

APLICAÇÃO DA TEORIA DOS REFÚGIOS ECOLÓGICOS SOBRE A FLORA RUPESTRE DE LAGOA SANTA, MINAS GERAIS, BRASIL¹

Bruno Durão Rodrigues*
Carlos Magno Ribeiro•

1 INTRODUÇÃO

Do ponto de vista biogeográfico a vegetação – leia-se como o conjunto de vegetais que existem em um determinado local – é elemento de suma importância na composição da paisagem. Ela pode servir como ponto de partida para o biogeógrafo (fitogeógrafo) que busca respostas consistentes para explicar a distribuição espacial das espécies com base em causas atuais: climáticas, pedológicas e faunísticas. Nesse sentido, o biogeógrafo ampara-se na Fitossociologia, ou simplesmente Sociologia Vegetal.

A Fitossociologia interessa-se pela vegetação pela via quantitativa através da contagem das plantas por meio de levantamentos em uma determinada área a partir de critérios metodológicos pré-estabelecidos. Segundo Rizzini (1997), a Fitossociologia tem por objetivo “o conhecimento da estrutura da vegetação através de dados numéricos significativos. Contudo, ela não prescinde estudo da flora, uma vez que a sua unidade fundamental é a associação – base para a composição florística de uma comunidade”.

A flora é “composta, sobretudo das espécies localizadas no mesmo lugar” (RIZZINI, 1997 p.7) e pode ser resultante de causas pretéritas: “alterações climáticas, migrações, modificações pedológicas, mudanças faunísticas e acidentes geográficos” (RIZZINI, 1997 p.7). Em linhas gerais, a flora está contida na vegetação.

O emprego de técnicas fitossociológicas aliada ao conhecimento florístico de um determinado espaço, permitem ao biogeógrafo ampliar o seu espectro material e de conhecimento na busca de respostas não só para atual distribuição da biota vegetal, mas também para obter resposta(s) a respeito da ocupação pretérita de uma determinada flora inserida em um determinado contexto vegetacional.

A distribuição atual e, sobretudo pretérita da flora é resultado de um conjunto de fatores que agem de maneira síncrona em diferentes níveis de escala que permeiam desde uma escala global até uma escala local. Para tentar compreender a distribuição florística o ponto de partida é o entendimento do conjunto cinético astronômico do Planeta Terra em ciclos que variam em durações de 22 Ka a 100 Ka. São movimentos do ponto de vista geológico fugazes, contudo são responsáveis pela mudança na recepção e distribuição da radiação solar, promovendo assim mudanças em todo o ambiente terrestre. A este conjunto de movimentos orbitais dá-se o nome de Ciclos Astronômicos de Milankovitch, em homenagem ao seu descobridor, Milutin Milankovitch, que na década de 1930 propagou a sua teoria no continente europeu.

Na atualidade, os Ciclos de Milankovitch são os mais aceitos para se explicar os períodos glaciais e interglaciais.

Com base nas variações climáticas ocorridas durante a última glaciação, geógrafo brasileiro Aziz Ab’Saber, em 1977 criou o primeiro modelo biogeográfico para a América do Sul, conhecido como Teoria dos Refúgios.

¹ Processos de Interação Sociedade e Natureza (*Procesos de La Interacción Sociedad-Naturaleza*)

* Geógrafo, Mestrando do Programa de Pós Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial PUC Minas Campus Coração Eucarístico – Belo Horizonte

•MSc em Geografia.Coordenador do Curso de Graduação em Geografia com ênfase em Geoprocessamento PUC Minas Núcleo Universitário Contagem.

Em linhas gerais, o modelo de Ab'Saber está temporalmente postado no Pleistoceno Final (também chamado de Terminal) – num período compreendido entre 13.000 e 18.000 anos (correspondente ao período Würm-Wisconsin).

A Teoria dos Refúgios de Ab'Saber propõe uma reconstrução dos paleoespaços em função dos climas secos. Propõe uma série de paleoindícios resultantes do último período glacial, dentre eles, os campos locais de cactáceas nas áreas outrora ocupadas pela flora xérica.

O presente trabalho tem como proposição a associação entre a distribuição espacial das espécies *Cereus calcirupicola* e *Opuntia brasiliensis* encontradas na Mata Seca sobre os afloramentos calcários do carste de Lagoa Santa e a sua relação com a Teoria dos Refúgios.

2 Justificativa e Objetivos (Gerais e Específicos)

A realização deste trabalho é justificada em função da importância *geo-bio-histórica* da vegetação sobre os afloramentos calcários e, sobretudo em relação à carência de informações das mesmas no âmbito da ciência geográfica.

2.1 Objetivos gerais

Relacionar a mata seca com a Teoria dos Refúgios proposta pelo geógrafo Aziz Ab'Saber;

Caracterizar fitofisionomicamente e floristicamente a mata seca: estratificação, cobertura e formas biológicas;

2.2 Objetivos específicos

Levantar em campo e georreferenciar as espécies de cactáceas *Cereus calcirupicola* e *Opuntia brasiliensis*;

Identificar o padrão de distribuição espacial das espécies selecionadas no afloramento calcário da Gruta da Lapinha;

Situar as espécies *C. calcirupicola* e *O. brasiliensis* no contexto da Teoria dos Refúgios.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Trabalhos específicos sobre a flora da região de Lagoa Santa são esparsos, sobretudo aqueles sobre as ocorrências florísticas localizadas no entorno e sobre os afloramentos calcários. Os primeiros trabalhos descendem de estudos do botânico dinamarquês Eugene Warming realizados no terceiro quartel do século XIX e publicados em fins do mesmo século em terras nórdicas; uma publicação da obra em língua portuguesa só fora divulgada no início do século passado, quase vinte anos após a publicação do original. Trabalhos mais generalistas acerca da vegetação sobre os afloramentos calcários começaram a ser produzidos mais de setenta anos depois de Warming como os de Carlos Toledo Rizzini e outros nos anos 60, mas com publicação somente na década seguinte. Já trabalhos peculiares à flora lagoa-santense só vêm surgir a partir da década de 80 com relatórios técnicos de centros de pesquisas públicos e alguns poucos trabalhos acadêmicos.

A seguir uma breve revisão acerca dos estudos desenvolvidos nas florestas secas sobre afloramentos calcários.

Eugene Warming pesquisou a área no triênio 1863-1866. Era integrante da equipe do também dinamarquês Peter Lund; enquanto Warming pesquisava a flora local, Lund teve seu interesse maior nas jazidas fossilíferas e arqueológicas.

O botânico dinamarquês 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, constando de pastagens e lavouras. Fez um minucioso estudo da composição florística das formações vegetacionais, não se restringindo ao caráter descritivo.

Fez observações relativas à forma de crescimento, padrões morfológicos e sazonais (épocas de floração, frutificação, senescência e brotamento foliar). Com relação à vegetação dos afloramentos calcários, classificou-a como sendo - vegetação natural de matas associada aos afloramentos calcários, ou simplesmente “mata seca”, devido à perda foliar intensa no período das secas.

No ano de 1892 publicou na Dinamarca o resultado das suas pesquisas efetuadas em Lagoa Santa; a tradução do trabalho para o português ocorreu graças aos esforços da Imprensa Oficial no ano de 1908, com o título: “*Lagoa Santa: contribuição para a geografia fitobiológica*”.

Ab’Saber (1977), em sua classificação dos domínios morfoclimáticos brasileiros, localizou a área de Lagoa Santa no “Domínio dos Cerrados” que ocorre nos chapadões centrais brasileiros, onde imperam climas tropicais úmidos de duas estações. AB’SABER ainda defende que parte da flora da região apresenta traços arcaicos, sobretudo sobre os afloramentos rochosos.

Rizzini (1979) nomeou tais tipos fitofisionômicos como matas secas (ou mesófilas), que no Brasil encontram-se disseminadas de forma abundante na área central do Cerrado, sob o mesmo regime climático, em forma de manchas em Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e Bahia. Na concepção de Rizzini, a estrutura das matas secas varia de acordo com o grau de dessecação a que estão submetidas e podem variar de formas secas da Floresta Pluvial Atlântica (semi-deciduidade) a formas cada vez mais simples estruturalmente e cada vez mais caducifólias.

Em relatório do sobre a região cárstica ao norte de Belo Horizonte, o CETEC (1981) propôs a preservação de alguns maciços calcários devido a um tipo especial de vegetação que ocorre sobre as grutas calcárias. “Esta vegetação pode ser chamada de calcícola, observando-se nesta formação árvores de porte alto que sobressaem em relação às ervas, arbustos e cipós, formando verdadeiras capoeiras. Dentre as numerosas famílias representadas neste tipo de vegetação, pode-se citar *Leguminosae*, *Cactaceae*, *Solanaceae*, *Bromeliaceae*, *Gramineae*, *Annonaceae* e *Amaryllidaceae*”

Eiten (1983) na sua obra *Classificação da Vegetação do Brasil* qualificou tais formações no âmbito das Florestas Tropicais Caducifólias que tem como nome vulgar “mata seca”. Para EITEN, a Floresta Tropical Caducifólia pode ser dividida em tipos e estes podem ocorrer em áreas de interflúvio ou de galeria. Um destes tipos é a Floresta Tropical Mesofítica Latifoliada Decídua de Interflúvio, com distribuição espacial no Brasil Central “ocorrendo principalmente sobre afloramentos calcários e outras rochas.”

O Centro de Pesquisas em Recursos Minerais do Brasil e o Centro Tecnológico de Minas Gerais (1994), através do Projeto VIDA, fez um levantamento do uso da terra e reconhecimento vegetacional nos municípios de Capim Branco, Funilândia, Lagoa Santa, Matozinhos, Pedro Leopoldo, Prudente de Moraes, Sete Lagoas e Vespasiano, em Minas Gerais. Os estudos no âmbito da cobertura vegetal nativa tiveram por objetivos reconhecer as fisionomias ocorrentes e a caracterização preliminar, dentre elas a vegetação sobre afloramentos calcários.

Sano & Almeida (1998) designaram tais formações florestais como Mata Seca, caracterizadas por diversos níveis de caducifolia durante a estação seca. Fazem ainda uma associação entre a ocorrência destas formações e o tipo de substrato pedológico: “são dependentes das condições químicas, físicas e principalmente da profundidade do solo, não possuindo associação com cursos de água, ocorrendo nos interflúvios e em solos mais ricos em nutrientes”. Em relação à vegetação e rochas carbonáticas inferem a sua ocorrência “a solos de origem calcária, às vezes com afloramentos rochosos típicos, sendo então denominadas Mata Seca Decídua”.

Brina & Silva (1996) no Projeto Área de Proteção Ambiental (APA) do Carste de Lagoa Santa, fizeram um levantamento no qual abordaram aspectos florísticos, fitofisionômicos e fitossociológicos da vegetação de Lagoa Santa e de forma minuciosa da flora associada aos afloramentos calcários, como subsídio para o Zoneamento Econômico Ecológico.

Pedralli (1997) utilizando-se da flora rupestre calcária na APA Carste de Lagoa Santa e nos afloramentos carbonáticos no município de Betim/MG (sic) desenvolveu um trabalho de apresentação de dados sobre a florística e fisionomia das Florestas Secas em Minas Gerais e evidências que comprovariam a semelhança florística com as caatingas do norte e nordeste do Estado.

Brina (1998) em sua dissertação de mestrado “*Aspectos da dinâmica da vegetação associada a afloramentos calcários na APA Carste de Lagoa Santa*”, em um trabalho de alta especificidade verificou as respostas sazonais de algumas variáveis do potencial hídrico em três espécies arbóreas típicas dos afloramentos calcários (*Myracrodruon arundeva*, *Anadenanthera colubrina*, *Zanthoxylum rhoifolium*) relacionando-as à fenologia e aos aspectos climáticos.

4 O PERÍODO QUATERNÁRIO E A TEORIA DOS REFÚGIOS DE AB'SABER

A atual composição estrutural (interna e externamente) e biológica do Planeta Terra é resultado de uma longa história ao longo de 4,6 bilhões de anos. Entretanto, os últimos 2 milhões de anos configuraram-se como um período marcado por grandes oscilações climáticas que interferiram na distribuição da biota, além do surgimento da espécie humana que também influenciou (e influencia) substancialmente na modificação do ambiente natural. Este período é conhecido como Quaternário e representa apenas 0,05% de toda a história da Terra. O Quaternário ainda é dividido em duas épocas: Pleistoceno (12.000 a 2 milhões de anos) e o Holoceno.

O Holoceno é a época mais recente do período Quaternário e teve início ao final da última glaciação, há cerca de 12.000 anos. Trata-se do período em que se reconhece como o do aparecimento do homem moderno e o desenvolvimento das primeiras civilizações (NETO & NERY, 2005).

No âmbito do Quaternário o que há de marcante são os períodos glaciais e interglaciais. A reconstrução resultante das temperaturas globais nos últimos 2 milhões de anos revela que a Terra sofreu pelo menos 5 períodos glaciais principais (isto é, períodos durante os quais as temperaturas globais estavam menos 4°C abaixo da temperatura interglacial atual) – Tabela 1. (BROWN & LOMOLINO, 2006).

Europa	Estados Unidos	Duração (Ma)
Donau	-	1600 (2000)
Günz	Nebraskan	600 - 500
Mindel	Kansan	480-440
Riss	Illinoian	230-190
Würm	Winsconsin	115-12

Tabela 1 – Ciclos Glaciais e Interglaciais no Quaternário

Os ciclos glaciais e interglaciais do Pleistoceno acarretaram mudanças não apenas na temperatura, mas em regimes climáticos inteiros. Durante o período glacial mais recente, a maioria das regiões não congeladas experimentou declínio na temperatura do ar que variava entre 4°C a 8°C.

Durante muito tempo a grande indagação entre os cientistas fora qual a real causa destes períodos cíclicos de gelo e degelo que, do ponto de vista geológico de duração, constituem-se como eventos extremamente fugazes. Na atualidade, a Teoria mais aceita para explicar a origem das glaciações e das mudanças climáticas de origem natural durante o Quaternário e em especial no Pleistoceno são os chamado Ciclo de Milankovitch ou Ciclos astronômicos de Milankovitch.

A Teoria de Milankovitch está ligada a três movimentos orbitais da Terra em relação ao Sol, que mudam com o tempo, entretanto, com uma periodicidade característica:

Primeiro, a órbita da Terra não é perfeitamente circular, e sim varia em elipsidade ou excentricidade, em um período de 100.000 anos. Segundo, o ângulo da Terra em relação ao seu eixo – sua obliquidade – varia de 22,1° a 24,5° a cada período de 41.000 anos. Finalmente, a orientação da Terra, ou precessão, oscila com o eixo do Pólo Norte mudando de uma “estrela do norte” (nos dias de hoje a estrela polar, da Ursa Menor) a outra (Vega, de Libra), com uma periodicidade de aproximadamente 22.000 anos. Os efeitos combinados dessas mudanças cíclicas acarretaram flutuações substanciais na quantidade de energia solar que atinge a Terra, culminando numa complexa combinação que cria os ciclos glaciais-interglaciais e as reversões climáticas no Pleistoceno. (BROWN & LOMOLINO,2006, p.180)

Consubstanciada na Teoria dos Ciclos Astronômicos de Milankovitch, uma série de modelos foi criada no intuito de se explicar a distribuição dinâmica da fauna e da flora pleistocênica ao redor dos continentes em função dos períodos glaciais-interglaciais. Inicialmente estes modelos foram elaborados por pesquisadores europeus e norte-americanos, visto que grande parte dos paleoindícios das glaciações concentra-se nas latitudes médias e altas da porção setentrional do Planeta.

Já nas regiões meridionais “abaixo” da linha do Equador e em especial na faixa intertropical (baixas e médias latitudes) destaca-se o modelo criado pelo geógrafo Aziz Ab’Saber em 1977, conhecido como Teoria dos Refúgios. Sua reconstituição paleoambiental é de extrema importância por ser o primeiro modelo biogeográfico para toda América do Sul (KIPNIS & SCHEEL-YBERT,2006).

Em linhas gerais, o modelo de Ab’Saber está temporalmente postado no Pleistoceno Final (também chamado de Terminal) – num período compreendido entre 12.000 e 18.000 anos (correspondente ao período glacial Würm-Wisconsin) – e espacialmente no domínio natural das paisagens sul-americanas.

O próprio Ab’Saber (1977, p. 2) na ocasião da divulgação do seu modelo o sintetizou da seguinte forma:

“O objetivo (...) centra-se na identificação, em grosso, dos paleo-espacos ocupados pelos climas secos no continente sul-americano, por ocasião do último, ou quando muito dos dois últimos períodos glaciais e glácio-eustáticos quaternários. Em

outros termos, visamos compreender os caminhos de penetração dos climas secos associados a rebaixamentos térmicos generalizados, e vinculados aos efeitos da glaciação, aos movimentos glácio-eustáticos, e à atuação das correntes frias, que levaram a aridez mais ao norte, ao longo das costas argentinas, uruguaias e sul-orientais do Brasil. Nesse sentido, a existência de pequenas fases secas posteriores, relacionadas ao *otimum climaticum*, onde localmente ocorreram manchas de climas secos, relacionadas entre outras causas à associação entre o aumento das condições térmicas e fatos de compartimentação topográfica regional.”

As pesquisas de Ab’Saber, segundo BIGARELLA, ANDRADE-LIMA e RIEHS (1975); KIPNIS & SCHEEL-YBERT (2006) estão fundamentadas na fauna e sobretudo na flora atuais, em evidências geomorfológicas, sedimentares e outras. Dentro do seu modelo alguns aspectos são de extrema importância, tais como, o posicionamento dos centros de dispersão da flora xérica sul-americana, bem como quais foram as rotas pretéritas do seu deslocamento (grandes áreas de cerrado no Brasil Central, rodeada por caatingas por todos os lados menos ao sul), extensos refúgios de floresta tropical nas cadeias de montanha do norte, áreas de cerrado em montanhas e planaltos da região amazônica, raros refúgios de floresta no Brasil Central, durante os períodos glaciais secos, quando as vegetações abertas e secas atingiam suas extensões máximas, as áreas nucleares de florestas deram lugar em parte às zonas de contato e transição.

A Teoria dos Refúgios publicada na década de 70 é na verdade o resultado de um imbricado sistema de trabalhos iniciados na década de 50 pelos geomorfólogos franceses Jean Tricart e André Cailleux a respeito do sistema paleoclimático da América do Sul, além de trabalhos desenvolvidos em fins da mesma década e no início da década seguinte pelo próprio Ab’Saber em conjunto com outros pesquisadores, como João José Bigarella, Pedro Marques Filho e Riad Salamuni.

Sobre o seu modelo dos refúgios, Ab’Saber (1977, p.3) explicitou a respeito dos critérios utilizados para embasá-lo:

“Os critérios que nos permitiram chegar a esta aproximação sintética, sobre o mosaico morfoclimático e fitogeográfico do último período seco, ocorrido entre 12.000 e 18.000 anos (Würm-Wisconsin), pertencem ao campo das observações múltiplas e correlatas. Nossa sùmula apóia-se na área de superposição dos fatos geomorfológicos, sedimentológicos e ecológicos. Utilizamos conhecimento na bibliografia disponível, ligados às feições geomórficas (pedimentos, terraços fluviais, bolsões residuais), aos depósitos correlativos (formações detríticas, depósitos de terraços, depósitos de piemonte, linhas de pedra, paleo-solos), crostas ferruginosas e mini-enclaves significativos (documentos de aridez rochosa, **campos locais de cactáceas**², refúgios da flora e da fauna), entre outros. A maior parte da documentação relacionada ao último período seco quaternário (13.000 -18.000 anos) foi obtida de informes da estrutura superficial das paisagens, revendo inclusive observações próprias, acumuladas em muitos anos de pesquisa.”

O modelo propõe que a América do Sul era caracterizada por um clima seco durante o Pleistoceno Terminal, o qual teria acarretado a expansão da caatinga em detrimento das regiões de cerrado, e as regiões de cerrado nas áreas de floresta.

De todos os critérios utilizados para a construção do modelo dos refúgios, um destaca-se: os mini-enclaves significativos; dentro desses os campos locais de cactáceas.

Nesse contexto dos avanços das caatingas sobre as áreas de cerrado, os mini-enclaves de vegetação xerófita, na atualidade, segundo Ab’Saber (1997, p.4) “encontram-se em caráter residual e resistiram localmente às mudanças para climas generalizadamente mais úmidos, ocorridos nos últimos 12.000 anos.”

² Em negrito somente para destacar, o texto original não é grifado.

Os palimpsestos tais como os mini-enclaves de vegetação xerófita (campos locais de cactáceas) podem indicar “os principais eixos dos grandes caminhos de penetração de semi-aridez quaternária, no espaço geográfico atualmente pertencente à América Tropical”. (Ab’Saber,1977,p.10).

O modelo biogeográfico dos refúgios agrega-se com as diversas respostas biogeográficas à glaciação propostas por Brown & Lomolino (2006, p.189). De acordo com os autores, a dinâmica biogeográfica das biotas no Pleistoceno foi desencadeada pelas mudanças fundamentais no ambiente no período e, em contrapartida uma conseqüente resposta da biota em virtude do “estresse ambiental dos ciclos glaciais e interglaciais”. São elas:

A dinâmica biogeográfica das biotas do Pleistoceno foram desencadeadas por três mudanças fundamentais em seus ambientes:

1. Mudanças na localização, extensão e configuração dos ambientes naturais;
2. Mudanças na natureza das zonas climáticas e ambientais;
3. Formação e dissolução das rotas de dispersão.

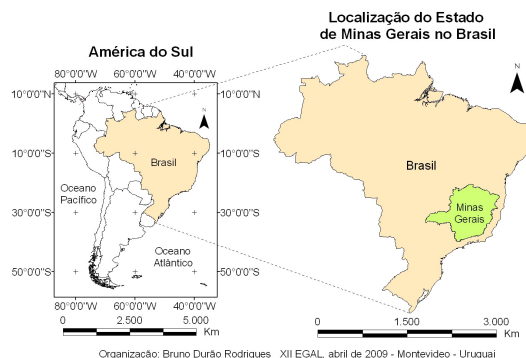
A **resposta das biotas**³, adaptadas durante muito tempo e climas relativamente estáveis e homogêneos, também foram três:

1. Algumas espécies capazes de “flutuar” com seus ótimos enquanto tais habitats mudavam de latitudes ou altitudes;
2. Outras **espécies permaneceram onde estavam e se adaptaram às alterações dos ambientes locais**⁴;
3. Outras espécies ainda sofreram redução de amplitude e eventual extinção.

5 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE LAGOA SANTA E DA ÁREA DE ESTUDO

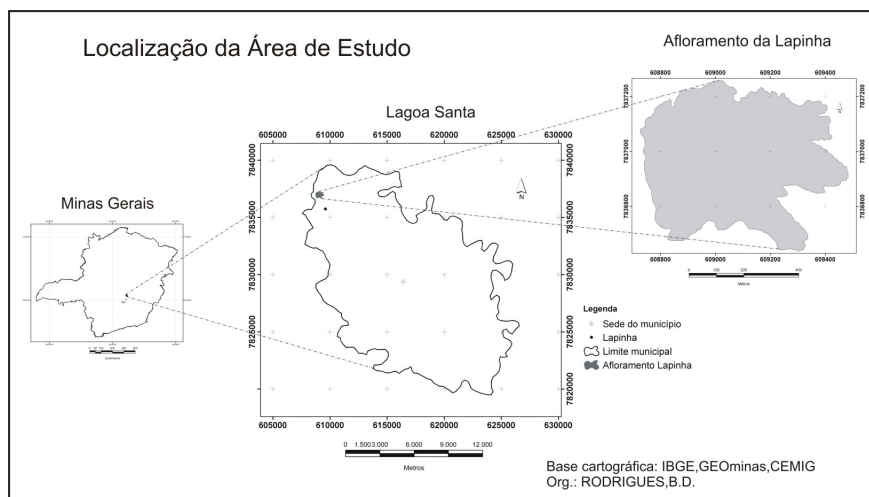
A área de estudo está localizada no Brasil, na região Central do Estado de Minas Gerais, no município de Lagoa Santa (43°59’W,19°38’S), no distrito da Lapinha (Mapa 1), na porção norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

O afloramento de calcário da Gruta da Lapinha (43°57’W,19°33’S ou em coordenadas UTM - 609100 E,7837000 N, Fuso 23 S SAD 1969) encontra-se na porção NW do município de Lagoa Santa, a 9 km da sede, e também a 45 Km da capital Belo Horizonte. Possui uma área total de 26 ha (260.000 m²) e situado na área da interseção de duas Unidades de Conservação – a Área de Proteção Ambiental do Carste de Lagoa Santa e o Parque Estadual do Sumidouro que são de responsabilidade do IBAMA e do Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais respectivamente.



³ Em negrito somente para destacar. O texto original não possui o grifo

⁴ Idem.



Mapa 1 – Mapa de Localização do Afloramento de calcário da Gruta da Lapinha

A área do afloramento da Lapinha é conhecida nacionalmente e mundialmente por sua grande importância histórica e científica desde a primeira metade do século XIX, quando o dinamarquês Peter Wilhelm Lund fez uma série de pesquisas de cunho arqueológico e paleontológico nas jazidas fossilíferas da Gruta da Lapinha e nas cavernas da região, descobrindo fósseis da megafauna pleistocênica, bem como restos mortais de *H. sapiens* conhecidos como “Homens de Lagoa Santa” que, segundo estudos, na atualidade são considerados como o grupamento humano mais antigo há habitar o continente Sul-americano (12.000 anos A.P). Além da sua importância histórico-científica, o afloramento da Lapinha tem a sua grande importância turística, uma vez que a Gruta da Lapinha recebe um grande número de visitantes sejam eles mineiros, de outros Estados e até mesmo de outros países que vêm conhecer um dos símbolos do berço da paleontologia nacional, assim como os espeleotemas que “mexem” com a imaginação dos visitantes.

O município está localizado na bacia hidrográfica do Rio das Velhas (afluente do Rio São Francisco). O Rio das Velhas representa o limite territorial do município a E, SE e NE e a W, SW e S o Ribeirão da Mata (afluente do Rio das Velhas) perfaz os limites municipais. Os cursos de água do município vertem para um desses rios, e estes se constituem como níveis de base regionais.

Uma outra particularidade com relação à rede hidrográfica é a drenagem subaérea promovida pela dissolução das rochas carbonáticas e conseqüente captura dos cursos de água para o ambiente subterrâneo. As águas fluviais podem ser drenadas por extensas áreas no ambiente endocárstico e depois voltarem ao ambiente superficial através das ressurgências.

O afloramento de calcário da Lapinha é um interflúvio entre as águas que vertem diretamente para o Rio das Velhas a NE e a NW na sub-bacia do Córrego Samambaia (que tem as suas águas drenadas para a Lagoa do Sumidouro em Fidalgo, distrito do município de Pedro Leopoldo) limite NW e N do município de Lagoa Santa. Nas áreas de dolineamento ainda podem ser encontradas lagoas cársticas que tem a variação do seu nível atrelada às variações pluviométricas. Está inserido no domínio do Planalto de Lagoa Santa com um relevo do tipo côncavo-convexo distribuído em uma altimetria que varia de 640 a 945 m, apresentando terrenos de geomorfologia cárstica (BERBET-BORN, 2002, p.423).

O município de Lagoa Santa é caracterizado pela presença de invernos secos e verões chuvosos, um clima classificado como Aw de Köppen (tropical chuvoso) (ADAMÓLI et. al., 1987, p.46). A pluviometria média está em torno de 1350 mm. A temperatura média do ar é da ordem de 24°C, a temperatura média das máximas registradas gravita em torno dos 29°C e a das mínimas no inverno próximo dos 11°C. A umidade relativa do ar varia de 60% a 70% nos meses mais secos e mais de 80% nos meses mais úmidos. O período seco tem uma

duração de cinco meses, de maio a setembro, tendo o seu auge nos meses de junho e julho, onde são registrados em média apenas um dia de chuva por mês.

O período chuvoso estende-se por cinco meses, de novembro a março com uma média de sessenta e seis dias de chuva e o equivalente a 1120 mm – o equivalente a 80 % das chuvas anuais.

Os períodos transicionais entre o período chuvoso e o período da seca são de apenas dois meses, sendo o mês de abril a transição do período chuvoso para o período seco (90 mm de chuva em média distribuídos em 6 dias) e o mês de setembro (130 mm de chuva em média distribuídos em 7 dias) do período seco para o período chuvoso.

O município está inserido no Domínio dos Cerrados (Ab'Saber,1977) e formações vegetacionais associadas, como a Floresta Estacional Semidecidual e a Floresta Estacional Decidual (IBGE,1993). O cerrado restringe-se a manchas remanescentes, em regeneração ou em transição (mata-cerrado). Nas dolinas e arredores dos afloramentos prevalece a Floresta Estacional Semidecidual. Sobre os afloramentos calcários desenvolve-se Floresta Estacional Decidual (“mata seca”) (BERBET-BORN *apud* PILO,2002, p.418).

Uma característica das espécies (sobretudo arbórea) das “matas secas” é a perda de parte ou grande parte das folhas. Este recurso no período da seca é uma das principais estratégias de economia hídrica destas comunidades vegetais.

O município de Lagoa Santa possui formações geológicas que variam do Éon Arqueano (Era: Mesoarqueana) ao Fanerozóico (Éon: Cenozóico) agrupado nas seguintes unidades geológicas: Complexo Belo Horizonte, Formação Serra de Santa Helena, Membro Pedro Leopoldo e Membro Lagoa Santa – formando uma amplitude geológica de mais de 2 Ga⁵.

O afloramento calcário da Gruta da Lapinha é pertencente à unidade geológica – membro Lagoa Santa (pertencente ao Grupo Bambuí) com rochas sedimentares e rochas metassedimentares com idade entre 650 a 850 milhões de anos, que tem origem através de deposição clasto-química ou por metamorfismo dinâmico. São rochas carbonáticas que possuem o CaCO₃ (Carbonato de cálcio) em sua composição, sendo encontrado calcarenitos e calcissiltitos (CPRM,2007)

6 MATERIAIS E MÉTODOS

A escolha do método a adotar depende essencialmente das questões que se pretende responder sobre a vegetação (DURINGAN,2004). Com o intuito de se conhecer a distribuição espacial das espécies *Cereus calcirupicola* e *Opuntia brasiliensis* no afloramento de calcário da Gruta da Lapinha foi empregado o método de amostragem conhecido por parcelas proposto pela SBB (1994) e FELFINI et. al (2005).

As parcelas podem ter diferentes formatos circulares, quadradas, retangulares, combinações de formatos de agrupamentos; no entanto, por uma série de razões, recomenda-se o uso de parcelas com formatos quadrados ou retangulares, principalmente pela facilidade de alocação (FELFINI et.al,2005).

A alocação das parcelas deve obedecer a critérios de cobertura geográfica, realizada com o auxílio de ferramentas amplamente empregadas na Geografia, como produtos do Sensoriamento Remoto (imagens de satélite e aerofotos), receptores de GPS para o georreferenciamento e trabalhos de campo para a ratificação (ou não) das condições da vegetação representadas nas imagens, sejam elas de satélite ou aerofotos.

Para início do trabalho de seleção das parcelas utilizou-se de uma aerofoto do afloramento (CEMIG,1989) na escala de 1:30.000. A imagem que se encontrava em formato

⁵ 10⁹ anos

impresso foi digitalizada de forma que a sua estrutura de proporcionalidade foi mantida. A imagem gerada, em formato raster foi georreferenciada no *software* de SIG ArcGIS v.9.0 em coordenadas plano-retangulares – UTM (Fuso 23 S) e com o DATUM de referência SAD 1969. A imagem em formato *raster* uma vez georreferenciada recebeu um *grid* de coordenadas com intervalos regulares tanto longitudinais (X) quanto latitudinais (Y) de 20m. Esse *grid* teve como objetivo servir de base para o sorteio das parcelas que seriam amostradas em campo. Cada célula do *grid* recebeu um número ordinal e este transcrito para uma folha que serviu como base para a escolha no sorteio. Foram sorteadas 15 parcelas e mais tarde verificou-se que algumas parcelas estavam localizadas em áreas de difícil acesso (abismos, fraturamentos) que não puderam ser identificadas inicialmente na análise da aerofoto da CEMIG. Sendo assim, procedeu-se a um novo sorteio.

Com relação ao número de parcelas Felfini et. al (2005) sugerem que sejam sorteadas 25 parcelas de 20x20 m (400 m²) totalizando assim um universo amostral de 1 hectare por fragmento de floresta decidual em levantamentos de cunho fitossociológico. Entretanto, por se tratar de um levantamento que visou o entendimento da distribuição das espécies das Cactáceas no afloramento calcário e, também pela escassez de pessoal para as atividades de campo, optou-se por levantar 15 parcelas, o equivalente a 60% de um hectare. Em termos práticos, as 15 parcelas geraram resultados positivos (Figura1).

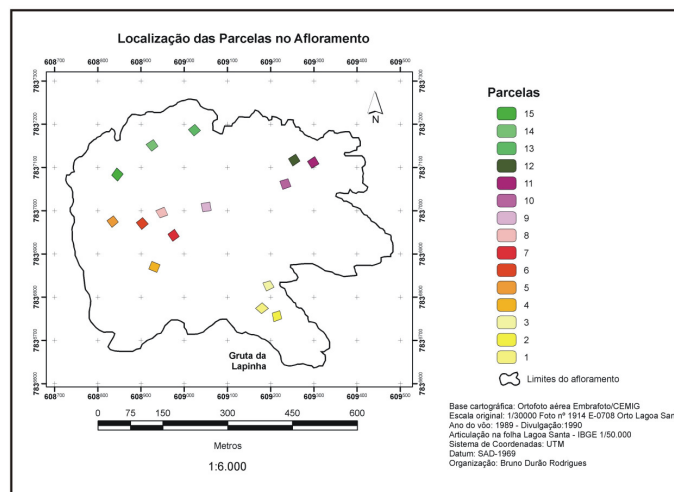


Figura 1 – Distribuição das parcelas no Afloramento de Calcário da Lapinha

Para alocação das parcelas em campo foi respeitado um distanciamento mínimo de 20 m entre as mesmas (critério este já adotado na etapa do sorteio). As parcelas foram posicionadas com o auxílio de duas bússolas de visada, dois receptores de GPS de navegação e uma trena de fibra com extensão de 30 m; o delineamento da parcela foi realizado com a ação coordenada de duas pessoas (“A e B”). Inicialmente (base 1) foi retirado por meio do receptor de GPS as coordenadas plano-retangulares do ponto (X,Y) e o azimute a ser seguido (as coordenadas e o azimute são anotados); o agente de campo (“A”) da base 1 orienta por meio do azimute obtido com o auxílio da bússola o deslocamento do outro agente (“B”) que segue com a trena até a base 2. Quando completados 20 m entre as bases, “A” orienta “B” parar. Para minimizar os erros de posicionamento, “B” de posse de outra bússola extrai o contra azimute ($x^{\circ}+180^{\circ}$) tendo como referência “A”; “B” retira as coordenadas (X,Y) da base 2 e por meio da bússola faz a visada do azimute na direção da base 3 (a retirada do azimute para a base 3 deve ser igual ao ângulo resultante do contra-azimute da base 1 acrescido de 90°). Enquanto isso, “A” recolhe a trena e segue em direção a base 2. “B” torna-se o homem base e “A” desloca até a base 3. E assim, o procedimento é repetido de forma alternada até o

fechamento do polígono (parcela). Em cada base (vértice da parcela) foi colocado um objeto colorido que serviu como baliza para os limites da parcela.

Para o levantamento dos indivíduos na parcela foram considerados todos os indivíduos com altura maior ou igual a 50 cm e todos os indivíduos que porventura estivessem mortos. Para indivíduos do gênero *Cereus* considerou-se a estrutura colunar de maior porte. Em cada indivíduo amostrado foram coletadas por meio do receptor de GPS (em coordenadas UTM, Fuso 23K e Datum SAD 1969) as coordenadas referentes à longitude (X) e latitude (Y), altitude (Z), altura (utilizando-se de uma trena de aço), (Figura 9) além de dados como, o tipo de substrato (afloramento, solo raso, solo mais profundo), se estão em área totalmente exposta, ou em área sombreada e o número da parcela – dados estes anotados em uma ficha de campo. As parcelas e alguns indivíduos foram fotografados com o uso de uma máquina digital com o objetivo de se criar um banco de imagens para a compreensão e no auxílio das análises.

Para o levantamento em campo foi necessária a realização de três trabalhos de campo no período compreendido entre setembro e outubro de 2007.

6.1 Fase de Escritório Pós-Campo

Nesta fase, os dados coletados em campo foram organizados em planilhas eletrônicas através do *software Excel for Windows*. Três planilhas foram elaboradas: *Parcelas.xls*, *Cereus.xls*, *Opuntia.xls*.⁶ As planilhas criadas foram convertidas para DBase (*.dbf), formato este próprio para a manipulação de banco de dados.

Utilizando-se o *software* de SIG *ArcGIS v.9.0*, os dados das planilhas em formato DBase foram espacializados e correlacionados à imagem georeferenciada da ortofoto aérea do afloramento da Lapinha, sendo sua representação através de pontos (e a estes, um conjunto de informações adquiridas em campo) que representam os indivíduos das espécies *C. calcirupicola* e *O. brasiliensis*. Os pontos que representam os vértices das parcelas foram vetorizados no próprio SIG empregado e tornaram-se representações das áreas das parcelas, facilitando assim a análise. A partir daí foi possível realizar o cálculo de cada área da parcela, totalizando 6.146,234 m². A variação de 146,234 m² na área total ocorreu a partir de pequenos erros de imprecisão do receptor de GPS em campo, daí o formato um pouco diferenciado entre as parcelas.

Com o intuito de transformar os dados espacializados em informações passíveis de análise, uma coleção de mapas foi gerada pelo próprio *software* de SIG: distribuição das parcelas no afloramento e das parcelas individualizadas com a distribuição das cactáceas no afloramento.

Os mapas elaborados foram exportados para o *software Corel Draw v.12* para melhorar a visualização, assim como inserir fotografias correlacionadas aos mapas.

A partir daí as análises foram iniciadas. Os textos analíticos foram elaborados no *software Word for Windows*.

7 Análise da distribuição espacial de *C.calcirupicola* e *O.brasiliensis* no afloramento de calcário da Gruta da Lapinha

A distribuição espacial das espécies *C. calcirupicola* e *O. brasiliensis* no afloramento de calcário da Gruta da Lapinha é distinta. Apesar das espécies estarem contidas no mesmo regime de deficiência hídrica no período de inverno, as mesmas buscam ocupar áreas que melhor atendem às suas exigências.

⁶ Extensão nativa do *Excel for Windows*.

Em linhas gerais a *O. brasiliensis* apresenta uma seletividade maior para a ocupação dos espaços sobre e no entorno imediato do afloramento. Os indivíduos observados aparecem sempre concentrados e muito próximos. Sobre o afloramento preferem ocupar áreas que ficam isentas da radiação direta do sol (através da proteção do estrato arbóreo) e que possuam pelo menos uma fina camada de solo (substrato pedológico raso < 50 cm). Quando expostas à radiação solar, ocupam áreas que recebem a luz do sol somente durante a parte da manhã – como os indivíduos amostrados na parcela 1.

No entorno imediato do afloramento (onde foi encontrado substrato pedológico com maior profundidade), foram observados indivíduos no entorno E, S e N do afloramento. Os indivíduos observados no entorno N do afloramento apresentavam-se com altura superior 3 m de comprimento e localizavam-se nas reentrâncias do afloramento, ficando assim protegidos da radiação solar direta.

Alguns indivíduos de *O. brasiliensis* foram observados na porção central do afloramento (mas fora das parcelas amostradas), mas encontravam-se isolados e próximos ao sombreamento do estrato arbóreo promovido por indivíduos que apresentavam características de semidecidualidade como as gameleiras (*Ficus sp.*) O *C. calcirupicola* possui uma distribuição maior sobre o afloramento. A espécie apresenta uma distribuição maior nas áreas de maior altitude do afloramento (740-760m) e com declividade entre 0° a 22° e consequentemente maior exposição a radiação solar ao longo do dia (nas porções centro-oeste para centro-leste do afloramento). Mas, também fora observado que nas áreas que possuem um maior sombreamento em virtude das espécies arbóreas do entorno (que apresentam o nível de decidualidade menor), o *C. calcirupicola* possui uma distribuição mais restrita.

Já nas áreas em que ocorre substrato pedológico – principalmente no entorno e nas porções S, SE e W do afloramento o *C. calcirupicola* apresenta também uma distribuição restrita, parecendo preferir espaços ocupados diretamente pelo afloramento de calcário e áreas com sombreamento reduzido.

Na porção N do afloramento onde a intensidade da radiação solar é maior ao longo do dia, os indivíduos do gênero *Cereus* mostram-se com uma distribuição mais rarefeita. Apesar da aparente preferência da espécie em relação aos espaços no afloramento com maior exposição à iluminação solar, ocorre uma relação ecológica de competição entre o *C. calcirupicola* e a bromélia *E. spectabile*. A bromélia ocupa uma extensão de aproximadamente 3ha no afloramento nos sentidos NW, N e NE estendendo para a direção central do afloramento.

A *E. spectabile* forma “campos de bromélias” que recobrem o afloramento impedindo assim a coexistência com o *C. calcirupicola*. Nestes “campos de bromélias sobre o afloramento”, somente algumas ervas e arvoretas sobrevivem.

Nas parcelas amostradas (10 e 12) os indivíduos ficam “ilhados” diante das bromélias; outros observados fora dos limites da parcela sucumbiram aparentemente em função da competição.

De acordo com as parcelas amostras que totalizaram 56 indivíduos de *C. calcirupicola* e 25 de *O. brasiliensis* em uma área de 0,6 ha (6000 m²) foi possível observar os padrões de ocupação no afloramento da Gruta da Lapinha e também da possibilidade de inferência da compatibilidade das espécies.

7.1 Minas Gerais, as Cactáceas do Afloramento de Calcário da Gruta da Lapinha e a Teoria dos Refúgios

Segundo a Teoria dos Refúgios proposta por Ab'Saber, os domínios naturais mineiros em decorrência do último período glacial apresentaram uma variação significativa em relação aos domínios naturais atuais. Entretanto, o que há de mais significativo foi a expansão dos

eixos de semi-aridez oriundos do NE brasileiro propiciados pela atuação de um clima mais seco, fazendo com que as áreas de caatingas e com floras similares (*Cactaceae*) substituíssem as áreas de Cerrado. As áreas de semi-aridez ocuparam uma extensa faixa do Norte a Sul, passando pela porção central do atual espaço mineiro. Nesse contexto, o espaço ocupado pelo município de Lagoa Santa (e, por conseguinte pelo afloramento de calcário da Gruta da Lapinha) também fora ocupada pela flora xérica das caatingas.

Os outros domínios naturais encontrados em Minas Gerais eram: áreas de Cerrado (considerados núcleos) ficavam restritas à porção NW e do atual Triângulo Mineiro, que também eram encontrados núcleos de Florestas Temperadas. Em uma faixa não muito extensa no sentido longitudinal que ia da porção centro-nordeste para SW eram encontrados núcleos de araucárias. As áreas com Florestas Tropicais e matas de encostas restringiam-se apenas as porções S, SE e uma restrita faixa a NE do espaço mineiro, próximo às divisas com os Estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia.

8 CONCLUSÃO

A distribuição espacial das espécies *C. calcirupicola* e *O. brasiliensis* sobre o afloramento de calcário da Gruta da Lapinha, na atualidade parece estar ligada aos ambientes existentes no afloramento, tais como a presença de substrato pedológico (ainda que muito raso), substrato rochoso, presença de fraturamentos que promovem a colonização de espécies arbóreas com regime de semi-decidualidade e que conseqüentemente promovem o sombreamento de algumas áreas do afloramento diminuindo assim a radiação direta, além da alta permeabilidade e baixa retenção de água, etc. Um outro fator preponderante à distribuição das espécies é a incidência da radiação solar no afloramento, com áreas de maior exposição à radiação ao longo do dia (topo do afloramento e a porção norte).

A combinação dos fatores locais associados à incidência da radiação solar promove a seletividade das espécies estudadas no afloramento. Apesar da baixa incidência das espécies no afloramento (56 indivíduos de *C. calcirupicola* e 25 de *O. brasiliensis* levantado nas 15 parcelas), elas ocupam as porções do terreno que mais são propícias às suas condições biológicas, visto que as espécies estudadas estão sob a mesma condição mesológica de um regime anual de deficiência hídrica.

A espécie *C. calcirupicola* prefere os ambientes mais expostos à radiação solar e em sua maioria se fixam diretamente no substrato rochoso, contudo, não foi percebida uma relação entre a altura dos indivíduos e a exposição à radiação solar. Já *O. brasiliensis* é mais seletiva com relação aos ambientes para a colonização, preferindo áreas mais sombreadas e com substrato pedológico, ainda que raso.

Além das condições ambientais atuais que influem na perpetuação destas espécies da flora da Mata Seca, uma questão é extremamente pertinente do ponto de vista paleobiogeográfico – a origem da ocupação das mesmas sobre o(s) afloramento(s) de calcário de Lagoa Santa. Nesse ínterim, é possível compreender através da Teoria dos Refúgios. Durante a última glaciação, a marcha dos eixos de semi-aridez avançou por sobre o Cerrado Mineiro e substituí a flora típica por floras similares às da Caatinga. Provavelmente, além das áreas dos afloramentos calcários (incluindo o da Lapinha e os da região de Lagoa Santa), as áreas de campos-cerrados, cerradões, matas de galeria foram sobrepostos pelas caatingas. Contudo, com o fim da glaciação há 11.000 anos, o clima seco foi sendo gradativamente substituído por um clima mais úmido e não propício à perpetuação da flora xérica. A partir daí, foi iniciado o recuo das caatingas em direção ao N mineiro e NE brasileiro (outrora áreas de origem dos eixos da expansão de semi-aridez).

As espécies de cactáceas localizadas sobre os afloramentos responderam de forma positiva às novas condições climáticas, contudo permanecendo em espaços que possuíam

sérias restrições ao armazenamento hídrico (e mais similares às condições em que foram colonizadas). A resposta biológica fez com que sobrevivessem sobre o afloramento e no entorno imediato e não nas áreas em que a deficiência hídrica não era tão agravada.

As áreas dos afloramentos de calcários passaram a ser refúgios destas espécies e, as que existem hoje podem ser descendentes daquelas do último período glacial.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. **Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários**. Paleoclimas 03:01-19, 1977.

_____. **Os domínios de natureza no Brasil – Potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159p.

ADAMÓLI, J. et. al. **Caracterização da região dos cerrados**. São Paulo: Nobel, 1987. p. 33 – 98.

ART, H. W. **Dicionário de ecologia e ciências ambientais**. São Paulo: UNESP, Melhoramentos, 2001. 583p.

AULER, A.S.PILÓ, L.B, SAADI, A. **Ambiente Cársticos**. In: SOUZA, C. R. G., SUGUIO, K., OLIVEIRA, A.M.S, OLIVEIRA, P.E. **Quaternário no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005. p.331-342.

BORN, M. B. **Carste de Lagoa Santa, MG – Berço da paleontologia e da espeleologia do Brasil**. In: **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. Brasília: CPRM / DNPM / SIGEP, 2002. p.415-430

BRINA, A. E. **Aspectos da dinâmica da vegetação associada a afloramentos calcários na APA Carste de Lagoa Santa, MG**. Belo Horizonte: UFMG/ICB, 1998.105p. (Dissertação de Mestrado).

BIGARELLA, J.J., DÁRDANO, A.L., RIEHS, P.J. **Considerações a respeito das mudanças Paleoambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais no Brasil**. Anais da Academia Brasileira de Ciência. n.47, 1975. p.411-464.

Botânica On Line. **Informações sobre a família Cactaceae**. Disponível em: <www.botanicaonline.org> Acesso em: 02 de Novembro de 2007

BROWN, J.H. & LOMOLINO, M.V **Biogeografia**. Ribeirão Preto: FUNPEC, 2006, 2ª edição. 691p.

COSTA, C. M. R. *et.al.* **Biodiversidade em Minas Gerais**. Belo Horizonte: Biodiversitas, 1998. 92p.

CPRM/CETEC. **Uso da Terra e Caracterização da Cobertura Vegetal – Informações Básicas para a Gestão Territorial. Região de Sete Lagoas – Lagoa Santa – Minas Gerais**. Projeto VIDA. Belo Horizonte, 1994. v.3 Série Cartas Temáticas. 29p.

DURINGAN, G. Métodos para análise da vegetação arbórea. In: CULLEN, L.J., RUDRAN, R., VALLADARES-PADUA, C. **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação & Manejo da Vida Silvestre**. Curitiba: Editora da UFPR, 2004 p. 455-480

EITEN, G. **Classificação da Vegetação do Brasil**. Brasília: CNPQ/Coordenação Editorial, 1983. 305p.

FELFINI, J.M., CARVALHO, F.A, HAIDAR, R.F. **Manual para o Monitoramento de Parcelas Permanentes nos Biomas Cerrado e Pantanal**. Brasília: Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Florestal. 2005.55p. Disponível em: <www.redeppcerradopantanal.org.br> Acesso em: 24 de Setembro de 2007.

FIBGE. **Aspectos da vegetação do Brasil**. São Paulo: Série Manuais Técnicos, 1991. 148p.

FIBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Série Manuais Técnicos em Geociências 1. Rio de Janeiro, 1992. 92p.

FIBGE. **Mapa da vegetação do Brasil**. 1993.

- GOODLAND, R. J. A. **Ecologia do cerrado**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1979. 193p.
- HAFFER, J., TRANCE, G. T. **Impulsos climáticos da evolução na Amazônia durante o Cenozóico: sobre a teoria dos refúgios da diferenciação biótica**. Estudos Avançados. USP. V.16 n.46, 2002. p.175-206.
- KIPNIS, R. & SCHEEL-YBERT, R. **Arqueologia e Paleoambientes** In: SOUZA, C. R. G., SUGUIO, K., OLIVEIRA, A. M. S., OLIVEIRA, P. E. **Quaternário no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005. p.343-362
- LINO, C. F. **Cavernas. O fascinante Brasil subterrâneo**. São Paulo: Editora Rios, 1989. 279p.
- NETO, J. L. S. & NERY, J. T. **Variabilidade e Mudanças Climáticas no Brasil e seus impactos** In: SOUZA, C. R. G., SUGUIO, K., OLIVEIRA, A. M. S., OLIVEIRA, P. E. **Quaternário no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005. p.28-51
- Nascimento, A. R. T., FELFILI, J. M., MEIRELLES, E. M. **Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de Encosta, Monte Alegre, GO, Brasil**. Acta Botânica Brasileira. v.18(3) p.659-669, 2004.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. **Catálogo das Árvores Nativas de Minas Gerais – Mapeamento e Inventário da Flora Nativa de Minas Gerais**. Lavra: Editora UFLA, 2006. 423p.
- PEDRALLI, G. **Florestas secas sobre afloramentos de calcário em Minas Gerais: florística e fisionomia**. Bios. Cadernos do Departamento de Ciências Biológicas da PUC Minas, v.5, n.5 p.. 81-88, dez 1997.
- PILÓ, L. B. **Rochas carbonáticas e relevos cársticos em Minas Gerais**. O Carste 9(3): 72-78, 1997.
- RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil – Aspectos ecológicos**. São Paulo: Hucitec, Edusp. 2º volume, 1997. 747p.
- RODRIGUES, B. D. **Relevo cárstico como alternativa de ensino para geografia física em sala de aula**. Belo Horizonte: Unicentro Newton Paiva. Monografia de Graduação, 2001. 56p.
- _____. **Fitofisionomia e Comportamento da Vegetação Associada aos Afloramentos Calcários da Região da Gruta da Lapinha – Lagoa Santa/MG**. Belo Horizonte: Centro Universitário de Belo Horizonte. Monografia de Especialização em Análise e Planejamento Ambiental, 2004. 58p.
- SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1998. 556p.
- SBB. **Manual sobre Métodos de Estudo Florístico e Fitossociológico – Ecossistema Caatinga**. Fortaleza: UFC. 24p.
- TEIXEIRA, R. **Grutas da região cárstica de Lagoa Santa – Lapinha**. Belo Horizonte: Júpiter, 1980. 49p.
- VALLE, C. M. C. **A gruta ou Lapa Nova do Maquiné**. Belo Horizonte: Littera Maciel, 1991. 71p.
- WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do Bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas**. Brasília: UNB, 2006. 389p. (Tese de Doutorado). Disponível no sítio eletrônico: <<http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/walter,bmt.pdf>>. Acesso em 28/08/2007.
- WALTER, H. **Vegetação e as zonas climáticas: tratado de ecologia global**. São Paulo: EPU, 1986. 325p.
- WARMING, E. & FERRI, M. G. **Lagoa Santa e a vegetação de cerrados brasileiros**. Belo Horizonte: Itatiaia. São Paulo: Edusp, 1973. 386p.