

IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DAS MATAS SECAS ASSOCIADAS AO CARSTE CARBONÁTICO DE SANTO HIPÓLITO E MONJOLOS

identification and mapping of dry forests associated to carbonate karst of Santo Hipólito and Monjolos

Bruno Durão Rodrigues *
Luiz Eduardo Panisset Travassos **

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo identificar e mapear a ocorrência das matas secas (Florestas Estacionais Deciduais) associadas aos carbonatos do Grupo Bambuí, na região do carste de Santo Hipólito e Monjolos - Minas Gerais. A área de estudos situa-se na Depressão Periférica do São Francisco, próximo à borda oeste da Cordilheira do Espinhaço. As matas secas carbonáticas geralmente são encontradas nas áreas de interflúvio da paisagem e sua importância nos ecossistemas cársticos está associada às zonas de recarga, além da inserção de parte da biomassa em ambiente endocárstico (cavernícola). São, por isso, de crucial destaque nos sistemas cársticos. A relevância do estudo na região faz-se em termos históricos, visto que, no século XIX o naturalista dinamarquês Peter W. Lund visitou a região. Em termos biogeográficos a área está localizada na porção do contato entre as matas secas e os campos rupestres do Espinhaço, fisionomias do bioma Cerrado. Sua preservação faz-se necessária para reduzir os impactos no ambiente natural e humano. Para a identificação das matas secas carbonáticas foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5 e também controle de campo. A metodologia empregada no trabalho foi adaptada para o carste tropical a partir da proposta de Kokalj e Oštir (2007) que identificaram através de técnicas de Sensoriamento Remoto os diferentes usos da terra (inclusive as florestas deciduais [deciduous forest]) na região do carste clássico esloveno.

Palavras-chave: Matas Secas, Carste, Santo Hipólito, Monjolos.

Abstract

This study is planned to identify and map the occurrence of dry forests (Seasonal Dry Forests or Florestas Estacionais Deciduais) associated with carbonates of the Bambuí Group in the karst region of Santo Hipólito and Monjolos - Minas Gerais. The dry forests in carbonates are typically found at interfluvial landscapes presenting an expressive importance in the ecosystem especially for being associated with karst recharge areas, as well as supplying biomass to the endokarst environment. Therefore, seasonal dry forests are crucial for karst systems and caves. The historical significance of the mentioned region is confirmed by the visits of the Danish naturalist Peter W. Lund in the nineteenth century. In biogeographical terms, the area is located in the contact zone between the dry forests and mountainous fields (rupestral fields or campos rupestres) of the Espinhaço ridge. The preservation of such biomes is necessary to reduce impacts on natural and man-made environments. For the identification of carbonate dry forests, the authors used Landsat 5 images with field control. The methodology was adapted to be used in the tropical karst and is based on the proposal by Kokalj and Oštir (2007) who identified through remote sensing techniques different land uses (including deciduous forests) in the Slovene "classical karst".

Keywords: Dry forests, Karst, Santo Hipólito, Monjolos.

Résumé

Le but de ce travail est d'identifier et cartographier les "matas secas" (Forêts Saisonnières Caducifoliées) associées aux roches carbonatées du Groupe Bambuí, dans le karst de Santo Hipólito et Monjolos - Minas Gerais. Le terrain de recherche se situe dans la Dépression Périphérique du São Francisco, proche de la bordure occidentale de la Chaîne de l'Espinhaço. Les "forêts sèches" carbonatées se trouvent en général sur les interfluvies du paysage et son importance dans les écosystèmes karstiques est associée aux zones de recharge et aussi à l'environnement endokarstique (c'est-à-dire, des cavernes). Elles ont, donc, un rôle fondamental dans les systèmes karstiques. L'importance de l'étude de la région est aussi dans l'histoire, vu que elle a reçu, au XIXe siècle, la visite du grand chercheur danois Peter W. Lund. En ce qui concerne la biogéographie, cette région se situe dans l'aire de contact entre les "matas secas" et les champs rupestres de l'Espinhaço, c'est-à-dire dans le biome du Cerrado. La préservation est nécessaire pour réduire les impacts sur les environnements naturel et humain. Dans l'identification des "matas secas" carbonatées, on a utilisé des images satellitaires Landsat 5 et, naturellement, des contrôles sur le terrain. La méthode employée a été adaptée aux conditions du karst tropical à partir de la proposition de Kokalj et Oštir (2007), qui ont identifié, par télédétection, plusieurs types d'utilisation du sol (y compris les forêts caducifoliées) dans le karst classique de la Slovénie.

Mots clés: Matas Secas, Karst, Santo Hipólito, Monjolos.

(*) Doutorando em Geografia pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - Av. Dom José Gaspar, 500, CEP: 30535-610 - Belo Horizonte (MG), Brasil, Tel: (+55 31) 3413 6370 - brunodurao@terra.com.br

(**) Prof. Dr. do Programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC - Av. Dom José Gaspar, 500, CEP: 30535-610, Belo Horizonte (MG), Brasil, Tel: (+55 31) 3413 6370 - luizepanisset@gmail.com

INTRODUÇÃO

Dentre as formações florestais dos espaços intertropicais, as Florestas Tropicais Secas, assim como as Florestas Tropicais Úmidas, possuem elevado potencial de biodiversidade. Entretanto, ao mesmo tempo, constituem-se como uma das formações mais ameaçadas pela ação antrópica (e.g.: desflorestamento, fogo, agricultura, avanço das áreas urbanas).

Amplamente distribuídas pelas Américas do Sul e Central, África, Ásia e Oceania, as Florestas Tropicais Secas perfazem espaços de contato entre as Florestas Tropicais Úmidas e os desertos tropicais. Mesmo assim, sua posição de contato diante de biomas tão diferentes, não trouxe de forma efetiva à comunidade científica internacional, o interesse à pesquisa. Sánchez-Azofeifa et al. (2005) comprovam isso quando realizam um levantamento comparativo dos trabalhos científicos sobre as Florestas Tropicais Úmidas e das Florestas Tropicais Secas, produzidos entre os anos de 1945 e 2004. Os autores notaram que grande parte da produção científica do período foi realizada tendo como tema principal as Florestas Tropicais Úmidas. Também merecem destaque os trabalhos de Murphy e Lugo (1986), Gerhardt e Hytterbon (1992), Gentry (1995) citados por Pereira (2008), Beard (1955), Woodward (1987) e Peal et al. (2007) citados por Pereira (2008) bem como as propostas da FAO/ONU (2004), de Miles et al. (2006) e de Espírito-Santo et al. (2006).

Dentro dos espaços ocupados pelas Florestas Tropicais Secas, uma fitofisionomia de especial importância biogeográfica ocorre: as Florestas Tropicais Secas associadas aos carbonatos, ou simplesmente, as Matas Secas (Figura 1). Tais fitofisionomias são, também, intimamente ligadas ao relevo cárstico por seu caráter de litodependência.

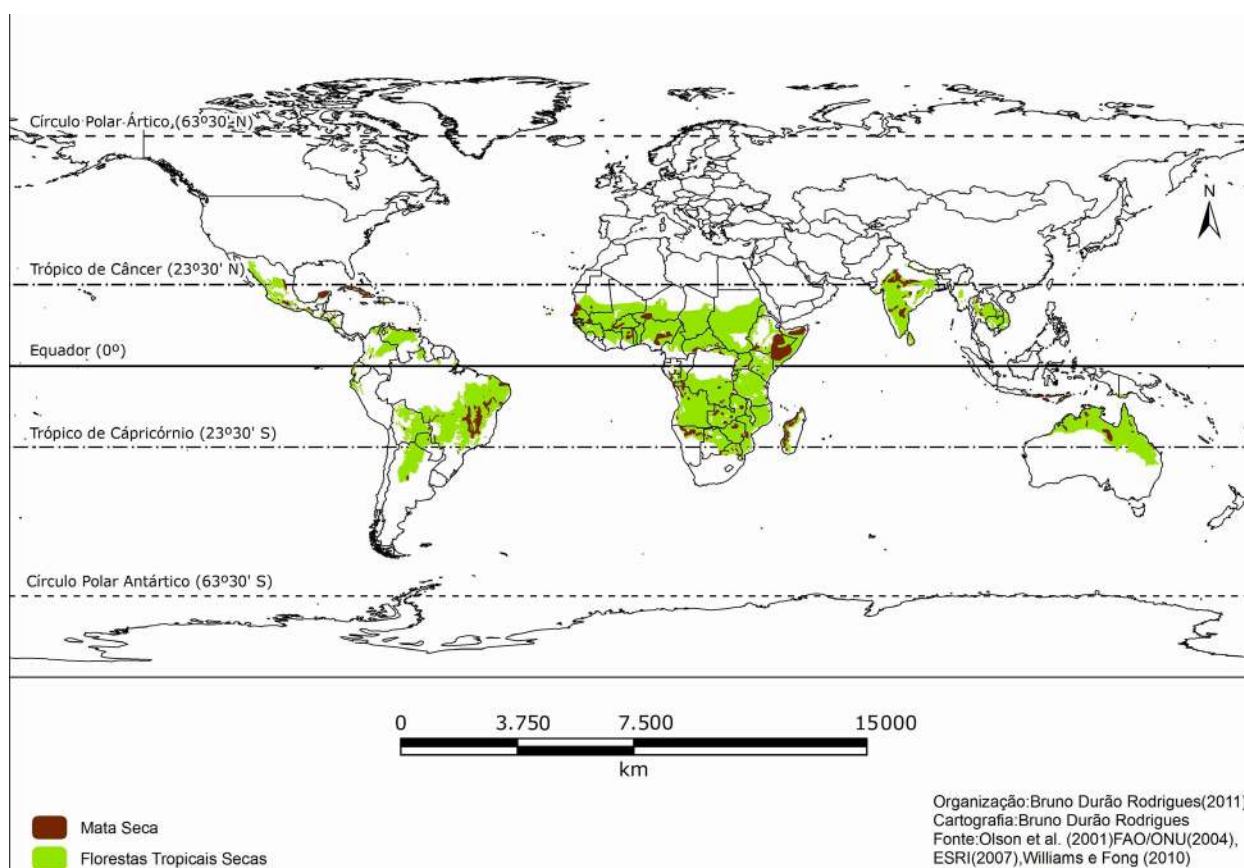


Figura 1 – Distribuição das Florestas Tropicais Secas e das Matas Secas no Mundo.

Fonte: Olson et al. (2001), FAO/ONU (2004), Williams e Fong (2010)

O pioneirismo nos estudos de Matas Secas no mundo remonta o século XIX, com o dinamarquês Eugene Warming (1841-1924) quando da sua estada em Lagoa Santa, Minas Gerais. Sua vinda ao Brasil auxiliou o também dinamarquês Peter Wilhelm Lund (1801-1880). Sobre P. W. Lund, Holten

e Sterll (2011) lembram que para ele era importantíssimo o registro total e sistemático do conteúdo de uma gruta, da vegetação do entorno, quer da descrição da fauna de todo o planalto brasileiro. À época, o jovem Warming dentre as várias fitofisionomias do Cerrado observadas, interessou-se pela “vegetação sobre as rochas calcárias”, das quais adotou o nome “mata seca”, termo utilizado pela população local para designar tais fitofisionomias. Os estudos sobre matas secas no contexto global e nacional são extremamente esparsos e genéricos e, por esse motivo, o presente trabalho busca, inicialmente, favorecer novos estudos sobre o tema.

OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

O presente trabalho tem por objetivo geral a identificação e o mapeamento das matas secas do carste carbonático de Santo Hipólito e Monjolos, Minas Gerais, por meio de controle de campo com o uso de receptor de GPS e o uso de técnicas de Sensoriamento Remoto com base nas imagens do satélite LANDSAT 5.

O produto final do trabalho será apresentado na forma de um mapa com as ocorrências distributivas das Matas Secas do carste carbonático de Santo Hipólito e Monjolos na escala cartográfica de 1:75.000. Destaca-se que, na concepção de Veloso et al.(1991), tal escala é considerada de semi-detulhe para mapeamentos da vegetação. Acredita-se que o objetivo geral foi atingido ao se analisar as questões relativas à conceituação e aos mapeamentos das Florestas Tropicais Secas no mundo, o estudo e mapeamento das principais propostas de classificação das Florestas Tropicais Secas existentes e sua comparação e uma proposta de metodologia eficaz para o mapeamento de Matas Secas na escala do semi-detulhe. Consequentemente, a partir do mapeamento, é possível a identificação de áreas de existência potencial de cavernas carbonáticas.

A relevância do trabalho é apoiada em Carvalho Júnior et al. (2006) que afirmam que as matas secas são fitofisionomias litodependentes de importância geo-ecológica, sendo associada aos carbonatos. Ao associá-las aos carbonatos das paisagens cársticas tradicionais tal importância é ainda mais ressaltada tendo em vista que a cobertura dos afloramentos pela mata é fator fundamental tanto para o aporte de energia para o meio subterrâneo, quanto para a manutenção do equilíbrio sistêmico do carste. Além disso, resalta-se que os estudos relativos às matas secas, sobretudo do ponto de vista geográfico, são ainda escassos. Tal escassez é acentuada, também, quando as pesquisas associam as matas secas ao carste carbonático.

IMPORTÂNCIA E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada nos municípios de Santo Hipólito e Monjolos, na depressão periférica do São Francisco, na porção central do Estado de Minas Gerais. Distante a aproximadamente 230 km ao norte da capital mineira, Belo Horizonte, o acesso é realizado pelas rodovias BR-040 sentido Brasília, depois pela BR-135 sentido Curvelo e por fim a MG-220 (Figura 2).

Esta porção do espaço mineiro é de extrema representatividade no cenário nacional e internacional, por conter extensas áreas recobertas por rochas carbonáticas do Grupo Bambuí, amplamente estudadas no século XIX pelo naturalista dinamarquês Peter Wilhelm Lund (1801-1880). De maneira não científica, mas de igual importância, a região dos sertões mineiros foi retratada na obra do escritor mineiro João Guimarães Rosa (1908-1967). A área é também considerada uma das “portas de entrada” do Sertão Mineiro, sendo margeada pela porção ocidental da Cordilheira do Espinhaço, no município de Diamantina. Além disso, a área de estudo contempla um conjunto de matas secas que ficam entre as conhecidas regiões cársticas de Cordisburgo, Sete Lagoas e Lagoa Santa, ao sul, e de Montes Claros, Januária e Itacarambi, ao norte. Por isso, percebe-se que a região carece de estudos por localizar-se entre outras regiões mais expressivas e mais estudadas.



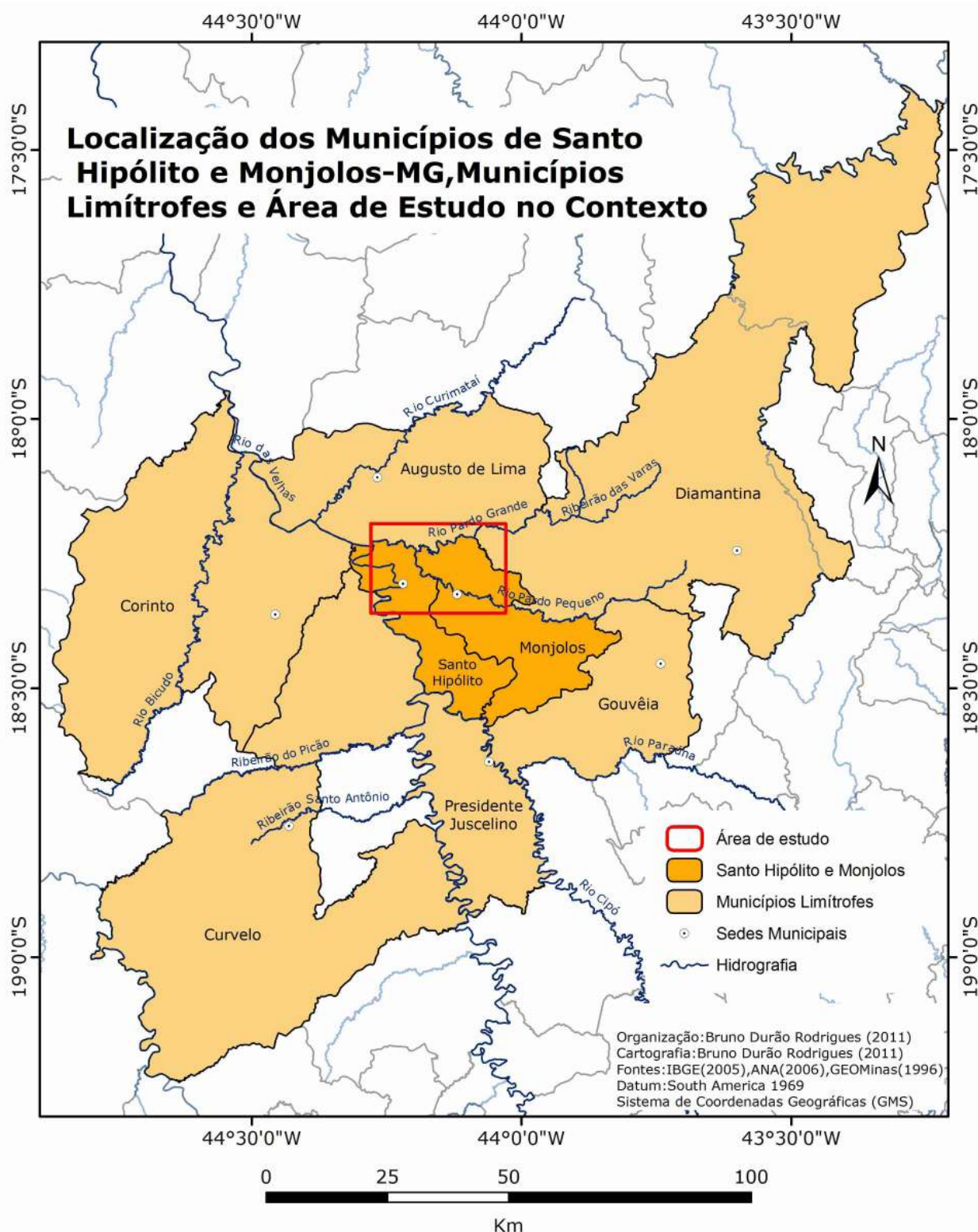


Figura 2 – Mapa de Localização da Área de Santo Hipólito, Monjolos e Municípios do Entorno.
 Fontes: IBGE (2005), ANA (2006), GEOMinas (1996)

A área selecionada para a pesquisa possui aproximadamente 350 km² e é limitada ao norte pelo rio Pardo Grande, na divisa com o município de Augusto de Lima; a leste pela divisa administrativa entre os municípios de Monjolos e Diamantina, próximos a borda oeste do Espinhaço; ao sul, tomando-se por referência o rio Pardo Pequeno, também conhecido por rio Pardinho e a oeste, é limitada pelo nível de base regional, o rio das Velhas.

Regionalmente, do ponto de vista geológico, a área investigada é composta por compartimen-

tos rochosos de idades diversas. Está inserida no contexto da unidade geotectônica do Supergrupo Francisco, Grupo Bambuí e Subgrupo Paraopeba (COMIG, 2003). As litologias mais comuns encontradas no grupo Bambuí são os calcários, dolomitos, siltitos e margas. Na área de estudo são encontradas rochas pelito-carbonáticas da Formação Lagoa do Jacaré e Serra de Santa Helena.

Geomorfológicamente a área de estudo está limitada a oeste pelo nível de base regional, o rio das Velhas, a norte pelo rio Pardo Grande, a leste pela Serra do Espinhaço e a sul pelo rio Pardo Pequeno. De acordo com o IBGE (1993), insere-se na unidade geomorfológica da Depressão do Alto-Médio Rio São Francisco. Esta unidade geomorfológica estende-se das proximidades da nascente do rio São Francisco na Serra da Canastra em Minas Gerais até as cercanias da Barragem de Sobradinho no município de Remanso (norte da Bahia). A Depressão do Alto Médio São Francisco configura-se como uma depressão relativa sendo limitada pelos domínios morfoestruturais das extensas faixas de dobramentos, e coberturas metassedimentares associadas e de coberturas sedimentares plio-pleistocênicas a leste e a oeste. A sul limita-se por unidades do embasamento cristalino, como os Planaltos do Centro-Sul de Minas e a norte pelo Embasamento do nordeste, este recebendo o baixo curso do rio São Francisco (Figura 3).

A partir da análise da forma, altitude e declividade, é possível identificar dois compartimentos geomorfológicos na área de estudo. A Serra do Espinhaço também poderia configurar um terceiro compartimento caso fizesse parte da área de estudo. Entretanto, a Serra é delineada apenas como o limite oriental da área (Figura 4).

O primeiro compartimento, a oeste, é definido pelas várzeas e terraços do rio das Velhas e das proximidades dos pontos de confluência entre os rios Pardo Pequeno e Grande e do rio Pardo Grande com o rio das Velhas. Com extensão longitudinal aproximada de 8 km, são áreas relativamente planas com a declividade variando entre 0% a 12% e altitude entre 510 e 560 m.

Já o segundo compartimento corresponde ao da ocorrência das feições cársticas que estão associadas em sua maioria à Formação Lagoa do Jacaré. Apresenta relevo ondulado, geralmente ravinado e com a presença de muitos afloramentos de calcário. Neste compartimento, a declividade varia de 12% a 45% e a altitude entre 570 a 750 m. Os afloramentos de calcário apresentam altura variável entre 10 e 30 m, com escarpas abruptas e com a presença de diferentes níveis horizontais de cavernamentos.

O segundo compartimento é considerado, também, um bloco interfluvial. Surge como feição que separa as águas do rio Pardo Grande e do seu afluente, o rio Pardo Pequeno. Os limites ao norte e ao sul são delineados pelas áreas de várzea de tais cursos d'água. Em geral, os divisores do interflúvio apresentam-se sob a forma de afloramentos de calcário.

O limite deste compartimento coincide com a borda ocidental do Espinhaço.

Em escala global, na classificação de Köppen-Geiger, a área de estudo insere-se no domínio Aw, com duas estações bem marcadas: uma chuvosa e outra seca. Em classificação do IBGE (1977) a área de estudo está inserida no domínio do clima tropical quente e semi-úmido do Brasil Central que também apresenta como característica marcante a sazonalidade seca e chuvosa. Ainda de acordo com o IBGE (1977), neste tipo climático, a estação seca tem duração de 4 a 5 meses e a temperatura média anual é superior a 18°C. Com base em dados de precipitação em escala global derivados a partir da interpolação das estações climáticas elaborados pela WorldClim (2007) e utilizando-se do critério adotado por Murphy e Lugo (1986) para considerar um mês como seco, a região tem como meses secos o intervalo de maio a setembro, com o ápice do período seco entre os meses de julho e agosto. Com base nos dados WorldClim (2007), a área de estudo tem 1.400 mm anuais de precipitação, com concentração do período chuvoso de novembro a março, com o ápice nos meses de dezembro e janeiro.

A hidrografia regional da área de estudo é a sub-bacia do rio Pardo Grande, no baixo curso da Bacia do Rio das Velhas (cota 520 m) e em parte da várzea do rio das Velhas. O rio das Velhas configura-se como o nível de base regional e sua bacia está inserida na bacia do rio São Francisco,



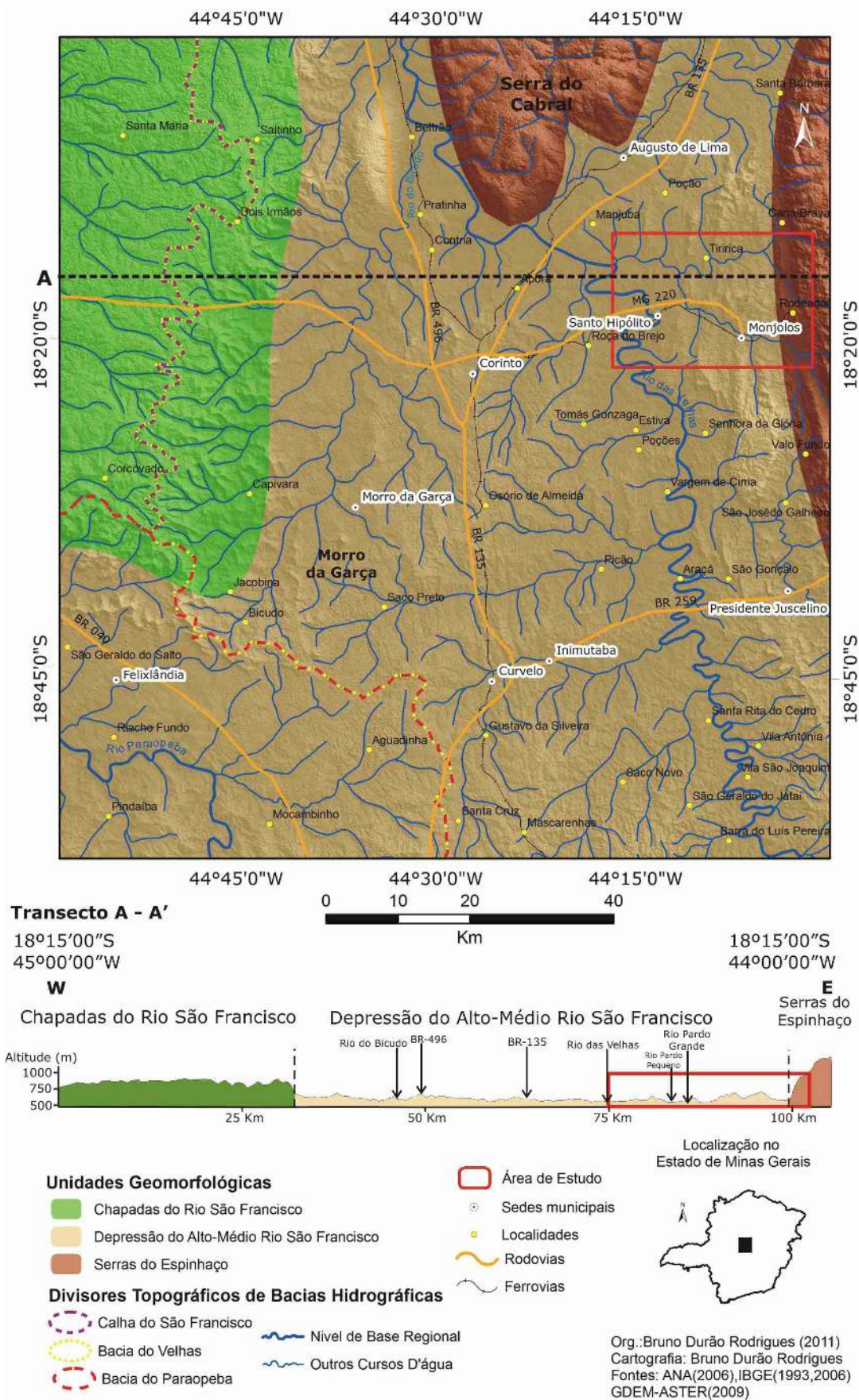


Figura 3- Contexto Geomorfológico Regional
 Fontes: ANA(2006), IBGE (1993,2006), GDEM-ASTER(2009)

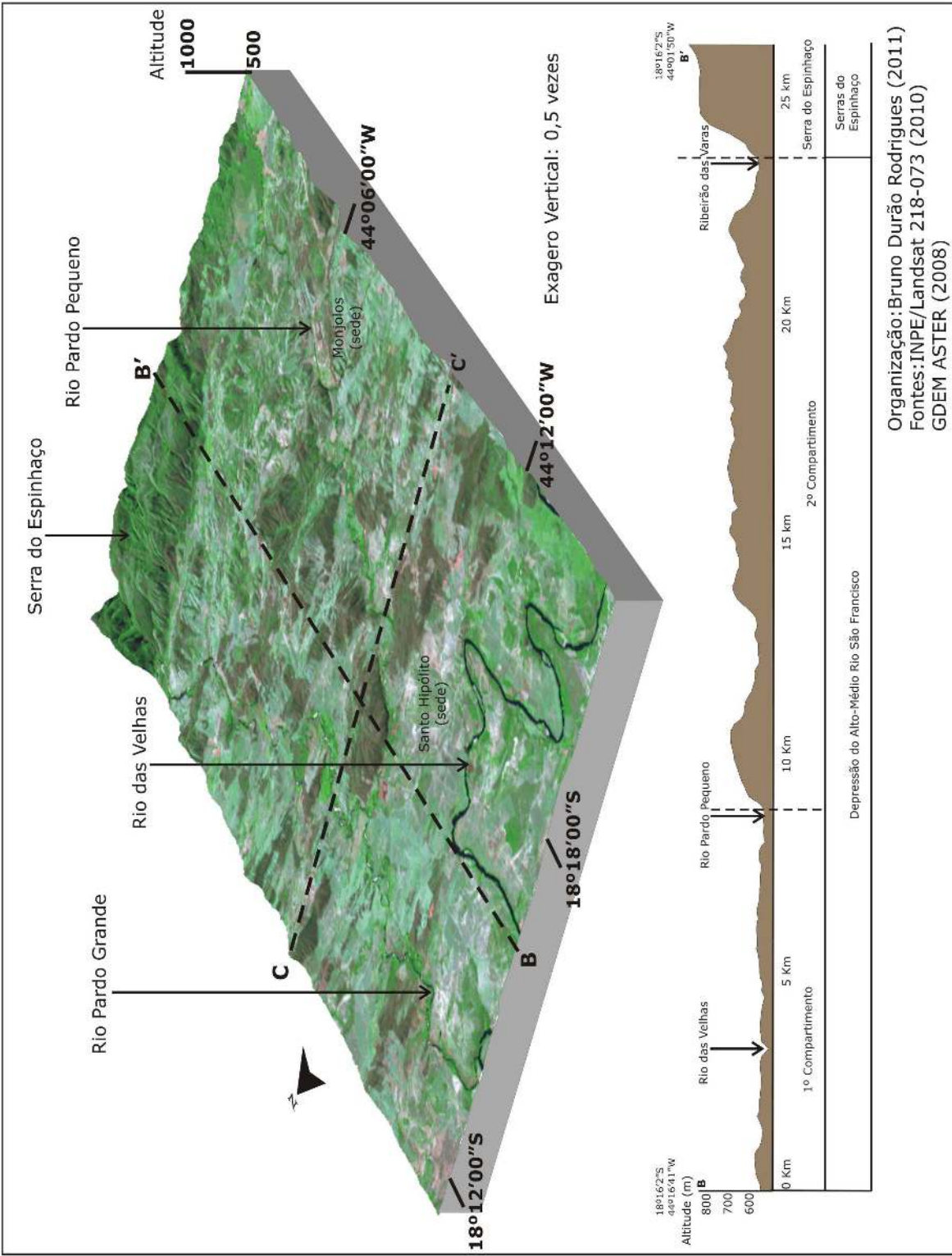


Figura 4 – Compartimentos geomorfológicos da área de estudo. Organização dos autores

drenando parte dos Estados de Alagoas, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Pernambuco, Sergipe, além do Distrito Federal, em uma área de 634000 km² (CUNHA, 2010). O rio Pardo Grande é um importante tributário localizado à margem direita do rio das Velhas e tem como principais afluentes, o rio Pardo Pequeno e o ribeirão das Varas. Sua sub-bacia drena parte do território dos municípios de Augusto de Lima, Buenópolis, Diamantina, Gouveia, Monjolos e Santo Hipólito, perfazendo uma área de 2.030 km² (ANA, 2006). Esta sub-bacia está localizada em duas unidades geológicas e geomorfológicas: a leste pelas rochas do Supergrupo Espinhaço e pela unidade geomorfológica das Serras do Espinhaço e a oeste pelas rochas do Grupo Bambuí e pela unidade geomorfológica da Depressão do Alto-Médio Rio São Francisco, estas últimas compõem a área de estudo.

Segundo Ab'Saber (2003), regionalmente, a área de estudo está inserida no Domínio Fitogeográfico dos Cerrados. Os espaços deste domínio ocupam originalmente uma área de 1,8 milhões de km², distribuídos pelos Estados de Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, São Paulo e Tocantins (AB'SABER, 2003; MMA, 2009). Em seu conjunto, o Domínio dos Cerrados apresenta relativa homogeneidade do ponto de vista fisiográfico e ecológico, contudo, combinações locais de estruturas litológicas, pedológicas e de posição na paisagem fazem com que possua um conjunto de fitofisionomias apresentadas sob a forma de estratos herbáceos, arbustivos e florestais.

Na região de estudo é possível identificar fitofisionomias que se apresentam como formas campestres (e.g.: campos sujos, campos limpos e rupestres) e formas florestais (e.g.: matas de galeria, florestas estacionais, "matas secas"). Além disso, é possível identificar uma fitofisionomia de especial interesse que é atrelada à flutuação dos lençóis freáticos: as veredas.

A formação florestal das Matas Secas também se configura como uma fitofisionomia de relevância na região, sendo o foco principal da pesquisa. Estão distribuídas no sentido latitudinal norte-sul ao longo do curso do rio das Velhas até a altura do município de Santo Hipólito-MG. Estão diretamente associadas aos carbonatos Neoproterozóicos do Grupo Bambuí e são encontradas em quantidade na área de estudo, embora sejam ameaçadas. Ao longo dos séculos, a cultura do desmate ou das queimadas vem debelando as matas secas para a produção de carvão, bem como para o abastecimento energético doméstico.

MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS

O encaminhamento metodológico adotado no trabalho constitui-se na associação dos trabalhos de Carvalho Júnior et al. (2006) e Kokalj e Oštir (2007), sendo este último adaptado para o carste tropical. Para tanto, foi realizado um levantamento bibliográfico específico sobre as diversas propostas de mapeamento das Florestas Tropicais Secas, buscando o cruzamento de informações e sua aplicação sobre regiões cársticas mundiais e nacional.

O trabalho foi embasado sobre a carta topográfica SE-23-Z-A-II de Corinto (Ministério do Exército/Diretoria do Serviço Geográfico, escala 1:100.000), imagens do Satélite LANDSAT 5 (órbita - ponto 218-73) com as datas da passagem em 15/01/2010, 23/09/2010 e 25/03/2011, além do programa Google Earth como apoio à preparação para os campos e interpretação das imagens.

Mapas de localização e de ocorrência das fitofisionomias foram elaborados com a utilização e cruzamento das diversas bases digitais existentes, em especial, com as bases da ANA (2006), GDEM/ASTER(2009), do GEOMinas (1996), IGAM (2006), IBGE (1993;2004), Olson et al. (2001), ESRI (2007), WORLDclim (2007). Além disso, utilizou-se bases analógicas em formato matricial que foram convertidas para o formato vetorial. As bases foram encontradas na FAO/ONU (2000) e Espírito-Santo et al. (2006). Ao todo foram realizados oito trabalhos de campo entre os anos de 2009 e 2011, em estação seca e chuvosa para confrontar os dados obtidos com a interpretação das respostas espectrais dos alvos.

Sobre as imagens de satélites foram aplicados o Índice de Vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) proposto por Rouse et al. (1973) e citado por Ponzoni e Shimabakuro

(2007), com o objetivo de compor um perfil sazonal da vegetação na estação seca e chuvosa. Além disso, utilizou-se a técnica de processamento de imagem MLME (Modelo Linear de Mistura Espectral), como técnica parcial à identificação dos fragmentos florestais de Mata Seca na área de estudo.

Para a associação dos dados obtidos em campo e derivados das imagens de satélite foram utilizados os programas SRING/INPE v.5.1.7 e TERRA VIEW v.3. Para os mapeamentos de saída, utilizou-se o programa ArcGIS v.9.3.

BIOGEOGRAFIA DAS FLORESTAS TROPICAIS SECAS

Nos espaços intertropicais, as massas florestais estão distribuídas em dois grandes grupos: as Florestas Tropicais Úmidas (Tropical Rainforests) e as Florestas Tropicais Secas (Tropical Dry Forests). As Florestas Tropicais Secas têm atraído o interesse particular dos biogeógrafos, uma vez que podem conter indícios das flutuações climáticas pretéritas (PRANCE, 2006). Tais flutuações podem, inclusive, explicar os diferentes contextos paisagísticos atuais, conforme discutido na literatura disponível sobre o assunto.

Ainda que Florestas Tropicais Secas atraiam o interesse dos biogeógrafos como objeto de estudo, Sánchez-Azofeifa et al. (2005) e Prance (2006) indicam que os estudos acerca de tais formações recebem muito menos atenção científica se comparadas às Florestas Tropicais Úmidas. Tal fato é comprovado por Sánchez-Azofeifa et al. (2005) que realizaram um levantamento no Índice de Citações Científicas dos trabalhos produzidos sobre florestas tropicais entre os anos de 1945 e 2004 e descobriram que, da produção acadêmica sobre as florestas tropicais, cerca de 86% trabalhos foram sobre a temática das Florestas Tropicais Úmidas e apenas 14% de trabalhos sobre Florestas Tropicais Secas. Dessa forma, para cada trabalho produzido sobre as Florestas Tropicais Secas, cerca de 6,14 trabalhos foram produzidos sobre as Florestas Tropicais Úmidas.

Na tentativa de minimizar tal espécie de “atraso” científico da produção sobre as Florestas Tropicais Secas, em 2004 foi criada uma rede colaborativa de pesquisas, a Tropi-Dry, que conta com pesquisadores do Brasil, Canadá, Costa Rica, Cuba, Estados Unidos e Venezuela. Segundo Sánchez-Azofeifa et al. (2005) a rede congrega pesquisadores das áreas da Biologia da Conservação, Ecologia, Sensoriamento Remoto e Ciências Sociais para produção do conhecimento voltados à compreensão da estrutura, funcionamento e dinâmica das Florestas Tropicais Secas e a sua interação com as atividades antrópicas. Dessa forma, a Tropi-Dry busca fornecer ou construir as bases para conservação dessas florestas.

Diante da dificuldade de definição da distribuição das Florestas Tropicais Secas em escala global devido aos diferentes critérios adotados por diferentes pesquisadores, buscou-se aqui, identificar e selecionar mapeamentos em pequena escala que acabam por se completar.

Para a FAO/ONU (2000) são consideradas Florestas Tropicais Secas as formações florestais encontradas no meio tropical, sejam elas fechadas (closed forests), abertas (open woodlands) ou savânicas que tenham no mínimo 40% de cobertura arbórea. Além disso, segundo a mesma organização, tais formações devem estar em um regime sazonal com no mínimo uma estação seca e outra chuvosa. Em seu mapa de distribuição das Florestas Tropicais Secas a FAO/ONU (2000) considerou como áreas de continuidade espacial das Florestas Tropicais Secas as áreas que possuem contiguidade espacial. Tais áreas são localizadas, portanto, aproximadamente entre os paralelos 29° N e 32°S (entre as Américas Norte, Central e Sul), entre 19°N e 29° S (na África) e 28°N e 28°S (entre a Ásia e a Oceania).

Outro critério que chama a atenção da distribuição espacial das Florestas Tropicais Secas é o rigor quanto ao posicionamento latitudinal. Segundo Miles et al. (2006), a ocorrência de tais formações é exclusivamente na faixa intertropical – entre os paralelos 23° 30' N e 23° 30' S. Sendo assim, as áreas contíguas às formações que avançam poucos graus latitudinais para o Norte e para o Sul nas faixas subtropicais foram suprimidas da classificação.

No Estado de Minas Gerais, são consideradas na literatura brasileira por Veloso et al. (1991),



Rizzini (1997) e Espírito-Santo et al. (2006) como sendo espaços de ocorrência de algumas características similares às Florestas Tropicais Secas principalmente em relação a perda da massa foliar. Contudo, em função dos critérios adotados para a delimitação das Florestas Tropicais Secas pela FAO/ONU (2000), Olson et al. (2001) e Miles et al. (2006), as porções de Florestas Tropicais e Subtropicais Úmidas com característica de decidualidade que porventura ocorram no Brasil não serão analisadas neste trabalho.

FLORESTAS TROPICAIS SECAS ASSOCIADAS ÀS ROCHAS CARBONÁTICAS

As rochas carbonáticas constituem-se como um grupo de rochas sedimentares de origem química e biológica associadas a ambientes marinhos e lagunares pretéritos sob ponto de vista geológico. Ford e Williams (2007) destacam que entre 10% e 15% (13,5 a 20 milhões de quilômetros quadrados) da superfície terrestre são compostas por rochas carbonáticas (Figura 5). Possuem ampla distribuição sobre a superfície terrestre e tais áreas são consideradas cársticas.

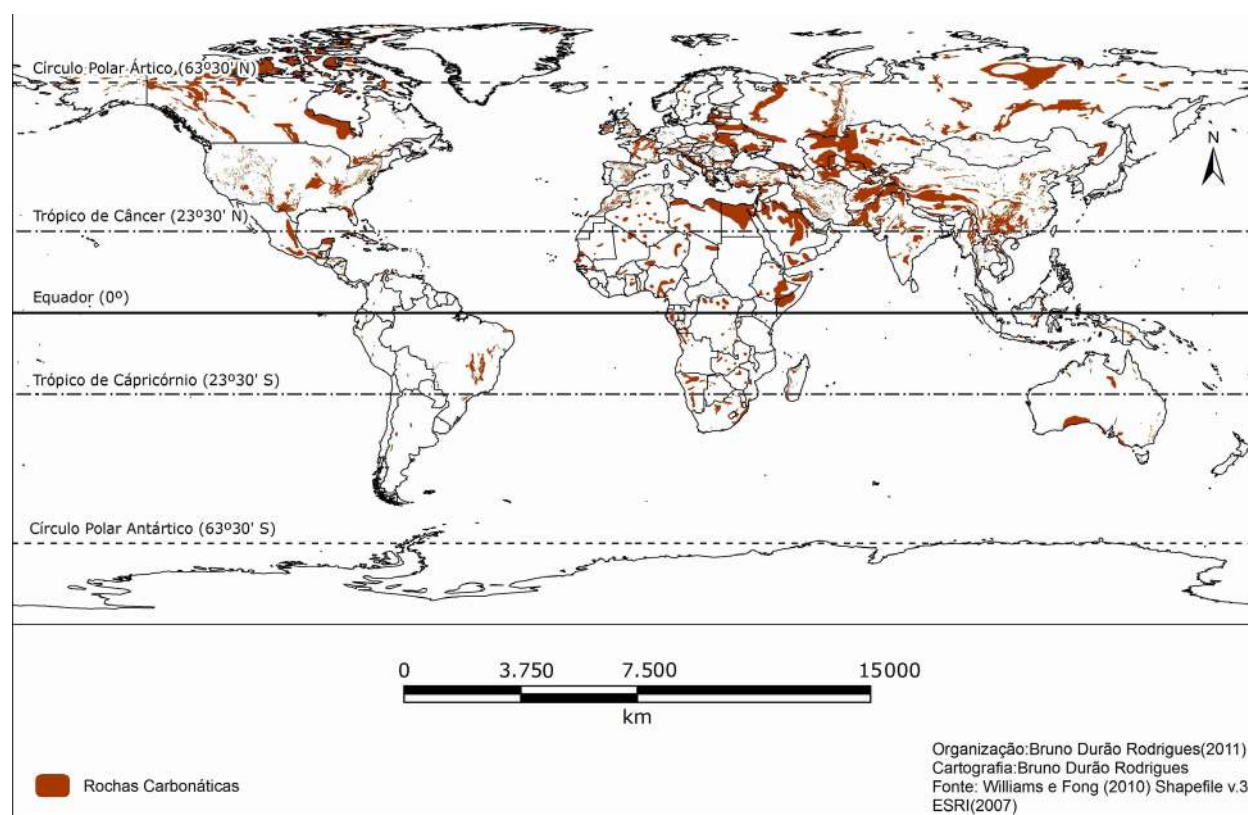


Figura 5 – Distribuição Geral das Rochas Carbonáticas sobre a Superfície Terrestre

Fonte: Williams e Fong (2010).

Para Kranjc (2001), o termo Kras, na Eslovênia, derivou do nome do Planalto de Kras. De acordo com o autor, na Antiguidade a região era identificada pelos termos Carsus, Carusadus, Mons Carusad, etc., oriundos da raiz kar/gar, kara/gara, significando rocha/pedra. Kranjc, Snoj and Pleterski (2002) afirmam que é praticamente impossível ou muito difícil definir quais termos surgiram primeiro para designar as áreas cársticas. Sendo assim, também afirmam que a resposta para este intrincado quebra-cabeças lingüístico remonta a pelo menos 300 anos. Em latim, o termo Carsus deu origem à palavra Carso no Italiano moderno. Evolui deste para o Karst, em sua forma germânica e internacionalmente aceita na comunidade científica (TRAVASSOS, 2011).

De forma ampla, as paisagens cársticas podem ser compartimentadas (mas não separadas) para fins de melhor compreensão e visualização, em três ambientes que funcionam de forma interdependente: 1) o exocarste, 2) o epicarste e 3) o endocarste. O exocarste engloba as formas ou

feições mais facilmente identificáveis na paisagem como as dolinas, uvalas, poljés, maciços, torres, karren, etc. O epicarste, é considerada a zona de contato entre a rocha carbonática e o solo vem se apresentando como um promissor subsistema do ponto de vista científico conforme demonstrado por Pipan (2005). Sobre este compartimento vale a pena destacar sua estreita relação com as Matas Secas. Por fim, mas não menos importante, o endocarste apresenta-se como outro compartimento interligado que reúne as feições inerentes ao ambiente cavernícola, ou seja, os espeleotemas e a própria caverna, seja ela freática ou vadosa. Além disso, abriga fauna especializada e sensível. Para Kohler (1998) é no endocarste que reside, particularmente, o domínio da Espeleologia. Juntos, os três compartimentos formam o Sistema Cárstico ou Carstosfera, conforme sugerido por Andreychouk et al. (2009).

Maruashvili (1970) citado por Andreychouk et al. (2009, p.36) definiu a Carstosfera “como uma camada da crosta terrestre distribuída de forma ampla e descontínua no globo composta por rochas carstificáveis”. Cerca de 9 anos depois, Maximovich (1979) citado por Andreychouk et al. (2009, p.36) ampliou o conceito definindo a Carstosfera como “parte da litosfera que serve como arena para o Carste”. Acredita-se que a ampliação do conceito reside no fato de que a Carstosfera pode incluir além, das rochas sedimentares, rochas metamórficas e magmáticas passíveis de formar um tipo de carste.

Em relação a este último conceito de rochas carstificáveis, destaca-se o fato de que Andreychouk et al. (2009) afirmam que muito se tem discutido sobre o uso do termo carste ou pseudocarste para diferenciar o sistema cárstico em carbonatos dos sistemas em outras litologias. Tal tipo de relevo em carbonatos já foi suficientemente abordado na literatura e Andreychouk et al. (2009) afirmam que, de maneira geral, o carste pode ser definido de forma mais abrangente como um processo de interação entre rochas solúveis e diferentes tipos de água que resultam em feições características tanto em superfície quanto no subterrâneo.

É consenso entre os autores deste trabalho o fato de que a ciência tem evoluído para a aceitação de novas litologias que desenvolvam um tipo de carste e de que toda rocha é solúvel em algum grau de intensidade. De maneira reducionista poderíamos, portanto, estabelecer que o carste ocorra, em tese, em qualquer tipo de rocha. Para evitar confusão ou erros conceituais por parte daqueles que iniciam nestes estudos, concordamos com Andreychouk et al. (2009) na utilização dos termos “carste tradicional” ou “carste não-tradicional” para diferenciar o carste em carbonatos (tradicional) daqueles desenvolvidos em outras litologias. Acredita-se ser importante, também, destacar que somente a presença de uma cavidade natural subterrânea não é o suficiente para caracterizar uma área como sendo carste. Faz-se necessário, portanto, um estudo aprofundado que possa estabelecer as relações evolutivas entre a superfície e o subterrâneo.

No Brasil, entre os séculos XVII e XIX, naturalistas e visitantes que percorrem as terras da então colônia portuguesa. Dois nomes merecem destaque nos primeiros estudos acerca do carste brasileiro no século XIX: Peter Wilhem Lund (1801-1880) e Richard Krone (1861-1917). De fato, os dois não estudaram a plenitude sistêmica das paisagens cársticas, mas sim, o ambiente cavernícola. São considerados precursores nos trabalhos de paleontologia, arqueologia e espeleologia no século XIX e início do século XX e já foram abordados em outros trabalhos acadêmicos. Como o presente artigo aborda principalmente os aspectos da vegetação associada aos afloramentos carbonáticos, o pioneiro trabalho de Eugene Warming (1841-1924) na região de Lagoa Santa merece ser destacado em momento oportuno.

Por conterem posição de destaque na paisagem cárstica, especialmente nas áreas de recarga, a vegetação das Florestas Tropicais Secas pode contribuir com parte da entrada de matéria e energia no sistema endocárstico. Por possuírem indícios paleogeográficos da última glaciação, além de todo o contexto cênico apresentado, as fitofisionomias das Florestas Tropicais Secas associadas aos carbonatos requerem especial atenção. Scariot e Sevilha (2003) alertam ainda que, por mais que seja controverso a delimitação da ocorrência das Florestas Tropicais Secas, o nome é uma terminologia geral adotada, logo aceita mundialmente. Entretanto, é preciso destacar, também, que tais formações



apresentam diferentes fitofisionomias que possuem tanto nomenclatura científica, quanto popular.

O pioneirismo acerca dos estudos das Florestas Tropicais Secas associadas às rochas carbonáticas é creditado ao dinamarquês Eugene Warming que, entre os anos de 1863 e 1866, esteve em Lagoa Santa integrando a equipe de Peter W. Lund. Entretanto, pouco se fala da importância de Lund nos estudos vegetacionais em terreno carbonático. Holten e Sterll (2011, p. 121) destacam que Lund havia reunido “observações das diferentes paisagens e tipos de vegetação que investigou nos caminhos da viagem”. Ele divide as paisagens brasileiras, classificando-as, e dá importância especial ao Cerrado. Seu trabalho “apresenta uma longa série de interpretações fitogeográficas que posteriormente viriam a criar a base para a fitoecologia de Warming” (HOLTEN; STERLL, 2001, p. 127).

Com base no contato com Lund e em suas experiências em Lagoa Santa, Warming publicou em 1892, na Dinamarca, uma de suas obras de maior relevância: *Lagoa Santa. Et Bidrag til den biologiske Plantegeografi*. Em 1908, a Imprensa Oficial de Minas Gerais lançou uma versão traduzida da obra com o título: “Lagoa Santa: contribuição para a geografia fitobiológica” que foi relançada em 1973 com o título “Lagoa Santa: e a vegetação dos cerrados brasileiros”. Esta última edição contou com a revisão de Mário Guimarães Ferri da Universidade de São Paulo. Nesta obra, Warming descreveu as diferentes formações vegetacionais do planalto de Lagoa Santa, dividindo-as em primitivas ou naturais (campos, matas, brejos e lagoas) e em secundárias ou introduzidas (pastagens e lavouras). Além disso, fez um minucioso estudo da composição florística das formações vegetacionais não se restringindo apenas ao caráter descritivo. Warming realizou, também, observações relativas à forma de crescimento, padrões morfológicos e sazonais (épocas de floração, frutificação, senescência e brotamento foliar).

Para introduzir a temática concernente às Florestas Tropicais Secas associadas aos carbonatos, Warming, desde as primeiras páginas de sua obra, destaca a ocorrência das rochas calcárias e a vegetação associada na porção central do Estado de Minas Gerais. Afirma que “por cima destas rochas calcareas há sempre uma vegetação particular” (WARMING, 1892/1973, p.19). O pesquisador afirma, ainda, que à época de sua visita a Lagoa Santa era possível identificar as matas “(...) que finalmente acompanham as rochas calcareas” (WARMING, 1892/1973 p.32). Sendo assim, destinou uma seção sobre a vegetação associada aos afloramentos de calcários, como parte de um capítulo dedicado à ocorrência das “mattas” no Planalto de Lagoa Santa. Warming denominava as Florestas Tropicais Secas associadas aos Carbonatos de “mata seca”, conforme denominação popular em função da perda foliar intensa no período das secas.

Na atualidade, a denominação popular “Mata Seca” faz referência, geralmente, as formações florestais que estão sob climas de regime sazonal, independente da litologia. Entretanto, em função desta denominação popular ter sido remetida por Warming à vegetação sobre as rochas calcárias, destaca-se a importância histórica da denominação “Mata Seca” como referência exclusiva às Florestas Tropicais Secas associadas aos carbonatos. Dessa forma, optou-se para este trabalho, o uso desse termo.

Após Warming (1892/1973) outras denominações científicas e populares foram citadas para nomear as Matas Secas: Floresta Mesofítica Decídua de Interflúvio (EITEN, 1983); Matas Calcófilas (CETEC/CPRM, 1994); Mata Seca Decídua, Mata Seca Decídua e Mata Calcária (RIBEIRO et al., 1998); Mata Seca em Solo Calcário (NASCIMENTO, et al., 2004) e Florestas Estacionais Deciduais de Encosta (ESPIRITO-SANTO et al., 2006).

No Brasil, as matas secas encontram-se largamente distribuídas nas áreas de Cerrado, com ocorrência na Caatinga e também no Pantanal, sobretudo em forma de manchas vegetacionais e sob um mesmo regime climático. São encontradas nos Estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins. Por estarem sob o mesmo regime climático, alguns pesquisadores tais como Rizzini (1997) e Ribeiro et al. (1998), consideram que a ocorrência das matas secas está totalmente ligada às condições edáficas e de posicionamento na paisagem, visto

que “não possuem qualquer associação com cursos de água, ocorrendo em interflúvios em solos geralmente mais ricos em nutrientes” (RIBEIRO et al., 1998, p.111).

Em Minas Gerais, as Matas Secas ocorrem em sua maioria na bacia do São Francisco e estão associadas à Província Espeleológica do Bambuí (Grupos Bambuí e Formação Vazante) e à Formação Salinas no Vale do Jequitinhonha, com ocorrências nos municípios de Arcos, Bambuí, Cordisburgo, Itacarambi, Januária, Lagoa Santa, Monjolos, Montes Claros, Pains, Salinas, Santo Hipólito, Unai e Vazante, podendo ser associadas a outras formações do Grupo Bambuí.

Rodrigues (2007) e Rodrigues e Ribeiro (2009) estudaram a distribuição espacial de duas espécies de cactáceas comuns nos afloramentos de calcário de Lagoa Santa (*Cereus calcirupicola* e *Opuntia brasiliensis*) e as associaram com a teoria dos refúgios florestais.

Uma nova tendência nas pesquisas relacionadas à distribuição das Matas Secas é o uso de geotecnologias, entre elas o sensoriamento remoto, com o objetivo de identificar os remanescentes florestais e criar políticas de auxílio de conservação da fitofisionomia das Florestas Tropicais Secas, além de auxiliar em trabalhos sistemáticos de prospecção espeleológica.

A VISUALIZAÇÃO DE AFLORAMENTOS CARBONÁTICOS A PARTIR DA IDENTIFICAÇÃO DAS MATAS SECAS COM CONTROLE DE CAMPO E USO DE IMAGENS LANDSAT

As Matas Secas, por constituírem-se como fitofisionomias das Florestas Tropicais Secas e por serem litodependentes do substrato carbonático, podem ser (parcialmente) identificadas por meio do reconhecimento na imagem do satélite Landsat 5. Para que isso ocorra deve-se, inicialmente, reconhecer as assinaturas espectrais dos principais grupos de carbonatos. Destaca-se que as rochas carbonáticas mais comuns são os calcários e os dolomitos e que estas são formadas, comumente, por minerais como a calcita e a aragonita para os calcários e a dolomita para o dolomito.

Já para a identificação da vegetação, foi adotado o mesmo princípio de identificação existente na curva do comportamento espectral das feições de absorção e reflexão. Ponzoni e Shimabukuro (2007) trabalharam com a identificação a partir de processos metabólicos, tais como a fotossíntese. Na faixa do visível (0,4 μm a 0,7 μm), em especial a frequência do vermelho (banda 3), prevalece a ação dos pigmentos da folha, tal como a clorofila (65%), os carotenos (6%) e as xantofilas (29%) (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007, p.18) que absorvem a energia emitida para realização da fotossíntese. Dessa forma, respondem com baixa reflectância. Segundo Ponzoni e Shimabukuro (2007), na região inerente à estrutura celular (na faixa do infravermelho próximo), tal como a estrutura do mesófilo, a absorção de água é baixa, pois este tecido vegetal tem pouca capacidade de absorção, logo, apresenta reflectância alta conforme demonstrado pela figura 6. Sendo assim, para identificação da vegetação, as melhores bandas do satélite Landsat 5 para identificação da vegetação são as bandas 3 e 4.

A partir da compreensão do comportamento espectral dos carbonatos e da vegetação, concluiu-se que, para identificação das Matas Secas, as bandas que melhor se adequam são a B3 (vermelho), B4 (infravermelho próximo), B5 e B7 (infravermelho médio).

A utilização do Sensoriamento Remoto como apoio ao controle de campo dinamizou uma série de ações de ordem operacional nas atividades de cunho geográfico. A interpretação das imagens de satélite na fase de preparação para as atividades de campo proporciona ao pesquisador uma visão de conjunto aos diferentes elementos que compõem a paisagem envolvida no estudo. Sabe-se que, quanto maior a resolução espacial de uma imagem, melhores serão as referências para o pesquisador em um trabalho inicial. Entretanto, as vantagens de uma imagem de alta resolução não eximem o pesquisador do contato com o objeto de estudo em campo.



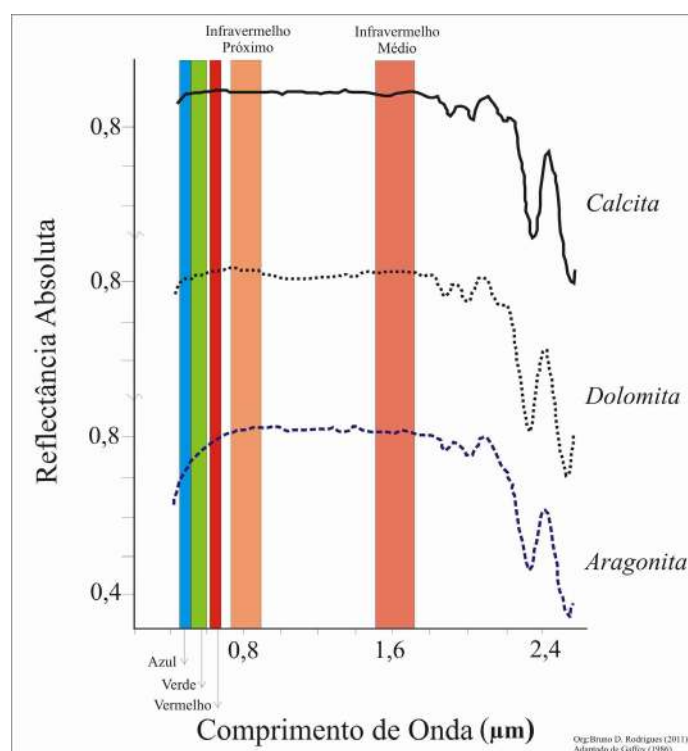


Figura 6 - Comportamento Espectral dos Carbonatos de acordo com Gaffey (1986).

No que concerne os trabalhos de identificação da vegetação na escala do semi-detallhe (1:50.000 a 1:250.000), conforme proposto por Veloso et al.(1991), as imagens de satélite, tais como as do Landsat 5, são extremamente eficazes. A associação entre as imagens de satélite e o controle de campo traz resultados significativos desde que o pesquisador leve em consideração os aspectos práticos para interpretação das imagens. Tais aspectos são, principalmente, o período do ano em que as imagens foram obtidas (sazonalidade), a resolução espacial e radiométrica e área de abrangência da(s) cena(s), entre outros aspectos.

Para o levantamento das Matas Secas, a consideração primordial para a interpretação das imagens é o período do ano em que as imagens foram obtidas, ou seja, a sazonalidade. Devido ao comportamento sazonal dessa fitofisionomia em dois períodos distintos (seca e chuva), o ideal é que se adquira imagens tanto do período chuvoso, quanto do seco. Na escolha das imagens das Matas Secas de Santo Hipólito e Monjolos, por estarem sob o regime climático Aw de Koeppen-Geiger, as imagens concebidas entre os meses de junho e setembro são ideais para a percepção do período seco. Já os meses de novembro e março, são os melhores para caracterizar o período chuvoso.

Destaca-se, também, que a compreensão da dinâmica do comportamento espectral dos alvos é de extrema relevância, visto que as imagens do satélite Landsat 5 são disponibilizadas em sete bandas e nem todas serão utilizadas na identificação das Matas Secas. Conforme discutido anteriormente, as bandas utilizadas para a identificação de tais fitofisionomias são a 3, 4, 5 e 7. Para o período chuvoso, como a vegetação apresenta-se viçosa, a composição deve ser realizada a partir da integração das bandas 3,4 e/ou 5 e 7, onde as bandas 3 e 4 respondem espectralmente à vegetação devido aos pigmentos fotossintetizantes e a banda 5 ou 7, respondem as faixas de absorção e reflexão dos carbonatos. Para uma primeira análise da área de estudo, apresentamos uma imagem na composição falsa-cor RGB-345 para o período chuvoso (Figura 7).

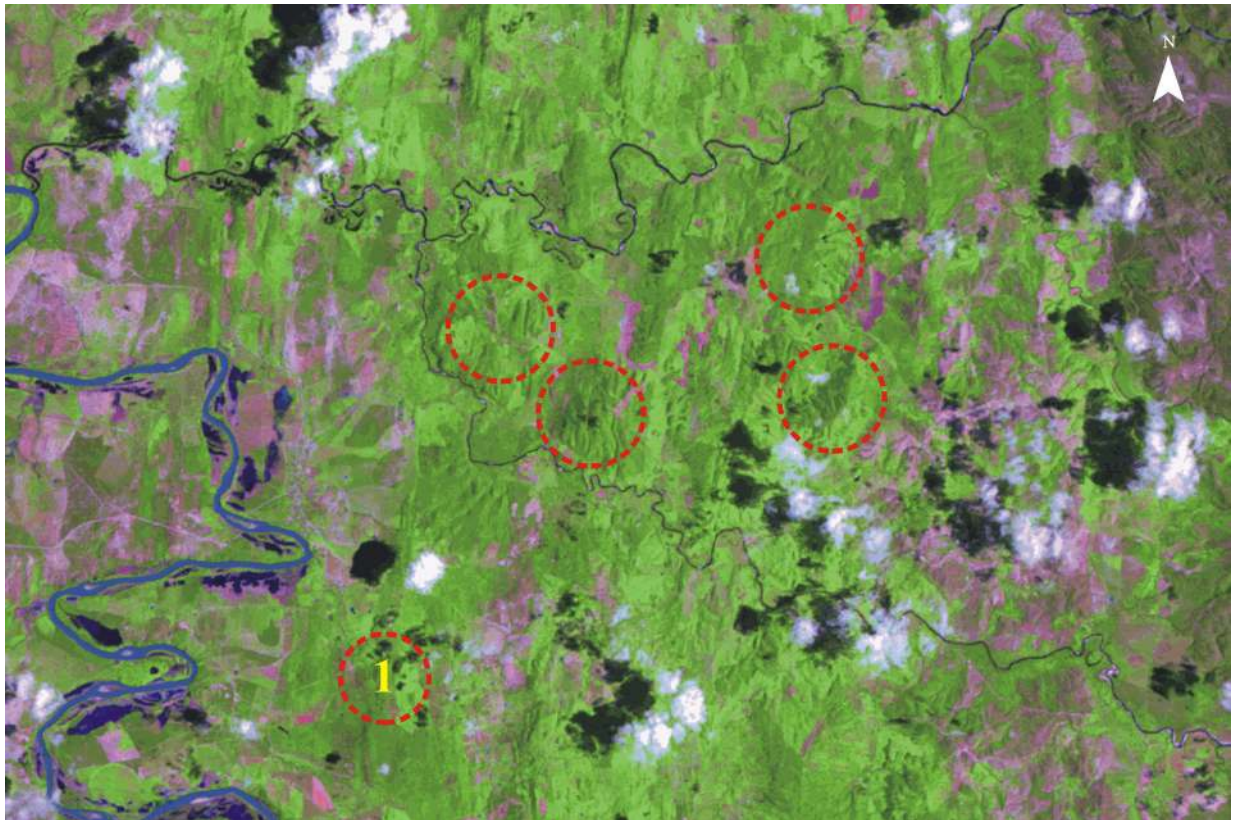


Figura 7 – Composição colorida falsa-cor RGB-345 das Matas Secas da Área de Estudo.

Na imagem do período chuvoso (obtida em 15/01/2010), as Matas Secas apresentam-se no auge da composição da massa foliar não sendo, portanto, identificadas e diferenciadas plenamente das matas de galeria que acompanham o fundo dos vales dos rios Pardo Grande e Pequeno. Na imagem, as áreas marcadas com círculo em vermelho e tracejadas representam a ocorrência de alguns afloramentos carbonáticos identificados em campo. A marcação do círculo numerado “1” indica um dos afloramentos selecionados para o controle de campo com o uso do sensor GPS e posteriormente identificado na imagem de satélite (figura 8).

Para a identificação das Matas Secas no período da seca, a situação se inverte: devido à perda da massa foliar em mais de 50%, o estrato arbóreo nas imagens Landsat 5 fica quase imperceptível, sendo necessário, então, utilizar as bandas do satélite que melhor respondem comportamento espectral dos carbonatos, nas faixas alternadas de absorção e reflectância. Neste caso serão as bandas 5-7 e 3 ou 4. As bandas 3 ou 4 entrarão na composição como auxiliar à identificação das possíveis coberturas que ainda restam. Sendo assim, a imagem obtida em composição falsa-cor apresentada será como na figura 9.

A partir da imagem do período da seca (obtida em 23/09/2010), percebe-se com maior clareza a ocorrência na paisagem das áreas afloramentos carbonáticos que suportam as Matas Secas. Ao contrário da imagem do período chuvoso, a identificação da ocorrência das Matas Secas é melhor nas imagens obtidas durante o período seco. A indicação em “1” é o mesmo “afloramento controle” da anterior, agora indicado no período seco e pode ser conferido na figura 10.

A partir das observações em campo e a interpretação visual das imagens para o período seco e chuvoso, aplicou-se o Índice de Vegetação Normalizada Diferenciada (NDVI) para identificar nas imagens a resposta espectral das Matas Secas aos períodos seco e chuvoso.

Por ser um índice que mede o vigor da vegetação com base na presença de água nas estruturas vegetais (folhas, galhos, etc.), o NDVI, depois de aplicado nas imagens referentes ao período chuvoso (verão) e seco (inverno) apresentou alta correlação com as estruturas vegetais encontradas na área de estudo.



Figura 8 – Mata Seca no período chuvoso – controle de campo 1 (Foto: B.D. Durão, 2010).

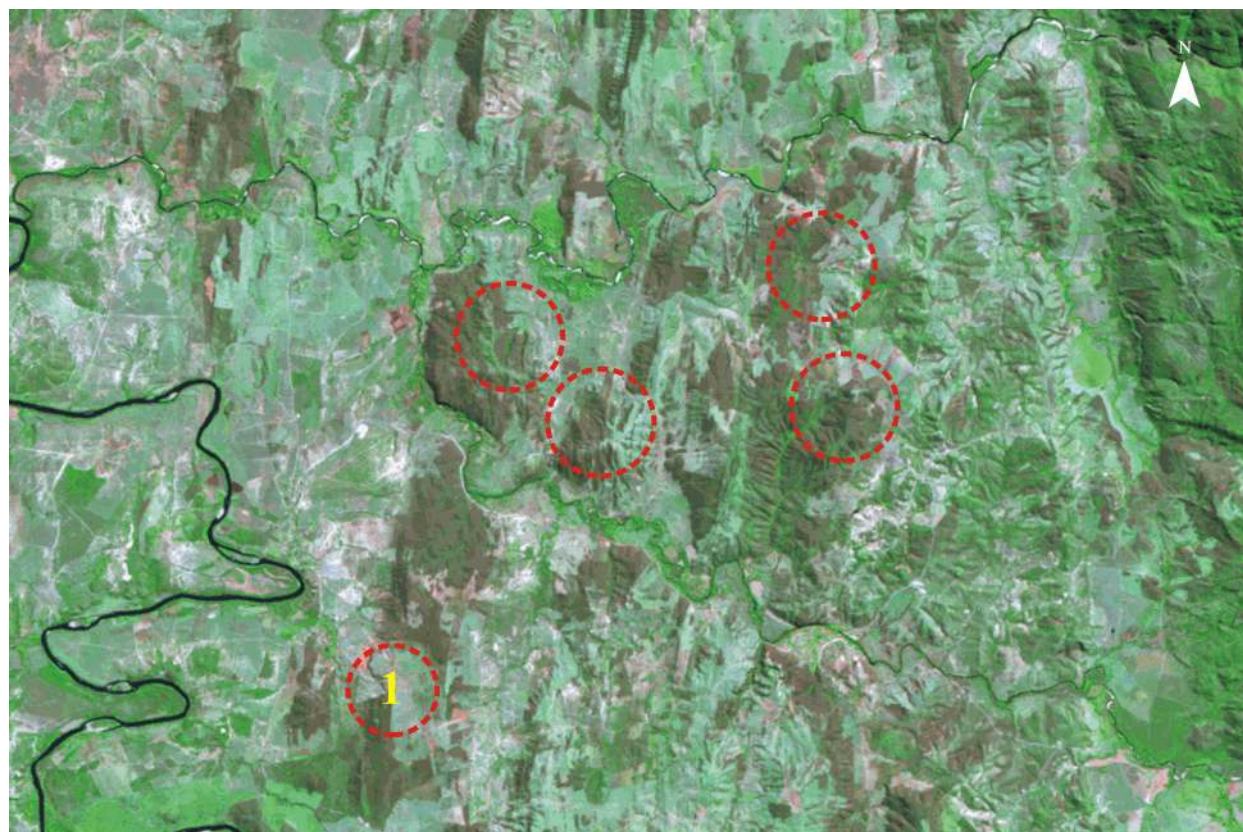


Figura 9 – Composição colorida falsa-cor RGB-753 das Matas Secas da Área de Estudo no período da seca.



Figura 10 – Mata Seca no período seco – controle de campo 1 (Foto: B.D. Durão, 2010)

No verão, com a alta disponibilidade de água, o NDVI nas áreas de ocorrência das Matas Secas (figura 11) apresenta valores iguais e superiores a 0,6. Assim sendo, o conjunto fitofisionômico apresenta uma alta absorção da água disponível, o que é refletido em campo com um dossel vegetal vigoroso. Ainda na imagem referente ao verão, as matas ciliares remanescentes encontradas às margens dos rios, também apresentam o mesmo comportamento, mas este está em maior conformidade com a posição que ocupam na paisagem.

As áreas de solo exposto, as áreas agrícolas com cultivares em estágio inicial de crescimento ou áreas de rochas aflorantes com pouca ou nenhuma vegetação (como alguns trechos do Espinhaço), apresentam valores de NDVI no intervalo entre 0,4 e 0. Tais valores estão associados ao tipo de estrato vegetal, bem como à capacidade de retenção de água do ambiente. As Matas Secas estão localizadas em espaços de baixa capacidade de retenção de água, entretanto, nas áreas interfluviais e de recarga, daí os seus valores elevados durante o período chuvoso.

No inverno, com a indisponibilidade de água, os valores de NDVI na área de estudo, tendem a ser valores baixos, próximos de zero. Mesmo sendo um índice que mensura a disponibilidade de água no ambiente, o NDVI apresenta valores próximos de -1 nos espaços inerentes aos corpos d'água. Esta incoerência é dirimida a partir da observação de que a água tem maior reflectância na banda 3 (vermelho) do que na banda 4 (infravermelho próximo). Assim, ao se aplicar o NDVI a uma imagem com a presença de corpos d'água os valores sempre serão apresentados com valores negativos. As Matas Secas em função do estresse hídrico perdem suas folhas com o objetivo de diminuir a evapotranspiração, entrando, assim, em estágio de dormência até a volta da estação das chuvas.

Comparando as duas imagens infere-se que em função da sazonalidade, a quantidade de matéria orgânica disponível varia drasticamente, sobretudo nas áreas de ocorrência das Matas Secas. A perda da massa foliar durante o período seco, como estratégia de sobrevivência ao estresse hídrico, apresenta vantagens aos elementos que compõem os outros sub-sistemas do carste. A matéria vegetal descartada é fornecida como parte da energia às formas de vida do ambiente endocárstico. Sendo assim, as Matas Secas além da sua posição de destaque na paisagem, também funcionam como elo a outros subsistemas do carste.

Para a identificação dos fragmentos florestais de Matas Seca utilizou-se da imagem do período seco visto que os afloramentos carbonáticos estão mais expostos e mais fáceis de serem identificados na imagem. Para a identificação dos mesmos, além da interpretação visual da imagem, também foram correlacionados com diferentes afloramentos de calcário tomados como referencial em campo através da coleta do par de coordenadas via sensor GPS (figura 12).

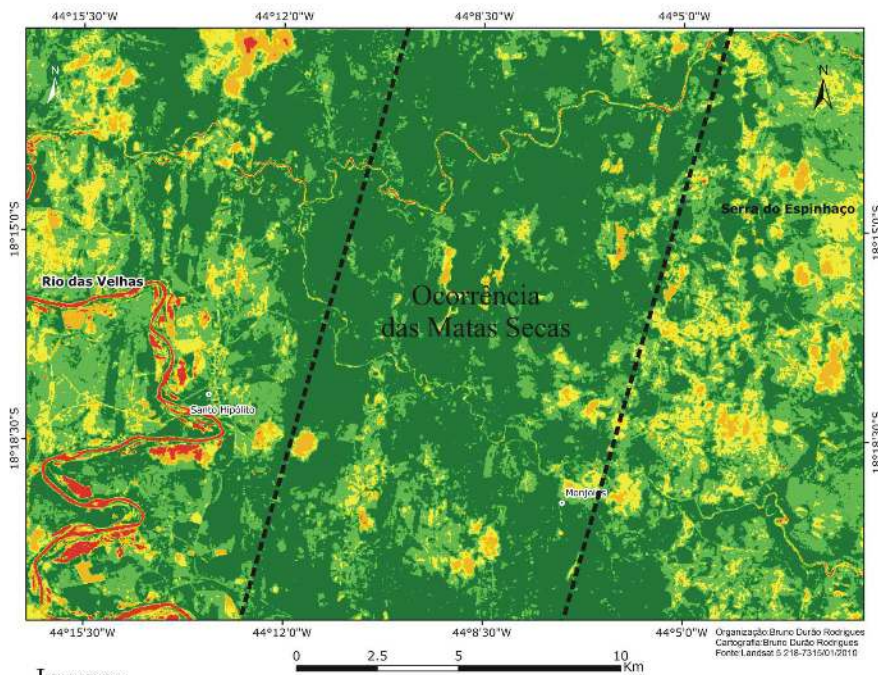
Após a identificação das áreas de ocorrência dos afloramentos de calcário, aplicou-se o Modelo Linear de Mistura Espectral para discretizar os componentes básicos da paisagem, dentre eles, os afloramentos de calcário. Por ser uma fitofisionomia litodependente, os fragmentos remanescentes de Mata Seca foram identificados a partir da ocorrência dos carbonatos aflorantes. São, portanto, o produto do levantamento integrado do controle de campo e do sensoriamento remoto. A figura a seguir reúne as informações de distribuição dos remanescentes de Matas Secas no Carste de Santo Hipólito e Monjolos (figura 13).

De posse do mapeamento dos remanescentes de Mata Seca, observou-se que os fragmentos florestais distribuem-se nos espaços inerentes aos calcários e margas da Formação Lagoa do Jacaré. O quadro distributivo das mesmas associa-se a um possível controle estrutural desenvolvido no eixo NE-SW.

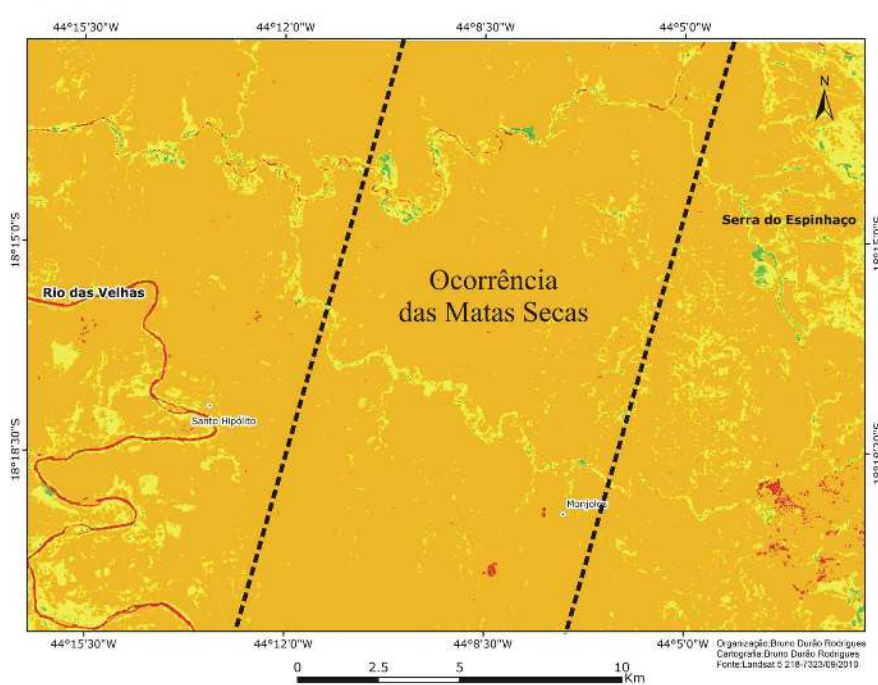
O mapeamento das Matas Secas do carste carbonático de Santo Hipólito e Monjolos, teve resultados extremamente positivos do ponto-de-vista teórico, técnico e operacional. A delimitação por ora apresentada amparou-se ao máximo nos critérios inerentes aos aspectos teóricos dos estudos das Matas Secas, dos estudos do Sensoriamento Remoto e em técnicas de controle de campo, a fim de que tais erros de classificação fossem reduzidos ao máximo.



Verão



Inverno



NDVI

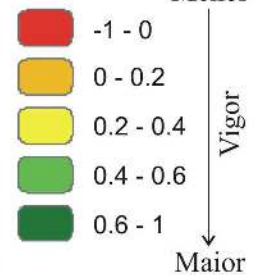


Figura 11 – NDVI aplicado à área de estudo.

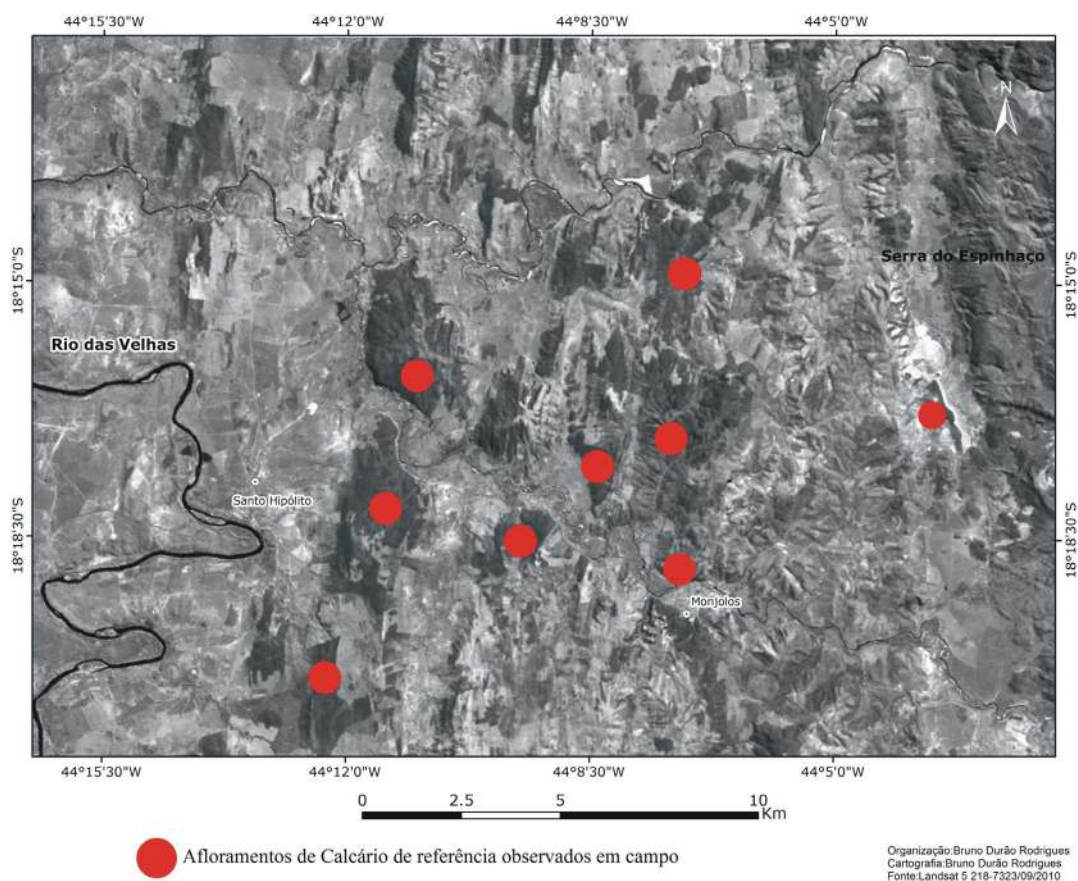


Figura 12 – Afloramentos de calcários referenciais observados em campo.

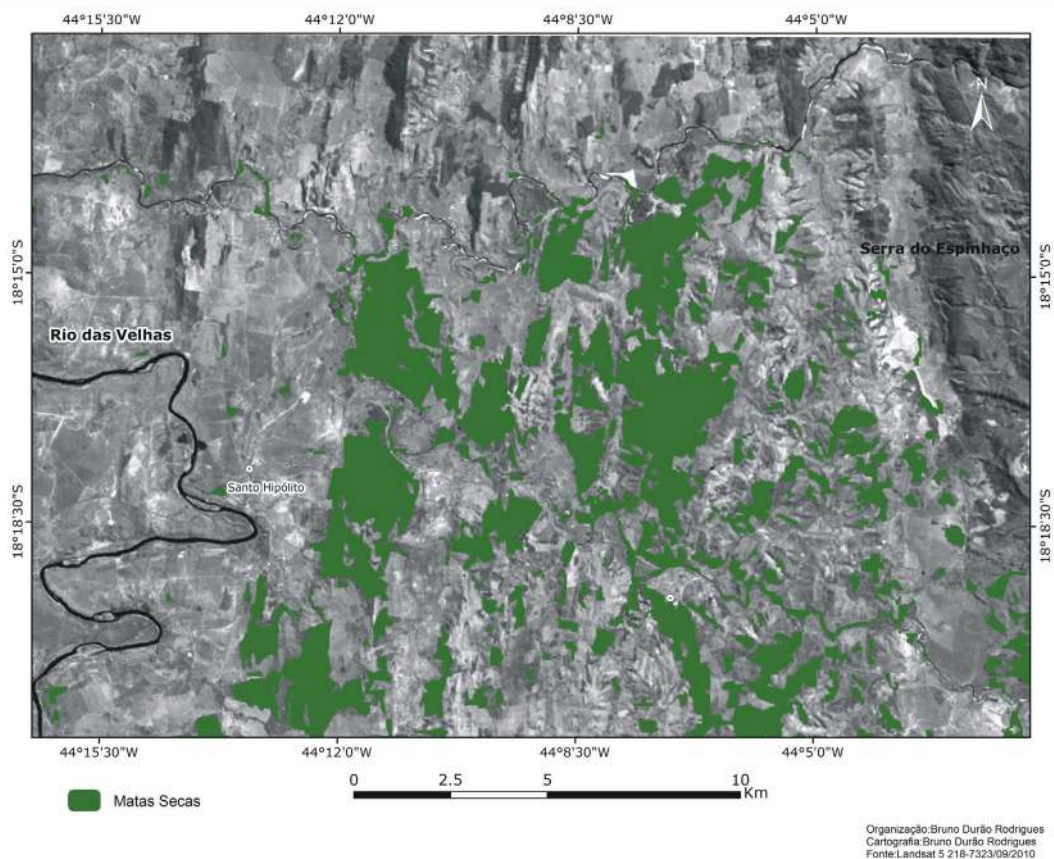


Figura 13 – Remanescentes de Matas Secas classificados na imagem por levantamento integrado.

Contudo, destaca-se que após o controle de campo nos períodos chuvoso e seco, a utilização da imagem do período seco para a análise irá garantir maior segurança ao pesquisador para identificar os fragmentos de Mata Seca. Entretanto, Moreira (2011, p.356) ressalta que em imagens de sensores de média resolução espacial, como é o caso das imagens do sensor TM, o resultado, sem dúvida, apresenta erros, sobretudo os relacionados à correta identificação dos alvos e a sua delimitação nas imagens.

Dessa forma, a fim de minimizar ao máximo os erros, faz-se extremamente necessário o conhecimento da área de estudo por parte do pesquisador e a familiaridade com as diversas variáveis do Sensoriamento Remoto (e.g.: resposta espectral de alvos, composição por bandas, características de resolução, etc.).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os municípios de Santo Hipólito e Monjolos apresentam-se como espaços do carste mineiro com grande potencial para os estudos relacionados ao sistema cárstico e seus diversos sub-sistemas. Ford e Williams (2007) afirmam que o ambiente natural e, conseqüentemente o carste, vem sofrendo os impactos das mudanças climáticas e da ação antrópica desde pelo menos o último período interglacial há 125.000 anos. Nicod et al. (1996) citado por Ford e Williams (2007) afirmam que as relações de impacto entre o homem e a paisagem cárstica remontam ao tempo dos Gregos e Romanos e acentuam-se até hoje. Atualmente, o desmatamento intensivo e o uso indiscriminado do fogo tem deixado marcas indeléveis no carste afetando o sistema.

Sob uma ótica dos estudos holísticos, é possível relacionar possíveis perdas hidrológicas no carste quando da sedimentação de pontos de recarga em função da remoção da cobertura vegetal. Em outros casos, áreas naturalmente sedimentadas por material orgânico oriundo das matas secas e, portanto, parte de um sistema próximo ao equilíbrio, podem causar alagamentos em áreas antes secas devido à remoção de matéria.

Neste contexto, as Matas Secas possuem real significância nas questões inerentes à conservação e preservação dos elementos que compõem este importante e frágil sistema natural. A carência de estudos acerca destas fitofisionomias acaba por desconsiderá-las e relegá-las a planos inferiores nos estudos vegetacionais como um todo. Para Ford e Williams (2007, p. 472) a mensagem é clara: o carste é altamente vulnerável a exploração de seus recursos e requer especial atenção em seu manejo.

Na paisagem cárstica, deve-se levar em conta sempre que a integridade do sistema depende da relação de interdependência entre a hidrosfera, litosfera, pedosfera, atmosfera, etc. Qualquer intervenção neste sistema tende a ter impactos muito mais indesejáveis do que em outros sistemas. Watson et al. (1994, p.25) nos lembram que a extração de rochas, solo, água e vegetação do carste irá claramente interromper os processos que formam e mantêm o carste e, portanto, tais usos devem ser cuidadosamente planejadas e executadas a fim de minimizar os impactos.

Com a adoção de metodologias de pesquisa eficientes e, ainda assim, de baixo custo, é possível ampliar os conhecimentos sobre as Matas Secas associadas ao carste uma vez que ocupam posição de destaque neste tipo de paisagem. Estudar as Matas Secas, entre outras coisas, favorece as pesquisas relacionadas à ecologia cavernícola, aos estudos do quaternário e hidrogeológicos, sobretudo nas áreas de recarga.

Ainda assim, a importância das Matas Secas vai muito além do interesse científico. As populações que vivem nas áreas de ocorrência de tais fitofisionomias, acabam por desmatar extensas áreas para a produção de lenha ou para abrir pastagens. Seja por desconhecimento ou simplesmente por seguirem uma espécie de “cultura do desmate”, o risco à manutenção das Matas Secas é enorme.

Na literatura carstológica internacional é bem entendido hoje que as florestas no carste devem ser preservadas e que, não devem ser desmatadas a fim de garantir, entre outras coisas, a capacidade



do carste de se regenerar, a manutenção biodiversidade tanto em superfície quanto em subsuperfície e, os fluxos hídricos e sua qualidade nos sistemas hidrogeológicos (FORD; WILLIAMS, 2007).

Assim, sabe-se que não é possível resolver ou abordar todos os problemas ou variáveis associadas ao carste e às Matas Secas devido a questões humanas, políticas e econômicas. Ainda assim, espera-se que o trabalho possa contribuir nas questões relacionadas à conservação e preservação de tais fitofisionomias considerando-as como um importante sub-sistema cárstico, especialmente relacionada aos recursos hídricos.

Para Horrocks e Szukalski (2002), tradicionalmente, as decisões de manejo para o ambiente cavernícola aconteciam em função do fato de as atividades ocorrerem acima do endocarste. Entretanto, recentemente, pesquisas nos mostram a necessidade de se estudar a área da bacia hidrográfica ou até mesmo de outras bacias. Neste sentido, o uso do Sensoriamento Remoto mostrou-se eficaz ao permitir o processamento de informações em diversos mapas temáticos.

O uso das técnicas de Sensoriamento Remoto atreladas à tradição geográfica dos trabalhos de campo permite o reconhecimento de maneira eficaz em uma das principais questões da Geografia: a localização espacial ou geográfica. Para Szukalski (2002), a utilização dos SIG para os estudos carstológicos tem se provado extremamente úteis. O sistema tem sido utilizado para integrar e administrar diferentes dados, bem como para criação de mapas de alta qualidade que permitem uma melhor análise do espaço. Partindo-se do princípio do reconhecimento da estrutura de distribuição de elementos no espaço a partir da aplicação de escala compatível, diferentes trabalhos podem ser realizados. Além disso, podem servir de ponto de partida para trabalhos de maior ou menor escala sob ponto de vista cartográfico.

Observou-se que a utilização das imagens de satélite para a delimitação das Matas Secas associadas aos carbonatos da região de Santo Hipólito/Monjolos permite uma delimitação bem precisa e sem custos ao pesquisador. O trabalho buscou demonstrar a possibilidade de propor uma classificação satisfatória capaz de fornecer informações para futura gestão dos fragmentos para os órgãos responsáveis. Assim como proposto por Stuart et al. (2006) o trabalho permitirá, com o tempo, a realização de pesquisas relativas às mudanças quantitativas de extensão dos fragmentos seja por resposta a pressões naturais (e.g.: combustão espontânea e seca extrema) ou antrópicas (e.g.: desmatamento e/ou fogo).

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AB'SABER, A. N. **Os Domínios de Natureza no Brasil** – Potencialidades Paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 159p., 2003
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Dados em formato Shapefile da Hidrografia e Bacia Hidrográficas do Brasil** 2006. Disponível em: www.ana.gov.br Acesso em 14 jul 2010
- ANDREYCHOUK, V.; DUBLYANSKY, Y; EZHOV, Y; LYSENIN, G. **Karst in the Earth's Crust: its distribution and principal types**. Poland: University of Silesia/ Ukrainian Academy of Sciences/ Tavrichesky National University-Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, 2009.
- ASTER GLOBAL DIGITAL ELEVATION MODEL (GDEM/ASTER). **Imagens do Satélite ASTER 2009**. Disponível em: <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/feature.jsp> Acesso em 14 jun 2010
- CARVALHO JÚNIOR, O. A.; HERMUCHE, P. M.; GUIMARÃES, R. F. Identificação Regional da Floresta Estacional Decidual na Bacia do Rio Paranã a partir da Análise Multitemporal de Imagens MODIS. **Revista Brasileira de Geofísica**, n.3, v.24, p.319-332, 2006.
- COMPANHIA DE MINERAÇÃO DE MINAS GERAIS (COMIG) **Mapa de Geologia de Minas Gerais. 1:1000.000**. 2003
- COMPANHIA DE PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS (CPRM) e CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS (CETEC). **Uso da Terra e Caracterização da Cobertura Vegetal** – Informações Básicas para a Gestão Territorial. Região de Sete Lagoas – Lagoa Santa-MG. Projeto Vida. Belo Horizonte. v. 3, 29 p. Séries Cartas Temáticas, 29 p.



CUNHA, S. B. Bacias Hidrográficas. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. G. **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 6ª edição. p.229-272, 2010.

DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO. **Carta Topográfica – Corinto**. SE-23-Z-A-II. Rio de Janeiro: Ministério do Exército, 1979

DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO. **Carta Topográfica – Diamantina**. SE-23-Z-A-III. Rio de Janeiro: Ministério do Exército, 1986

EITEN, G. **Classificação da Vegetação do Brasil**. Brasília: CNPq Editorial, 1983.

ESPÍRITO-SANTO, M. M.; BARBOSA, R. S.; MELO JÚNIOR, A. F.; SANTOS, A. M.; OLIVEIRA, D. A.; ANAYA, F. C.; NEVES, F. S.; FERNANDES, G. M.; VELOSO, M. A. M.; FAGUNDES, M.; PIMENTA, M. A.; FARIA, M. L.; REIS JÚNIOR, R.; NUNES, Y. R. F.; SANCHEZ AZOFEIFA, A.; VALERIO, H. M.; LEITE, L. L.; BORGES, M. A. Z. **Esclarecimentos sobre a situação ecológica e sócio-econômica das matas secas norte-mineiras**. Tropi-Dry, 2008 (Nota Técnica). Disponível em <http://tropi-dry.eas.ualberta.ca/pdf/Papers/Em_defesa_da_mata_seca-junho_2010-mapas-2-2.pdf> Acesso em 05 fev 2009.

ESRI. Background data. In: **ArcGIS 9 - ESRI Data & Maps 9.3 - Media Kit (5 DVDs)**. 110741-110786. Ano 2007. 110763. DVD 2

FAO/ONU. **Management of Natural Forests of Dry Tropical Zones**. Roma: FAO Conservation Guide, n.32, 2000.

FORD, D.C.; WILLIAMS, P.W. Karst geomorphology and hidrology. United Kingdom: Wiley, 2007.

GEOPROCESSAMENTO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (GeoMinas). **Dados em Formato Shapefile dos Municípios Mineiros 1996**. Disponível em: <www.geominas.mg.gov.br> Acesso em 30 dez 2009

WORLD CLIM. (GLOBAL CLIMATE DATA) **Dados Globais de Precipitação e Temperatura entre 1950-2000** (2007). Disponível em: <www.worldclim.org>. Acesso em 15 jan 2011.

HABIČ, P. The karstologists in the second half of the 20th century. **Acta carsologica**, Ljubljana, v. XXIV, p. 33-40, 1995.

HOLTEN, B.; STERLL, M. P.W. **LUND e as grutas com ossos de Lagoa Santa**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.

HORROCKS, R.D.; SZUKALSKI, B.W. Using geographic information systems to develop a cave potential map for Wind Cave, South Dakota. **Journal of Cave and Karst Studies**, v.64, n.1, p.63-70, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Geografia do Brasil – Região Sudeste**. 667 p., 1977.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de Vegetação do Brasil 1:5.000.000**. Impresso. 1992

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de Unidades de Relevo do Brasil 1:5000.000**. Impresso 1993

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Manual do Software SPRING versão 5.1.4**, 2008. Disponível em <www.inpe.br> Acesso em 10 fev 2010.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). **Dados de Bacias Hidrográficas de Minas Gerais**, 2006. Disponível em <www.igam.mg.gov.br> Acesso em 10 fev 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Imagens do Satélite Landsat 5 – órbita-ponto 218-073**. Disponível em: <www.inpe.br>. Acesso em 15 jan 2011.

KOHLER, H.C. Geomorfologia cárstica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 309-334

KOKJALJ, J.; OSTIR, Z. Land Cover Mapping Using Landsat Image Classification in the Classical Karst KRAS REGION. Postojna: **Acta Carsologica**, 36/3 433-440, 2007.

KRANJC, A. About the name Kras (Karst) in Slovenia. In: **INTERNATIONAL SPELEOLOGICAL CONGRESS**, 13, 2001, Brasília. Proceedings... Brasília/Brasil: UIS/SBE, Brasília, 2001. 1 CD-ROM.

- KRANJC, A.; SNOJ, M.; PLETESKI, A. How the Dravids and the »pre-Slovenes« lived together in the caves of Kras and drank Teran thousands of years ago - not to mention other curiosities. **Cave karst sci.**, v. 29, n. 3, p. 136-137, 2002.
- MILES, L.; NEWTON, A. C.; DEFRIES, R. S.; RAVILIOUS, C.; MAY, I.; BLYTH, S.; KAPOV, V.; GORDON, J. E. A global overview of the conservation status of Tropical Dry Forests. **Journal of Biogeography**, v. 33, p. 491-505, 2006.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Informações sobre o Bioma Cerrado**. Disponível em: www.mma.gov.br. Acesso em 12 de jul de 2009
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 4.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2011.
- MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Ecology of Tropical Dry Forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, n.1, v.17, p.67-88, 1986.
- NASCIMENTO, R. T. N.; FELFILI, J. M.; MEIRELLES, M. A. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, n. 3, v.18, p. 362-375, 2004.
- OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D.; BURGESS, N. D.; POWELL, G. V. N.; UNDERWOOD, E. C.; D'AMICO, J. A.; ITUUA, I.; STRAND, H. E.; MORRISON, J. C.; LOUCKS, C. J.; ALLNUTT, T. F.; RICKETTS, T. H.; KURA, Y.; LAMOREUX, J. F.; WETTENGEL, P. H.; KASSEM, K. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. **BioScience**, n.11, v.51, p. 933-937, 2001.
- PEREIRA, A. L. S. **Relação Vegetação –Variáveis Ambientais em Florestas Deciduais em Afloramentos de Calcário no Bioma Cerra e Zonas de Transição Caatinga e Amazônia**. 2008. 91f. (Dissertação de Mestrado) Brasília: UNB/ICB.
- PIPAN, T. **Epikarst: a promising habitat. Copepod fauna, its diversity and ecology: a case study from Slovenia (Europe)**. Ljubljana: ZRC/SAZU, 2005.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Ed. Parêntese, 2007.
- PRANCE, G. T. Tropical Savannas and Seasonally Dry Forests: an introduction. **Journal of Biogeography**, n.33, p. 385-386, 2006.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, M.; TELES, B. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA, 1998, p. 89-152.
- RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural. 747p, 1997 2ª Edição.
- RODRIGUES, B. D. **Análise Fitossociológica das Cactáceas do Afloramento Calcário da Gruta da Lapinha (Lagoa Santa-MG) e a sua relação com a Teoria dos Refúgios Ecológicos de Ab'Saber**. 2007. 57 p. (Monografia de Graduação).
- RODRIGUES, B. D.; RIBEIRO, C. M. Aplicação da Teoria dos Refúgios Ecológicos sobre a Flora Rupestre de Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil. **XII Encontro de Geógrafos da América Latina**. Montevideo, Uruguai. Artigo Completo. 15f. 2009. Disponível em: <http://egal2009.easyplanners.info/area07/7464_Durao_Rodrigues_Bruno.pdf> Acesso em 30 out 2009
- SÁNCHEZ-AZOFEITA, G. A.; QUESADA, M.; RODRÍGUEZ, J. P.; NASSAR, J. M.; STONER, K. E.; CASTILHO, A.; GARVIN, T.; ZENT, E. L.; CALVO-ALVARADO, J. C.; KALACSKA, M. E. R.; FAJARDO, L.; GAMON, J. A.; CUEVAS-REYES, P. Research Priorities for Neotropical Dry Forests. **Biotropical**, v.37, n.4, p.477-485, 2005.
- SCARIOT, A.; SEVILHA, A. C. Biodiversidade, estrutura e conservação de Florestas Estacionais Deciduais no Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Eds.). **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- SZUKALSKI, B. W. Introduction to Cave and Karst GIS. **Journal of Cave and Karst Studies**, v.64, n.1, p.3, 2002.
- STUART, N.; BARRATT, T.; PLACE, C. Classifying the Neotropical savannas of Belize using remote sensing and ground survey. **Journal of Biogeography**, v.33, p.476-490, 2006.



TRAVASSOS, L.E.P. **Carstologia**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2011 (Notas de aula)

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991.

WATSON, J.; HAMILTON-SMITH, E.; GILLIESON, D.; KIERNAN, K. **Guidelines for cave and karst protection**. Switzerlan/UK: IUCN, 1997.

WARMING, E. **Contribuição para a Geografia Phitobiológica**. Belo Horizonte: Itatiaia, São Paulo: Edusp, 1973 (original 1892). p. 148-155

Trabalho enviado em setembro de 2013

Trabalho aceito em novembro de 2013

