras ocasiões as vias apresentavam-se quase imperceptíveis devido à pouca utilização das mesmas ou devido à resposta espectral do solo que as tornavam da sua mesma cor impedindo a fácil visualização (Figura 13) e, consequentemente, sua classificação. Nestes casos a avaliação deve-se estender além do local a ser vetorizado a fim de se verificar qual o tipo de via que foi extraída até àquela determinada área. De qualquer forma, um certo tipo de via pode se estender por longas extensões e ser interrompida para dar lugar a outro, caso em que a avaliação anterior não se aplica. Desta forma, há um outro critério a ser levado em conta nestes trabalhos: a experiência ou "treino do olho" do operador. Assim, a exemplo da Figura 14, uma vez que a via vetorizada até a área em que

ocorreu a dúvida de classificação foi de determinado tipo - neste caso, carreteiro - e uma vez que após esta zona o tipo permaneceu o mesmo, decidiu-se pela classificação da via intermédia como tal.

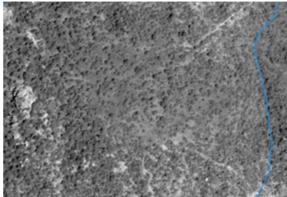


Figura 13. Dificuldade de visualização do 'caminho carreteiro', ofuscado pela resposta espectral do solo.

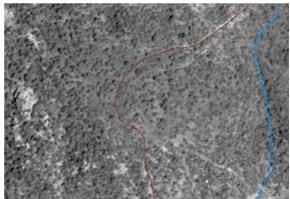


Figura 14. 'Caminho carreteiro' (castanho) vetorizado.

Independentemente do tipo de objetos a vetorizar, a visualização de algumas áreas às vezes torna-se dificultada pela presença de nuvens, mesmo se tratando de imagens provenientes de satélites com poucos dias de revisita, como é o caso do *WorldView-2*.

A utilização de fontes auxiliares em ocorrências como essas têm sua importância realçada, permitindo a captura de certos objetos. Neste trabalho, como podemos ver na Figura 15, objetos dispostos nas áreas cobertas pela nuvem e pela sua sombra não podem ser visualizados. Contudo, a utilização do MDT e do raster aliada a alguma experiência do técnico permitiram a completagem de vetorização de uma 'linha de água' e de um 'caminho carreteiro' que passam por estas áreas (Figura 16).

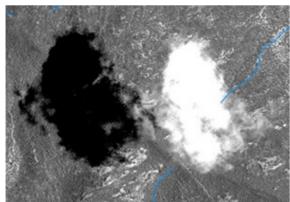


Figura 15. 'Caminho carreteiro', 'linha de água' e possíveis outros objetos não visualizados sob a nuvem e sua sombra.

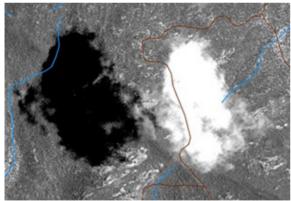


Figura 16. 'Caminho carreteiro' (castanho) sob a nuvem e linha de água (azul) sob sua sombra, vetorizados.

Quanto aos objetos pontuais, a identificação de alguns elementos do tipo cabanas na área de estudo a partir das imagens pancromáticas foi um pouco difícil, tendo sido facilitada pela existência de um padrão que, embora não tendo sido unânime na região, é muito utilizado nas construções feitas pelos habitantes do continente africano. Esse padrão, como pode ser visto nas Figuras 8 e 17, é representado por cercas em volta das cabanas, provavelmente com a principal função de proteção contra ataques de animais. Quanto às construções, uma vez que apresentam uma geometria muito bem definida e que as diferencia de outros elementos circundantes, não houve quaisquer dificuldades aquando da sua identificação e extração. Já a identificação de barracões foi facilitada principalmente pela proximidade de cursos de água e de estradas (Figura 17).

A identificação das demais habitações, além de ser facilitada pela proximidade dos elementos lineares acima citados, também o foi pela proximidade dos cercados. Contudo, nos casos em que ocorreram dúvidas quanto à identificação deste tipo de objetos, posto que podem ser facilmente confundidos com arbustos e com formações rochosas pontuais de menor dimensão (Figuras 19, 21 e 22), é costume optar-se pela não vetorização.

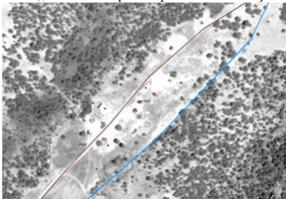


Figura 17. 'Construções' (pontos vernelhos), 'cabanas' (pontos amarelos), caminho carreteiro (linha castanha) e linha de água (linha azul), vetorizados.

Das observações feitas durante a vetorização dos elementos acima citados, vale chamar a atenção para a facilidade sentida ao se tentar diferenciar cabanas de construções e de barracões pela utilização das imagens pancromáticas, pois sua forma geométrica e resposta espectral são bem diferentes das apresentadas pelos outros objetos como pode-se conferir pela visualização da Figura 17.

Também foi mais fácil identificar e vetorizar cabanas cercadas (Figura 18) pela utilização de imagens pancromáticas por causa da sua mais alta resolução quando comparada com a das multiespectrais. Em relação à utilização destas últimas imagens, além da sua mais baixa resolução, o fato de algumas cabanas cercadas e não cercadas apresentarem a mesma resposta espectral e forma geométrica semelhante à dos arbustos e de algumas formações pontuais rochosas de menor dimensão (Figura 19) dificultaram a identificação e aquisição desses elementos para a base de dados.

Uma exceção a essas facilidades apresentadas pela utilização das imagens pancromáticas foi a dificuldade enfrentada ao se tentar diferenciar entre esses mesmos objetos aquando da sua disposição em algumas zonas ribeirinhas com solo exposto, casos nos quais eles apresentaram a mesma resposta espectral e forma geométrica semelhante (Figuras 22 e 23). Outra exceção que pode ser citada é a diferenciação entre 'construções' e 'barracos', pois excetuando-se pelo grande tamanho apresentado

por algumas 'construções' quando comparado com o dos 'barracos', a forma geométrica e a resposta espectral apresentada por ambos são idênticas nas imagens pancromáticas.

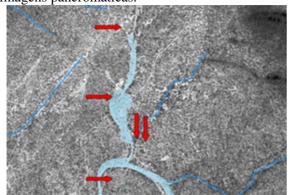


Figura 18. Cabanas cercadas, vetorizadas.

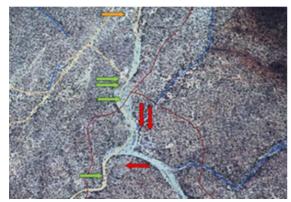


Figura 19. Prováveis 'cabanas cercadas', não vetorizadas (indicadas pelas setas vermelhas); 'cabanas não cercadas', vetorizadas (setas verdes) e provável cabana não cercada, não vetorizada (seta cor de abóbora).

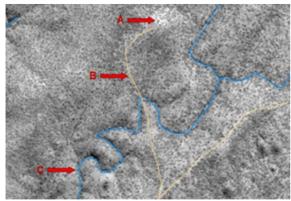


Figura 20. 'Cabana não cercada' (A) identificada pela proximidade de 'trilha humana' (B, amarelo) e 'linhas de água' (C, azul), vetorizadas.

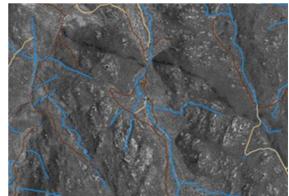


Figura 21. Pequenos afloramentos rochosos confundidos com elementos habitacionais, próximos a cursos de água (azul).

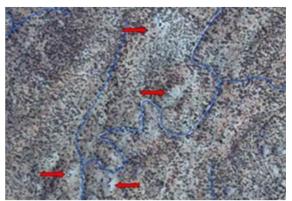


Figura 22. Prováveis 'cabanas' ribeirinhas não vetorizadas.

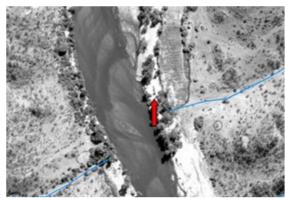


Figura 23. 'Cabanas' ribeirinhas vetorizadas (pontos amarelos).

Em ambientes semi-áridos como o da área de estudo, é comum serem vistas e identificadas formações rochosas. Tais ações, com exceção das questões acima apresentadas, não foram difíceis de serem executadas nem pela utilização das imagens pancromáticas nem pela das multiespectrais, uma vez que suas formas geométricas e respostas espectrais apresentam-se bem diferentes da maioria

dos elementos que os rodeiam, em áreas como a que está em questão (Figura 24).



Figura 24. 'Formações rochosas pontuais' (pontos pretos) vistas na escala de visualização de 1:15.000.

Quanto à aquisição dos <u>elementos areais</u> apresentados no Quadro 1, de modo geral, pode-se dizer que foi mais fácil identificá-los pela utilização das imagens multiespectrais. Contudo, algumas observações merecem destaque, como as que se seguem abaixo.

O conhecimento do clima da região facilitou, em alguns casos, aquando da classificação desses rios quanto à sua drenagem, tendo sido em sua maioria capturados como secos, ou seja, os que apenas possuem água nos períodos chuvosos ou de alagamento. Contudo, neste tipo de rios a presença de vegetação não marca nomeadamente as suas margens, estendendo-se também, em alguns casos, pelo leito seco. Pela utilização das imagens pancromáticas tal vegetação apresenta a mesma resposta espectral da apresentada pelos solos de algumas margens desses rios, o que dificultou a identificação e a medição da distância entre as margens, pelo que em alguns casos decidiu-se por vetorizar alguns dos rios (ou trechos deles) em questão como lineares (Figura 25). Ao serem utilizadas imagens multiespectrais, esses elementos apresentaram respostas espectrais diferentes e, como consequência, foi mais fácil identificar as margens, medir a distância entre elas e vetorizar os objetos com a correta classificação (Figura 26).

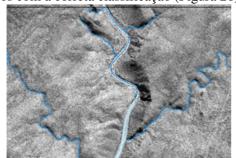


Figura 25. Rio área interrompido para dar lugar a um rio linha com comprimento > 300 m.

Diferenciar entre rios perenes e intermitentes nem sempre é uma tarefa fácil utilizando-se apenas imagens pancromáticas. Isso porque, mesmo sendo conhecidas as condições climáticas da região em estudo e seguindo-se as indicações das bem definidas regras presentes no Guia de referência, o operador nem sempre pode confiar unicamente nestas bases, pois o leito escuro que pode indicar presença de água, por exemplo, nesse tipo de imagens apenas pode representar solo úmido ou encharcado que não propriamente contém água (Figura 27) e nem indica rio do tipo perene, uma vez que, em casos como estes, pode apresentar uma resposta espectral semelhante à da água e, assim, induzir o operador a classificar o rio para a base de dados erroneamente como perene (Figura 28).



Figura 26. Margens de 'rio área' (azul claro) melhor identificadas, 'rios linha' (azul escuro) e 'trilhas humanas' (cor de abóbora).



Figura 27. Trecho intermitente do Rio Coporolo.

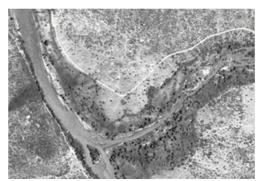


Figura 28. Trecho do Rio Coporolo.

A identificação de 'zonas de cultivo' quando inexistiam hortas, pelo motivo destas áreas estarem em fase de transição ou de preparo para o plantio, foi tarefa difícil pela utilização das imagens pancromáticas. Isso porquê seus respectivos solos apresentam resposta espectral idêntica à de elementos que devem ser classificados como 'solo exposto' (Figura 29). Nestes casos, os elementos vetorizados como 'zonas de cultivo' apresentaram áreas menores (Figura 30) do que à daqueles vetorizados pelo uso das imagens mulltiespectrais, quando suas cores facilitaram a percepção de tais estágios dos solos (Figura 31).



Figura 29. 'Áreas de cultivo' com espaços em provável preparação para o plantio, desenvolvidas às margens de um rio área (Coporolo).

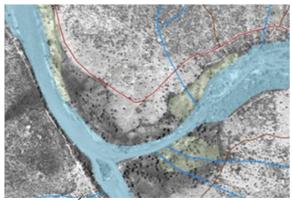


Figura 30. 'Áreas de cultivo' com espaços em provável preparação para o plantio, desenvolvidas às margens de um rio área (Coporolo), vetorizados.

Diante de tais fatos pode-se depreender sumariamente que o uso apenas de imagens pancromáticas em atividades que envolvam extração de elementos areais como os descritos neste tópico (Figuras 29, 30 e 31, por exemplo), pode deixar um pouco a desejar, mesmo se tratando de imagens de alta resolução como as utilizadas neste projeto.



Figura 31. Áreas de cultivo e em preparação para o plantio (verde oliva).

Tendo-se em conta que as zonas as quais se apresentam cobertas por vegetação rasteira com nenhum ou pouco tecido lenhoso cuja densidade seja < 25% da área total, devem ser classificadas como 'área de pastagem' (grassland), (conforme o descrito no Guia de Extração MGCP) e que essa vegetação não pode ser visualizada (Figura 32) em imagens com as resoluções apresentadas pelas pancromáticas e multiespectrais utilizadas nesta pesquisa, a ausência de cores das primeiras imagens citadas criou dúvida aquando da diferenciação entre este tipo de elementos e 'área de vegetação 25' (ticket 25) ou 'região de solo superficial ou exposto' (soil surface region).

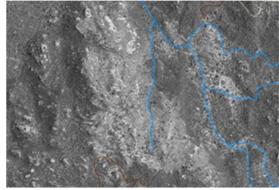


Figura 32. Ao centro, área com elementos mistos, provavelmente de 'solo exposto' e de 'vegetação espalhada'.

A presença da vegetação rasteira e demais características que permitem distinguir 'áreas de pastagem' dos outros tipos de elementos em questão podem ser melhor identificadas pelas cores oferecidas pelas imagens multiespectrais (Figura 33) e, consequentemente, sua correta aquisição (Figura 34) diretamente para a base de dados.

Quanto à aquisição de elementos do tipo 'formações rochosas' com áreas $\geq 15.625 \text{ m}^2$, sendo

a área de estudo característica de clima semi-árido pelo qual a vegetação, que seria um fator de proteção, naturalmente não se desenvolve muito e o solo, por sua vez, sujeita-se mais intensivamente a ações erosivas das chuvas e dos ventos, a exposição de áreas rochosas torna-se mais evidente. Somado a este contexto a grande dimensão desses objetos e o fato de que eles têm características bem peculiares, não se encontraram dificuldades de o identificar e vetorizar quer tenham sido utilizadas imagens pancromáticas (Figura 35), quer tenham sido usadas multiespectrais (Figura 36).



Figura 33. Área relativa à Figura 32.



Figura 34. 'Área de pastagem' (grassland) ao centro (bege-claro); 'área de vegetação 25' (verde-claro); 'área de vegetação 51' (verde escuro) e formações rochosas (pontos e áreas cinza-escuros), vetorizadas.



Figura 35. Elementos rochosos vetorizados (área cinzenta) a partir da utilização de imagens pancromáticas.



Figura 36. Exposições rochosas areais vetorizadas (áreas cinzentas) a partir da utilização de imagens multiespectrais.

Outras questões

As atividades de identificação e diferenciação entre 'área de vegetação 25' ou 'área de vegetação 51' e 'áreas árbóreas' pela utilização dos dois tipos de imagens criou muitas dúvidas no operador, uma vez que a única característica que permite estas ações é a diferença de altura dos elementos, sendo que nas áreas de vegetação eles raramente atingem os 3 m e nas arbóreas eles ultrapassam essa medida.

Nesses casos, a presença ou ausência de cor, assim como a resolução das imagens não influenciaram na diferenciação entre esses elementos (Figura 37), pelo que sua altura poderia ser percebida pela utilização de aplicações que permitissem a visualização em 'três dimensões' (3D - altura, largura e profundidade), por exemplo, uma vez que são sabidas as datas e horas de aquisição das imagens pelo satélite. Contudo, as atividades no âmbito do MGCP ainda são desenvolvidas pela visualização de elementos em 'duas dimensões' (2D – altura e largura), tendo sido cruciais a experiência do técnico, a utilização de fontes auxiliares e o conhecimento do clima da região para decidir pela vetorização dos elementos em causa, quando optouse pela sua aquisição como 'área de vegetação 25' ou como 'área de vegetação 51' (Figura 37).

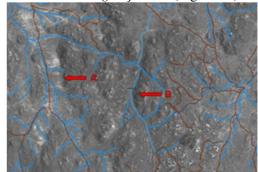


Figura 37. Em 'A': planície com 'vegetação 25'. Em 'B': corredor de vento com 'vegetação 51'.

Mesmo tendo sido mais fácil desenvolver as atividades de aquisição de geo-informação pela utilização das imagens multiespectrais, vale chamar a atenção do leitor para o fato de que nas zonas de sobreposição das imagens ocorreram algumas dificuldades Isso porquê o mosaico da área de estudo formado com tais imagens apresenta diferenças de cores nas áreas em que elas se sobrepõem (Figura 38).



Figura 38. Rios secos em regiões mais agrestes da área de estudo (azul), cruzando-se ou coincidindo com vias de comunicação do tipo 'trilha humana' (cor de abóbora). À esquerda, imagem ID 22; à direita: imagem ID 32.

Apesar de todas terem sido obtidas no mesmo horário, diferindo apenas poucos segundos, algumas foram adquiridas em dia diferente, em tempo superior ao de revisita e, assim, podem ter estado sujeitas a diferenças de iluminação o que, por sua vez, pode ter alterado a intensidade da radiação eletromagnética refletida do terreno que chegou até o sensor. Além disso, as correções radiométricas procedidas (de variações de dados não causadas pelos objetos que estão sendo escanerizados ou digitalizados, mas por inconsistências no scanner e interferência atmosférica, por exemplo), assim como correções do sensor (de variações de dados causadas por alterações na geometria do sensor, atitude e efemérides) e correções do terreno (de variações de dados devido a visualizações off-nadir) (DigitalGlobe, 2011) também podem ter alterado a homogeneidade das cores entre as diferentes imagens. O que quer, contudo, que tenha provocado tais alterações, é fato que essas diferenças dificultaram a visualização, a identificação e aquisição de certos objetos para a base de dados, principalmente os de menor tamanho e espessura como algumas 'cabanas' e 'trilhas humanas', por exemplo.

Quanto à vetorização de objetos cobertos por nuvens e suas sombras (Figura 15 e 16), ou imperceptíveis devido à resposta espectral do solo, ao ângulo de visada do sensor ou ainda por estarem encobertos por vegetação, pode-se dizer que tanto pelo uso das imagens pancromáticas quanto pelo das multiespectrais esteve-se diante das mesmas dificuldades as quais foram ultrapassadas graças à utilização de técnicas de análise, da experiência do operador e de fontes auxiliares aquando da realização dessas atividades para a concretização de trabalhos como este com a maior precisão e rigor possíveis.

Análise da eficiência

Para fins de comparação foi contado o tempo despendido durante os trabalhos de vetorização dos elementos presentes na área de estudo anteriormente descrita, à data de aquisição das imagens do satélite em questão. Para tal efeito também foi contado o total de cada tipo de objetos adquirido dessa área pela utilização das imagens pancromáticas e multiespectrais. Durante essa coleta procurou-se extrair o máximo número de elementos possível considerando a densidade de objetos a constarem da base de dados para serem utilizados na escala 1:50.000 e sempre respeitando as regras de vetorização constantes do Catálogo de Objetos e do Guia de Extração MGCP. Dessa forma, depois de terminados os trabalhos de aquisição descritos no capítulo referente às vetorizações e computados o total do tempo e dos objetos citados, foram obtidos os resultados que podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1. Total de objetos coligidos da área de estudo por grupo, pela utilização de imagens pancromática e multiespectral, tempo despendido nas atividades de extração de cada grupo de objetos e eficiência alcançada pelo uso das imagens multiespectrais em relação ao das pancromáticas

Objetos	Pancromáticas	Pan Objetos (h)	Multiespectrais	Multi Objetos (h)	Eficiência %
Lineares	1.594	18,14	1.572	24,53	35,25
Pontuais	967	44,94	1.294	62,31	38,64
Areais	190	14,45	237	19,66	36,12

Analisados esses dados, depreende-se que foram adquiridos 3.166 objetos <u>lineares</u>, 2.261 <u>pontuais</u> e 427 <u>areais</u>, no total. Em relação às imagens pancromáticas, as multiespectrais possibilitaram a coleta de 327 elementos pontuais e de 47 do tipo areais a mais. Quanto aos elementos lineares, foram as imagens pancromáticas que possibilitaram a coleta de 327 elementos a mais do que com o uso das multiespectrais.

De posse desses dados, a fim de se obter matematicamente/estatisticamente a melhor eficiência atingida, em termos de quantidade de objetos adquiridos e de tempo despendido nos trabalhos de vetorização, foram feitos dois cálculos. O primeiro, aplicando-se aos valores uma 'regra de

três simples', foi realizado com o objetivo de igualar a unidade de tempo para que se possa efetivamente realizar comparação. O segundo, para se obter a percentagem de quão melhor foi a eficiência (diferença de tempo despendido para a vetorização dos elementos pela utilização dos tipos de imagens em questão, sempre considerando como eficiência o menor tempo necessário para sua aquisição) atingida em cada um dos casos.

Desta forma, depois de realizados esses simples cálculos para todos os objetos constantes da tabela apresentada acima e contados os números de objetos por hora, obteveram-se os dados constantes da Tabela 2.

Tabela 2. Total de objetos coligidos da área de estudo por grupo e por hora, pela utilização de imagens pancromática e multiespectral e eficiência alcançada pelo uso das imagens multiespectrais em relação ao das pancromáticas.

Tipo de objetos	Pancromática	Tempo (h)	Multiespectral	Tempo (h)
Lineares	1.594	87,87	1.572	64,07
Pontuais	967	21,52	1.294	20,77
Areais	190	13,15	237	12,05

Calculando uma média simples dos valores apresentados na penúltima coluna da tabela acima (multiespectral) foi possível verificar que a utilização das imagens multiespectrais resulta em uma eficiência média cerca de 36,7% superior em relação à das pancromáticas.

Conclusões

Com fins de acompanhar as constantes e rápidas mudanças atravessadas pelas sociedades da atualidade, conhecer o desenvolvimento da tecnologia para o aplicar em trabalhos diversos, principalmente os que envolvem aquisição de informações geoespaciais para base de dados, é de suma importância para os que estão envolvidos em tais. Assim, o conhecimento, mesmo que genérico, dos princípios de Sensoriamento Remoto, dos tipos de satélites artificiais existentes, suas principais características e das imagens captadas por eles são essenciais para técnicos e principalmente para os gestores de projetos e de atividades como as voltadas para a produção cartográfica, por exemplo.

Além disso, em projetos como o MGCP, tomar conhecimento de outras questões torna-se igualmente importante como o da eficiência atingida no desenvolvimento de seus trabalhos. Para isto foram vetorizados os objetos da área de estudo definida pelas retas que passam pelas coordenadas 13°14'59,979"E - 12°59'59,945"S, 13°30'0,126"E -

12°59'59,894"S, 13°15'4,459"E - 13°14'56,846"S e 13°29'58,755"E - 13°15'1,985"S, com a utilização de imagens pancromáticas em uma primeira etapa e com a de multiespectrais, na etapa seguinte, com o objetivo de, ao final, fazer-se uma comparação em termos de quantidade de objetos extraídos para a base de dados e de tempo despendido nessas atividades, para cada tipo de elementos.

Assim, ao longo do item intitulado "Vetorização", foram descritas as atividades de aquisição de dados para constar da base de dados do MGCP e para a produção cartográfica utilizando-se imagens pancromáticas de 0,48 m e multiespectrais de 1,85 m de resolução espacial. Apesar de essas imagens serem provenientes do satélite WorldView-2, as primeiras imagens citadas são captadas com resolução quase igual à do WorldView-1 (0,50 m) e, uma vez que estas máquinas possuem características semelhantes, a pouca diferença entre as citadas resoluções e a origem das imagens não prejudicaram as comparações propostas. O fato de terem sido adquiridas quase todas no mesmo dia, no mesmo instante e pelo mesmo equipamento, pelo contrário, tornou os resultados mais significativos.

Embora se tenha escolhido como área de estudo uma zona que possibilitou a visualização de pequenos objetos e que ao mesmo tempo apresentou diferentes morfologias com o objetivo de garantir que a investigação desenvolvida pudesse ser

aplicada a diferentes cenários, é indiscutível que esta é característica de meio rural, o que possibilita que mais investigações, como a do estudo em causa, possam ser realizadas utilizando-se áreas de outras naturezas como a urbana, por exemplo.

Devido à velocidade do desenvolvimento das tenologias que estão à disposição das sociedades da atualidade não se põe em causa que outros estudos, como por exemplo utilizando-se imagens *pansharpened* e de ferramentas que ofereçam a visualização em 3D, atinjam melhores resultados, em termos de tempo e de quantidade de objetos, do que o apresentado.

Mesmo assim, este estudo pode ser uma mais valia ao ajudar técnicos e, entre outros profissionais, gestores de projetos em decisões como a escolha do tipo de imagens comerciais de satélite com as quais devem trabalhar em certas atividades voltadas para a produção cartográfica de base ou temática ou ainda para a produção de catálogos de objetos que não necessitem considerar escala de representação e obter assim, melhores resultados como os acima citados. E. considerando-se o alto investimento para a aquisição de imagens de satélite comerciais com alta resolução como as utilizadas neste projeto, dependendo do tamanho da área a investigar, este estudo também contribui para que se evitem gastos desnecessários em imagens multiespectrais se os objetos-alvo têm pequenas dimensões, a exemplo dos especificados pelo Guia de Extração MGCP e citados neste trabalho.

Nesse sentido, da descrição das atividades de aquisição de geo-informação diretamente para a base de dados (no item Resultados e Discussão) pôde-se constatar que, de modo geral, para a aquisição de objetos de maior tamanho é melhor a utilização das imagens multiespectrais.

Dos resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2, considerou-se que foi obtido um bom resultado em termos de quantidade de objetos e de tempo despendido, quer pela utilização de um tipo de imagens, quer pela do outro. Contudo, a utilização das imagens multiespectrais resultou em média numa eficiência cerca de 36,7% superior em relação à das pancromáticas.

Esses resultados, contudo, refletem de forma mais abrangente as questões descritas nos itens anteriores, relativas às dificuldades e facilidades enfrentadas durante a vetorização dos objetos da área de estudo. Por esse motivo, conjuga-se que não seja desconsiderada uma leitura mais cuidada das partes em questão, uma vez que nem para todos os objetos citados ('caminho careteiro' e 'trilha

humana', por exemplo) o uso das imagens multiespectrais revela-se como o mais promissor em atividades como as que estão em questão.

Quanto à vetorização de objetos cobertos por nuvens e suas sombras, ou imperceptíveis devido à resposta espectral do solo, ao ângulo de visada do sensor ou ainda por estarem encobertos por vegetação, pode-se dizer que tanto pelo uso das pancromáticas quanto imagens pelo multiespectrais esteve-se diante das mesmas dificuldades. E para ultrapassá-las, não se devem descartar a utilização de técnicas de análise e de fontes auxiliares de dados aliadas a alguma experiência do operador como questões importantes a serem consideradas para a completagem de trabalhos como este com a maior precisão e rigor possíveis.

Referências

Ache Tudo e Região., 2013. África . Disponível: http://www.achetudoeregiao.com.br/africa/afric a.htm. Acesso: 24 set. 2013.

Amaral, M.V.F., Souza, A.L., Soares, V.P., Soares, C.P.B., Leite, H.G., Martins, S.V., Fernandes Filho, E.I., Lana, J.M., 2009. Avaliação e comparação de métodos de classificação de imagens de satélites para o mapeamento de estádios de sucessão florestal. Revista Árvore 33, 369-378.

Britannica, 1989. Casas africanas tradicionais. Disponível: http://media.web.britannica.com/ebmedia/89/84889-004-6608CE01.jpg. Acesso: 07 set 2013

Castillejo-González, L.I., López-Granados, F., García-Ferrer, A., Barragán, J.M.P., Jurado-Expósito, M., Orden, M.S., González-Audicana, M., 2009. Object-and pixel-based analysis for mapping crops and their agro-environmental associated measures using QuickBird imagery. Computers and Electronics in Agriculture 68, 207-215.

Catalão, J.F., 2010. Princípios e Aplicações de Detecção Remota. Texto não publicado. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.

DigitalGlobe, 2011. Imagery Support Data (ISD)
Documentation - Supplemental information for
the Product Guide. Disponível:
http://global.digitalglobe.com/sites/default/files/
Imagery_Support_Data_Documentation.pdf.
Acesso: 07 jul. 2013.

Gomes, P.B., 2009. Análise espacial de espécies arbóreas pertencentes a floresta estacional

- semidecidual e ao cerradão baseada em imagens de alta resolução espacial. Tese (Doutorado). Campinas, UNICAMP.
- GoogleEarth, 2013. NOAA. DigitalGlobe, USA.
- Grigio, A., 2003. Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambeintal do Município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera. Dissertação (Mestrado). Natal, UFRN.
- Ippoliti-Ramilo, G.A., Epiphanio, J.C.N., Shimabukuro, Y.E., Formaggio, A.R., 1999. Sensoriamento remoto orbital como meio auxiliar na previsão de safras. Agricultura em São Paulo 46, 89-101.
- ISO. International Organization for Standardization, 2013. ISO 19115:2003. Disponível:
 - http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?cs number=26020. Acesso: 09 jul. 2013.
- ISO. International Organization for Standardization, 2013. ISO 19139:2007. Disponível:
 - http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?cs number=32557. Acesso: 09 jul. 2013.
- Lechiu, B., Filho, P., Sousa, J., 2012. Utilização de imagens orbitais de alta resolução em superfícies com níveis distintos de impermeabilização do solo urbano: caso Irati-PR. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas 33, 127-140.
- Li, R., 1998. Potential of High-Resolution Satellite Imagery for National Mapping Products. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 64, 1165-1169.
- Liu, W.T.H., Liu, B.W.Y., 1988. Comparação entre três modelos de previsão de safra de café no Estado de Minas Gerais. Ciência e Cultura 40, 801-807.
- Mallinis, G., Koutsias, N., Tsakiri-Strati, M., Karteris, M., 2008. Object-based classification using QuickBird imagery for delineating forest

- vegetation polygons in a Mediterranean test site. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 63, 237-250.
- Ponzoni, F.J., Rezende, A.C.P., 2002. Influência da resolução espacial de imagens orbitais na identificação de elementos da paisagem em altamira-pa. Revista Árvore 26, 403-410.
- Portugal, I. S., 2010. Utilidade e valor da integração de imagens de satélite de alta resolução espacial na produção de informação geográfica a nível municipal. Dissertação (Mestrado). Disponível: http://run.unl.pt/bitstream/10362/4666/1/tese_in esportugal_final.pdf. Acesso: 15 jul. 2013.
- Ramirez, G.M., Zullo Júnior, J., 2010. Estimativa de parâmetros biofísicos de plantios de café a partir de imagens orbitais de alta resolução espacial. Engenharia Agrícola 30, 468-479.
- Rudorff, C.M., Rizzi, R., Rudorff, B.F.T.,
 Sugawara, L.M., Vieira, C.A.O., 2007.
 Superfícies de resposta espectro-temporal de imagens do sensor MODIS para classificação de área de soja no Estado do Rio Grande do Sul. Ciência Rural 37, 118-125.
- Silva, M.V., Candeias, A.L.B., 2003. Atualização cartográfica através de imagens de satélites e ortofotocartas digitalizadas. Disponível: https://www.ufpe.br/cgtg/ISIMGEO/CD/html/F otogrametria%20e%20Sensoriamento%20Remo to/Artigos/f006.pdf. Acesso: 12 jun. 2013.
- Soares, D.M., Galvão, L.S., Formaggio, A.R., Sugawara, L.M., Vieira, C.A.O., 2008. Estimativa de área agrícola com dados de resolução espacial original e simulada e métricas de paisagem. Scientia Agrícola 65, 459-467.
- Wulder, M.A., White, J.C., Goward, S.N., Masek, J.G., Irons, J.R., Herold, M., W.B., Loveland, T.R., Woodcock, C.E., 2008. Landsat continuity: issues and opportunities for land cover monitoring. Remote Sensing of Environment 112, 955-969.