

**PROPOSTA DE REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE DADOS DA
GEODIVERSIDADE UTILIZANDO CARTOGRAFIA TEMÁTICA E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO**

**PROPOSED GRAPHICAL REPRESENTATION USING DATA FROM
GEODIVERSITY THEMATIC CARTOGRAPHY AND GEOINFORMATION
TECHNOLOGIES**

**Utaiguara da Nóbrega Borges¹
Gorki Mariano²
Admilson da Penha Pacheco³
Eduardo Rodrigues Viana de Lima⁴
José Augusto Ribeiro da Silveira⁵
Milena Dutra da Silva⁶**

**¹Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia / Departamento de Geociências
utaiguara@yahoo.com.br**

**²Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia / Departamento de Geociências
marianogorki@gmail.com**

**³Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia / Departamento de Engenharia Cartográfica
pacheco3p@gmail.com**

**⁴Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza / Departamento de Geociências
eduvianalima@gmail.com**

**⁵Universidade Federal da Paraíba
Departamento de Arquitetura/Programa de Pós-Graduação em Arquitetura
ct.laurbe@gmail.com**

**⁶Universidade Federal da Paraíba
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura
dutra_ms@hotmail.com**

RESUMO

Geodiversidade consiste na variedade de ambientes geológicos e processos que resultam na origem e evolução das paisagens, rochas, minerais e solos, suportes para a vida na Terra. Nesse contexto, esse trabalho visa contribuir com instrumentos que envolvam esses elementos e o geoprocessamento, nos estudos de sua conservação. Os métodos de avaliação para quantificar a geodiversidade carecem de representação cartográfica. Esses valores são representados em tabelas e gráficos convencionais, dificultando a leitura objetiva e comparativa. Apresentamos um método para a representação destes dados, utilizando geoprocessamento e cartografia. Foi aplicado um método de representação cartográfica, símbolos proporcionais, para os valores absolutos, e de interpolação, denominado *Kernel*, onde são representadas as variações de densidade, por unidade de área. Como campo de experimento adotamos uma Área de Preservação Ambiental, APA das onças, município de São João do Tigre – PB. Foram inventariados, caracterizados, e quantificados 14 geossítios. Foram gerados mapas temáticos representando os valores quantificados. Estes mapas permitem a visualização espacial, favorecendo a interpretação direta dos vários aspectos da geodiversidade. Este método inovador representa um avanço no que concerne a inventariação e quantificação dos elementos da geodiversidade, podendo ser utilizado de forma rápida e eficiente na definição de estratégias de geoconservação.

Palavras Chave – Geodiversidade, Geoconservação, Geoprocessamento

ABSTRACT

Geodiversity consists in a variety of geological environments and processes that contribute to the origin and evolution of landscape, rocks, minerals, fossils soils, support for life in the Earth. The main objective of this work is to contribute with the use of tools that encompass the elements of geodiversity and geoprocessing, obtained during the study of conservation of the geologic heritage. The evaluation methods that are currently used lack adequate graphic representation. These data are presented in conventional tables and graphics, difficulties in lecture and comparison of the data. This work establishes a method for representation of the data using geoprocessing tools and cartography. It was applied a method of cartographic representation, proportional symbols, for the absolute values and interpolation of data called *Kernel*, constructed with variation of densities for unity of área. As experimental field the region of the area of environmental preservation named APA das Onças, located in the municipality of São João do Tigre – PB, Northeast Brazil. In this area 14 geosites were selected and have their geodiversity values determined. Based on the obtained data for each geosite several thematic maps were made representing the density by areal unity of the quantified values (thematic maps of cultural and economic values). These maps allow spacial visualization, favoring direct interpretation of the various aspects of the geodiversity. This inovator method applied in the study of geologic heritage represents an advance concerning the inventariation and quatification of the geodiversity elements, promotes their quick and efficient use for the elaboration of geoconservation strategies.

Key Words – Geodiversity, Geoconservation, Geoprocessing.

1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O uso cada vez mais acelerado e desordenado dos elementos da natureza, seja em decorrência de exploração para fins econômicos como para fins de lazer, vem ocasionando uma série de transtornos ambientais que devem ser equacionados a partir da contribuição de especialistas comprometidos com esse assunto em conjunto com planejadores territoriais e geocientistas para proteção do meio ambiente.

No Brasil, há poucos anos atrás, é que foi despertada a importância dos estudos da proteção dos elementos abióticos da natureza. Segundo a *Royal Society for Nature Conservation* do Reino Unido, a Geodiversidade consiste na variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que dão origem as paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que dão suporte a vida na Terra, ou seja, a Geodiversidade compreende todos os aspectos abióticos da natureza. Já a Geoconservação tem como finalidade a proteção desses elementos naturais, o Patrimônio Geológico.

Nessa conjuntura emergem no cenário científico uma série de trabalhos focados nessa nova temática. Alguns são de caráter mais descritivo, procurando relatar os elementos da geologia que

são de grande importância para a proteção e conservação. Outros têm um caráter mais metodológico, procurando estabelecer roteiros e critérios para levantamento e valorização dos elementos do patrimônio geológico.

Observando as pesquisas realizadas no âmbito da quantificação e monitorização dos alvos estudados, os geossítios, conclui-se, que os mesmos carecem de tratamentos cartográficos automatizados, ou seja, a exploração da representação cartográfica com apoio da análise espacial de dados. Procurando contribuir com a melhoria no processamento e representação desses dados, optou-se por adotar novas tecnologias de tratamento de dados espaciais que se tornaram instrumentais essenciais, uma vez que fornece, de forma rápida e eficiente, o conhecimento do espaço analisado. Para isso optou-se por usar as normas da cartografia temática, que compreende o uso da linguagem gráfica, que esta calcada nos preceitos da semiologia gráfica, para facilitar, por parte dos usuários, gestores e planejadores, o processo de leitura e interpretação dos dados gerados no processo de quantificação e seriação dos geossítios.

O uso das tecnologias de geoprocessamento tem demonstrado ser uma ferramenta eficiente, na precisão, competência e rapidez na geração de informação, permitindo uma melhor visualização dos parâmetros analisados. Na aplicação à Geodiversidade, esta ferramenta permite a manipulação de um grande volume de dados e a apresentação destes em forma de mapas temáticos de fácil leitura e interpretação. Desta forma, esperamos contribuir com as estratégias de geoconservação e na conservação do patrimônio geológico contribuindo com o uso de instrumentos que envolvam os elementos da geodiversidade e as tecnologias de tratamento de dados georreferenciados, nos estudos de conservação do patrimônio geológico.

Os métodos de avaliação que visam quantificar os elementos da geodiversidade, carecem de uma representação cartográfica. Nesse contexto, procurou-se estabelecer um método para a representação gráfica dos dados quantificados da geodiversidade (p.ex. valores de uso didático, científico, e conservação), utilizando geoprocessamento e a cartografia temática (Símbolos Proporcionais) com o intuito de facilitar o acesso e a compreensão dessa informação. Atualmente esses valores são representados em tabelas e gráficos convencionais (p. ex. barra, pizza, linhas). Esse tipo de representação dificulta a leitura de forma rápida e objetiva e comparativa dos dados. Neste trabalho foi aplicado um método de representação cartográfica, símbolos proporcionais, para representação dos valores absolutos, e de interpolação de dados, denominado *Kernel*, onde são representadas as variações de densidade, por unidade de área, em escala de cor. A sua aplicação na análise dos parâmetros relacionados com a geodiversidade permitirá a visualização imediata das características dos geossítios inventariados, através da leitura de mapas temáticos.

Para atender esse anseio, foram traçados os seguintes objetivos: **Geral:** Propor uma forma de representação gráfica para o estudo da geodiversidade com base na cartografia temática e tecnologias de geoinformação. Procurando estabelecer uma sequência para atingir essa meta principal do trabalho, foram estabelecidas etapas específicas. Estas etapas foram agrupadas da seguinte forma: **a)** Pesquisar metodologias utilizadas em outras partes do mundo aplicadas aos estudos da conservação do patrimônio geológico; **b)** Mapear potenciais geossítios representativos da história geológica local; **c)** Adaptar fichas de inventariação geológica para atender as necessidades da área de estudo; **d)** Elaborar base de dados (espacial e não espacial) dos aspectos físicos, aspectos sócio-econômicos e culturais da área de estudo e produzir uma documentação cartográfica da área para fornecer suporte às atividades de planejamento e gestão do patrimônio geológico, com o intuito de melhorar o processo de leitura, análise e interpretação dos dados quantificados no processo de inventariação.

2- LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

A Área de Proteção Ambiental (APA) das Onças, esta inserida no município de São João do Tigre, localizado na Microrregião Geográfica do Cariri Ocidental fazendo parte da Mesorregião da Borborema do estado da Paraíba. Seus limites territoriais compreendem os seguintes municípios: Ao Norte São Sebastião do Umbuzeiro (PB); ao Sul Pesqueira e Porção (PE); a Leste Camalaú (PB) e Sertânia (PE); e a Oeste Arcoverde (PE) (Figura 01). O acesso a partir da capital é realizado através da principal via de acesso, a BR 230, até a cidade de Campina Grande, onde é seguido pela PB 104, posteriormente, a PB 196 em Barra de São Miguel, e a PB 214 no município do Congo. Compreendendo um total de 376km.

A área de estudo, em termos de extensão geográfica, compreende a maior Unidade de Conservação do Estado da Paraíba com uma área de 360 km², ocupando aproximadamente a metade do município de São João do Tigre. Na área há um rico patrimônio cultural com artes rupestres e cemitérios indígenas, que representam parte da Pré-história do homem no Brasil, mais especificamente, a história dos índios cariris. Com relação aos elementos abióticos, nessa área é possível encontrar aspectos da geologia regional e local que servem de exemplos para relatar a história geológica da Terra.

A APA das Onças foi transformada em área protegida, Unidade de Conservação, em 25 de Março de 2002, pelo Governo do Estado da Paraíba. Como área de Desenvolvimento Sustentável, a partir da Lei Federal 9.985/2000 (SNUC) e decreto Estadual regulamentador nº 22.880, de 25/03/2002, passou a ter uma exigência de uso ordenado seguindo os trâmites do Artigo 15, da Lei 9.985/2000, do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza/SNUC (SUDEMA, 2005).

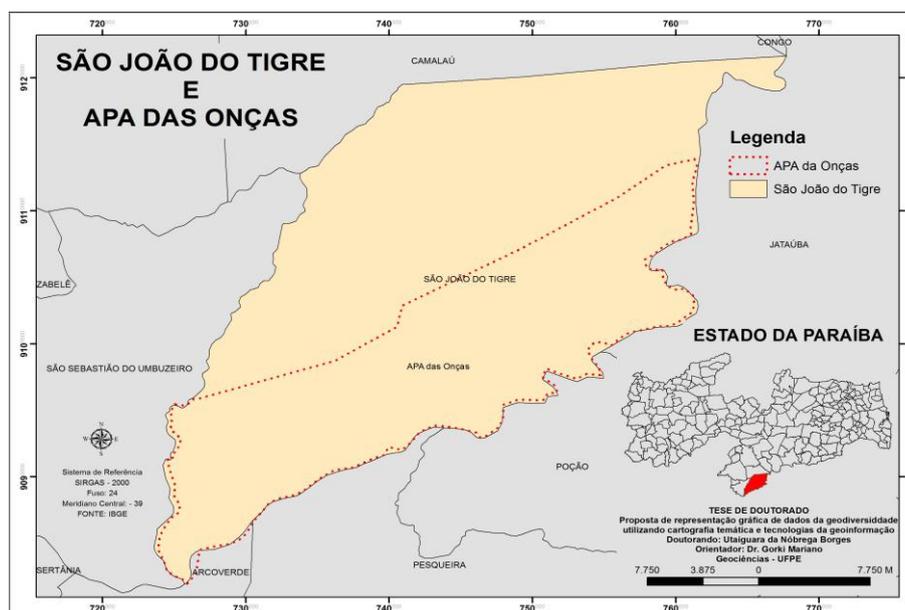


FIG. 01 – Mapa de localização da área de estudo.

O clima, segundo a classificação climática de Koppen é do tipo Bsh, definido como clima quente, semi-árido e com estação chuvosa no verão e de altitude, notadamente nas serras na frente sul e Oeste do município, onde se localiza a Área de Proteção Ambiental das Onças (SUDEMA, 2005). A temperatura média anual do município é de 28° C, com uma amplitude térmica de 10° C. A menor temperatura média mensal ocorre no mês de Julho apresentando um valor de 18° C, onde o oposto, o maior valor, 37° C, aparece no período de Dezembro.

A fitogeografia local é caracterizada por duas feições bem peculiares, vegetação e antropismo. A primeira delas esta relacionada à cobertura vegetal nativa da região, a caatinga. De

acordo com os seus aspectos fitossociológicos (o porte e as condições de adensamento) a caatinga local é qualificada em arbórea ou arbustiva e aberta e fechada, com formações xerófitas lenhosa decíduas, em grande parte espinhosas. A segunda está pautada pela agricultura de subsistência.

Com relação a morfologia, a área de estudo esta inserida numa unidade geomorfológica denominada de Planalto da Borborema. Segundo CARVALHO (1982), na Paraíba, o Maciço da Borborema apresenta-se fragmentado, aparecendo na paisagem sob forma de Escarpas, amplas Superfícies Elevadas Aplainadas, e ainda como Maciços Residuais poucos extensos representados pelas Serras e Inselbergues.

A APA das onças esta inserida no contexto geológico do Estado da Paraíba com predominância de rochas cristalinas, as quais ocupam mais de 80% de todo o seu Território. Com base no mapeamento da Carta Geológica, Folha Pesqueira, escala 1:100.000, na região onde esta inserida à área de estudo encontram-se as Suítes Intrusivas (Conjunto de rochas ígneas plutônicas com composições distintas) Itaporanga e Vila Morderna, os Ortognaisses (Rocha metamórfica derivada de uma rocha ígnea ou magmática plutônica) Sítio Severo e São João do Tigre, e os Complexos Riacho do Tigre, Sertânia e Pão de Açúcar. As rochas ígneas plutônicas são predominantes na área da APA e apresentam variação composicional bastante interessante, tendo como representantes gabros, dioritos, granitos, monzonitos, granodioritos e tonalitos. Essa nomenclatura é estabelecida em função da mineralogia das rochas.

3 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS – MATERIAIS E METÓDOS

O presente trabalho propõe uma avaliação que toma como base a cartografia compatível com a escala 1:100.000, e os dados provenientes do processo de quantificação dos geossítios. Os procedimentos adotados constituem-se de uma serie de etapas desde o preparo das bases cartográficas, coleta de dados em campo, preenchimento de fichas de inventários e quantificação dos geossítios, e a representação desses dados utilizando a cartografia temática como elemento de difusão do conhecimento da área estudada.

Os resultados esperados visam melhorar a forma de representação dos dados quantificados da geodiversidade, utilizando mapas temáticos de símbolos proporcionais e de densidade, como elemento de comunicação entre o produtor da informação e o usuário final, visando assim, uma melhor interpretação desses resultados. No final do processo de quantificação será possível, através de mapas, identificar distribuição espacial dos valores quantificados e de sua densidade.

3.1 – Materiais

Uma vez identificada, caracterizada e localizada espacialmente a área de estudo, foi adotado os seguintes materiais para a pesquisa em questão:

- Imagens orbitais em meio digital no formato GeoTiff;
- Cartas topográficas (Escala 1:100.000);
- Mapas geológicos (Escala 1:100.000);
- Mapas digitais da área de estudo em formato SHP;
- Dados do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*);
- GPS de navegação GARMIN para georreferenciamento dos Geossítios;
- Máquina fotográfica para o registro dos elementos da geodiversidade;
- Fichas para inventariação dos geossítios;
- Computador para tratamento dos dados;
- Programas de Geoprocessamento para tratamento dos dados Matriciais e Vetoriais, e para análise espacial.

3.2 - Métodos

O desenvolvimento dessa pesquisa envolveu a aplicação de duas metodologias. A primeira, que tem como objetivo inventariar e quantificar os valores dos possíveis geossítios, que foi realizada através do método proposto por BRILHA (2005). Este método leva em consideração os valores intrínsecos, de uso potencial, e necessidade de proteção, de cada local levantando. Com isso foi possível identificar o grau de relevância dos possíveis geossítios, com base nesses valores. Apesar de existirem metodologias de quantificação mais refinadas e com atributos mais apropriados para APAs (p. ex. PEREIRA, 2010), optou-se em adotar os métodos aqui apresentados devido a sua simplicidade, tendo em vista que o objetivo da presente pesquisa é aplicar métodos de geoprocessamento e cartografia temática para representação de dados. Esse tratamento pode ser aplicado independente do método de quantificação da geodiversidade. A segunda, tem a finalidade de fazer a espacialização e representação cartográfica dos possíveis geossítios inventariados e quantificados. Para isso foi adotada a cartografia temática para representar os valores absolutos, através da técnica de símbolos proporcionais, e a estatística de interpolação, não-paramétrica, a estimativa de *Kernel*. A aplicação do interpolador *Kernel* tem o intuito de mostrar o padrão de distribuição de pontos, gerando uma superfície de densidade. Como resultado final, teremos os chamados mapas de *kernel* ou mapas de densidade. Esse tipo de produto é bastante aplicado em estudos de segurança, saúde pública e nas ciências ambientais, como alternativa para análise geográfica do comportamento de padrões de ocorrência de determinados eventos, ou seja, no mapa são plotadas as ocorrências, posteriormente aplica-se um método de interpolação, e como resultado, a densidade pontual de determinado fenômeno, em toda a região de estudo, é representada cartograficamente através das gradações de cores.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados aqui apresentados descrevem os produtos obtidos utilizando tecnologias da geoinformação, como ferramenta de auxílio para representação dos dados da geodiversidade de forma prática e objetiva. Os primeiros mapas gerados são as bases cartográficas necessárias para realização do trabalho de campo e para a espacialização dos dados. Esse material serviu de apoio para no procedimento de inventário, uma vez que permitiu uma melhor compreensão da área de estudo e da distribuição territorial dos geossítios. Compreende os dados extraídos da carta topográfica, onde foram elencadas as informações de elevações do terreno (curvas de nível), estradas principais e secundárias, e a rede de drenagem, que foi de grande importância para orientação espacial na hora da distribuição dos geossítios na base cartográfica, e para o georreferenciamento das imagens CBERS. O recorte do mapa geológico da folha Pesqueira, que foi de grande importância para caracterização dos geossítios no contexto geológico. As imagens do satélite CBERS e do sistema SRTM, respectivamente, foram de grande importância no trabalho de campo, uma vez que apresentam uma visão real do terreno, servindo como elemento norteador no reconhecimento espacial dos geossítios, e nas atividades de campo.

Os Geossítios inventariados (Fig. - 02), listados abaixo, foram descritos com as informações geológicas e suas características, com base em critérios do inventário, incluindo registro fotográfico e localização cartográfica.

- | | |
|---|--|
| G_01 – Serra do Gavião; | G_08 – Cachoeira do Jucurutu; |
| G_02 – Tanque da Bomba D`água; | G_09 – Sítio Caroá; |
| G_03 – Camaleão II; | G_10 – Pedra do Veado / Pedra do Sapo; |
| G_04 – Serrote do Camaleão; | G_11 – Cachoeira; |
| G_05 – Serrote das Pinturas / dos Caboclos; | G_12 – Serra do Paulo; |
| G_06 – Complexo das Pinturas; | G_13 – Serra da Jurema / Moleque de Pedra; |
| G_07 – Riacho das Pinturas; | G_14 – Ninho do Gavião. |

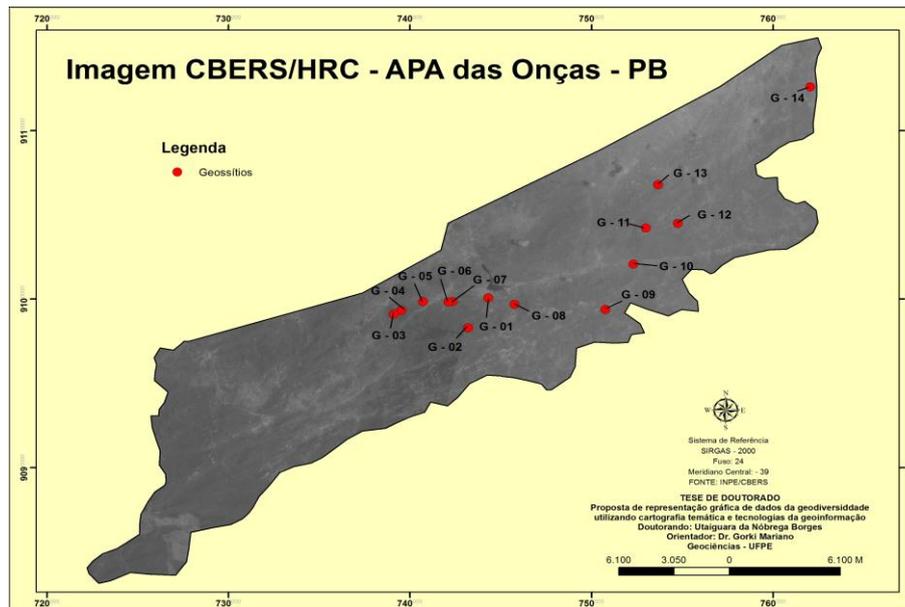


FIG. 02 – Imagem CBERS/HRC, APA das Onças – PB, com os Geossítios inventariados.

No processo de quantificação dos geossítios foi aplicada uma metodologia de cunho quantitativo, elaborada por BRILHA (2005). Os mapas gerados (Fig. 03, 04, 05) com base nos critérios (Intrínseco, Uso Potencial, Necessidade de Proteção, Necessidade de Proteção – Q) dessa metodologia (Quadro 01), representam os valores absolutos da quantificação. Através da representação cartográfica, utilizando proporções de símbolos, onde o tamanho do círculo reproduz os níveis Alto, Médio, e Baixo, dos atributos dos critérios, foi possível analisar, de forma direta, a distribuição geográfica desses resultados, desenvolvendo, por parte do leitor, uma percepção espacial da distribuição desses valores e da proporcionalidade dos mesmos. Esse tipo de mapa é recomendado para representação desse tipo de dado, uma representação quantitativa de fenômenos localizados. A proporção entre esses valores é expressa por uma percepção visual, cuja única variável é o tamanho da figura geométrica, e os seus resultados são acomodados sobre a base cartográfica da área de interesse. Confrontando esses mapas com os respectivos gráficos, observa-se a praticidade de estabelecer, espacialmente, relações com outros elementos da paisagem, como exemplo, a acessibilidade a esses geossítios, e o desenvolvimento de uma percepção, quase que automática, da distribuição dos valores dos atributos quantificados. Através da análise desse material cartográfico será possível estabelecer critérios e prioridades de visitação, traçando as melhores rotas de acesso aos geossítios, como também, estabelecer critérios para tomada de decisão no processo de conservação dos mesmos.

QUADRRO – 01 – Ficha com os critérios para qualificação dos Geossítios.

CRITÉRIOS PARA QUANTIFICAÇÃO DOS SÍTIOS GEOLÓGICOS

A – CRITÉRIOS INTRINSECOS AO GEOSSÍTIO:

- A1. Abundância / Raridade
- A2. Extensão (M²)
- A3. Grau de Conhecimento Científico
- A4. Utilidade como Modelo para Ilustração de Processos Geológicos
- A5. Diversidade de Elementos de Interesse
- A6. Local-Tipo
- A7. Associação com Elementos de Índole Cultural
- A8. Associação com Outros Elementos do Meio Natural
- A9. Estado de Conservação

B – CRITÉRIOS RELACIONADOS COM O USO POTENCIAL DO GEOSSÍTIO:

- B1. Possibilidade de Realizar Atividades Científicas, Pedagógicas, Turísticas e Recreativas
- B2. Condições de Observação
- B3. Possibilidade de Coleta de Objetos Geológicos
- B4. Acessibilidade
- B5. Proximidade a Povoados
- B6. Número de Habitantes
- B7. Condições Socioeconômicas

C – CRITÉRIOS RELACIONADOS COM A NECESSIDADE DE PROTEÇÃO DO GEOSSÍTIO:

- C1. Ameaças Atuais ou Potenciais
- C2. Situação Atual
- C3. Interesse Pela Exploração Mineira
- C4. Valor dos Terrenos em (Reais/M²)
- C5. Regime de Propriedade
- C6. Fragilidade

CLASSIFICAÇÃO DOS SÍTIOS GEOLÓGICOS

Os critérios aqui apresentados devem ser aplicados em âmbitos internacional, nacional, regional ou local;
Os geossítios de âmbito internacional ou nacional devem possuir, além disso, os seguintes valores:

$$A1 \geq 3; A3 \geq 4; A6 \geq 3; A9 \geq 3; B1 \geq 3; B2 \geq 4$$

**Geossítios de âmbito
internacional ou nacional**

$$Q = 2 A + B + 1.5 C / 3$$

**Geossítios de âmbito
regional ou local**

$$Q = A + B + C / 3$$

Onde:

Q = Quantificação final da relevância do geossítio (arredondar as casas decimais).
A, B, C = Soma dos resultados obtidos para cada conjunto de critérios.

Quanto maior for o valor de Q, mais relevante deve ser considerado o geossítio e, por conseguinte, mais urgente é a necessidade de serem aplicadas estratégias de geoconservação.

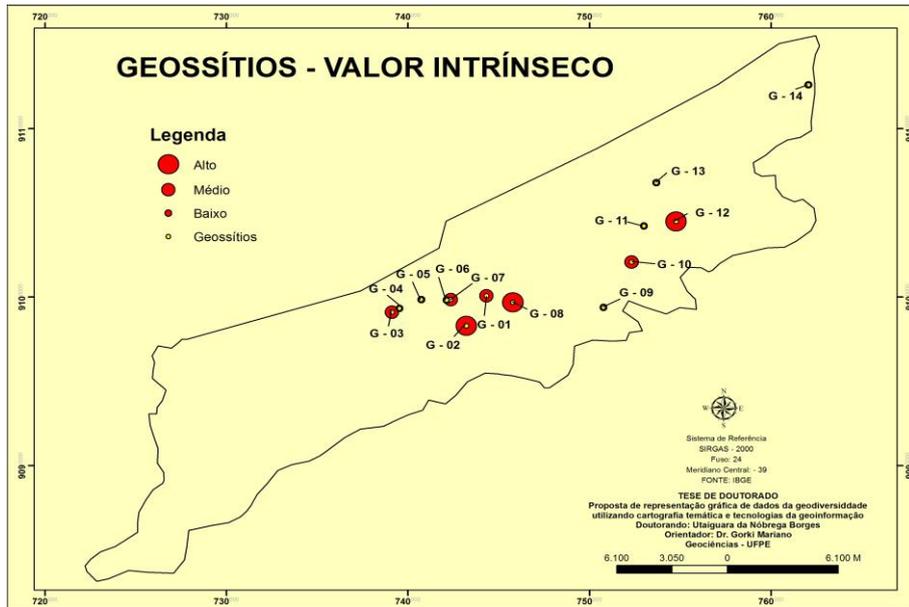


FIG. 03 - Mapa da distribuição dos Geossítios com Valores Intrínsecos.



FIG. 04 – Mapa da distribuição dos Geossítios com Necessidade de Proteção.

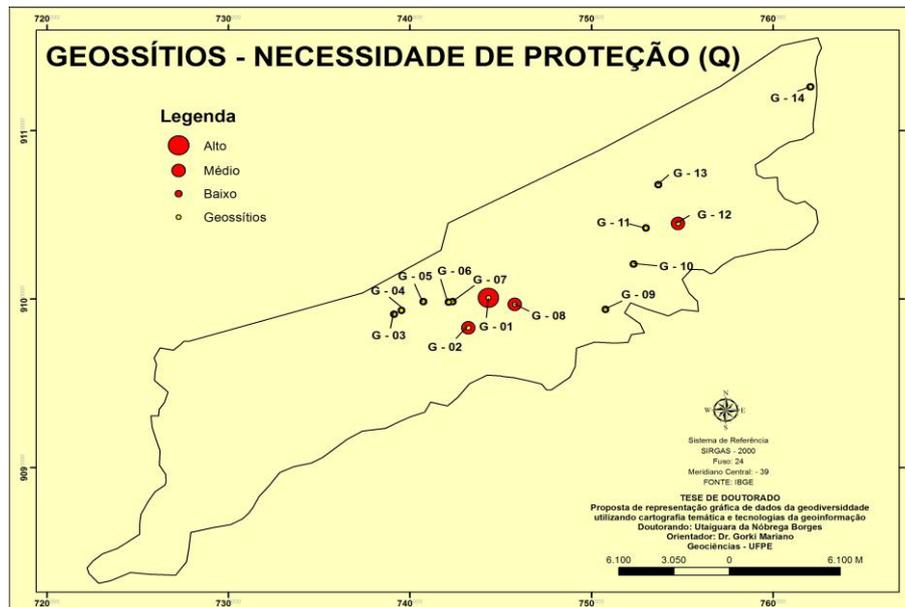


FIG. 05 – Mapa da distribuição dos Geossítios com Necessidade de Proteção (Q).

Nos mapas de densidade (Fig. 06, 07, 08) são representadas, através de escala de cores, as regiões de maior concentração, por unidade de área, dos atributos dos geossítios. Através das nuances de cores é possível observar a densidade Alta, Média e Baixa dos valores desses atributos. Observando os mapas de densidade é possível ressaltar em um primeiro momento às regiões onde estão as maiores concentrações dos valores quantificados. Vale salientar, que diferentemente dos mapas de símbolos proporcionais, que tem como finalidade representar os valores absolutos dos geossítios, os mapas de densidade estão demonstrando, através de escalas de cores, as áreas onde tem uma concentração do valor representado por unidade de área, que pode ser consequência de geossítios com valores elevados ou, de uma alta concentração de geossítios, resultando em um valor elevado. Na literatura essas áreas de alta densidade são conhecidas como pontos quentes ou *“hot spot”*.

Esses mapas de ponto quente, tem uma aplicação bastante útil quando se pretende identificar, em um primeiro momento, as áreas de maior concentração de uma determinada ocorrência, e para acompanhar, no tempo e no espaço, essas manifestações. Com isso facilita o processo de monitorização e gestão das áreas analisadas, auxiliando num processo de tomada de decisão.

Nos dados tabulados para quantificação, forão levados em consideração os critérios intrínsecos (aspecto inerente ao geossítio), elementos relacionados com o uso potencial, necessidade de proteção, e com a necessidade de proteção (Q). Vale salientar que, nesse processo de quantificação, o objetivo final é classificar os geossítios em um contexto regional/local, e num âmbito nacional/internacional, sendo que, a proposta do presente trabalho é sugerir uma forma de representação dos dados quantificados, ou seja, não será levada em consideração as discussões pertinentes as classificações desses geossítios nesses critérios, e sim uma forma de representação dos resultados da quantificação.

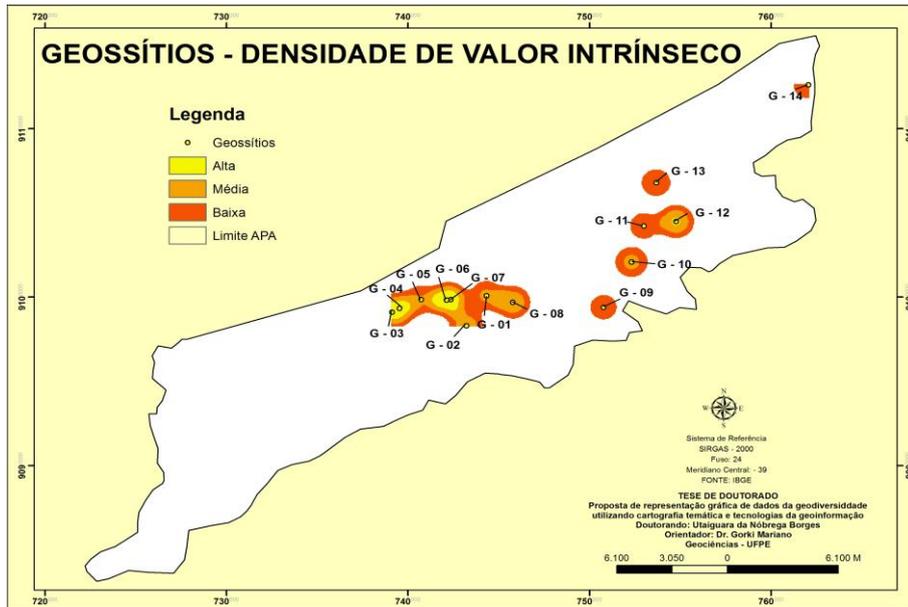


FIG. 06 – Mapa de densidade dos Geossítios com Valores Intrínsecos.

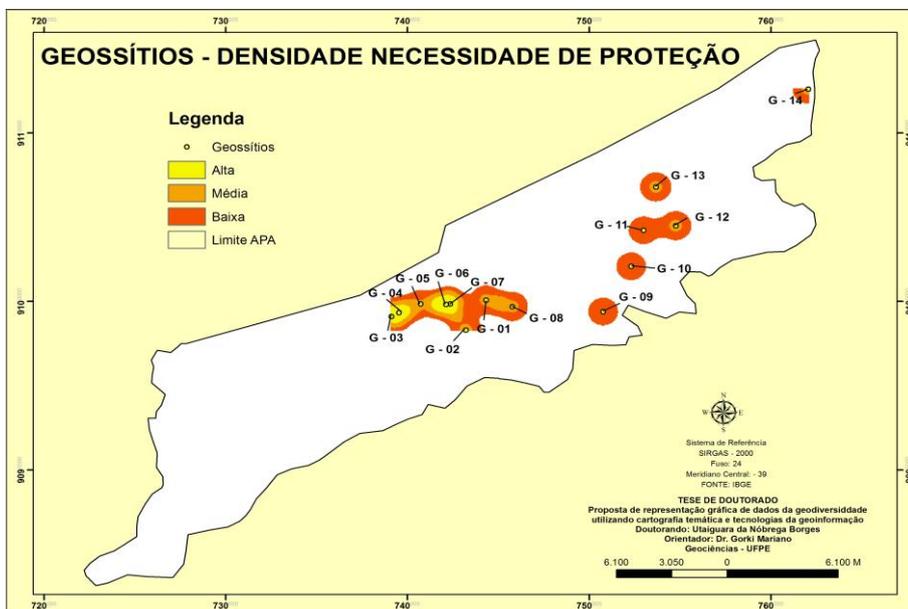


FIG. 07 – Mapa de densidade dos Geossítios com Necessidade de Proteção.

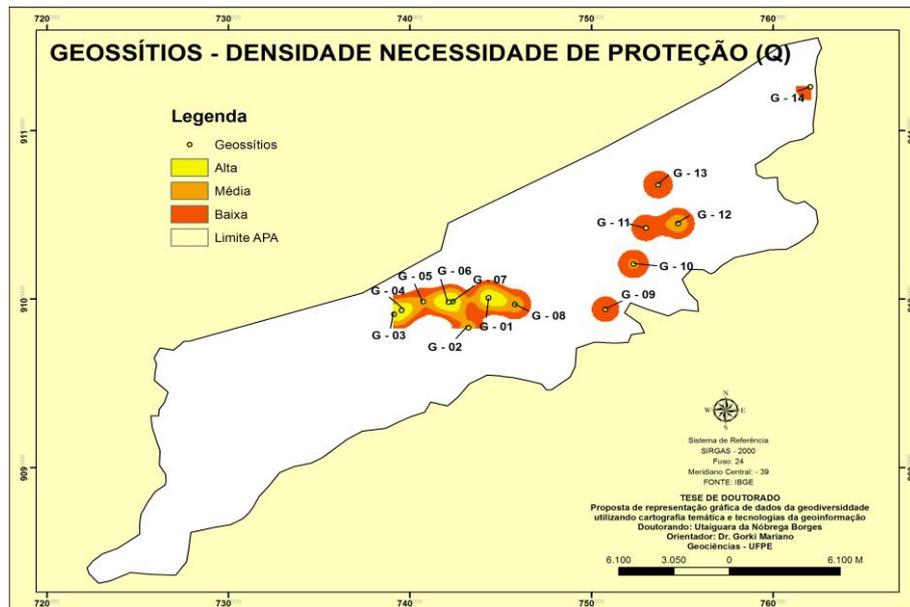


FIG. 08 – Mapa de densidade dos Geossítios com Necessidade de Proteção (Q).

Comparando a forma de apresentação dos dados, como foi feita para a APA em estudo, utilizando o método de pontuação para valores da geodiversidade e a representação gráfica desses valores, com os mapas gerados neste trabalho, fica patente a visualização imediata das áreas de maior impacto e a distribuição geográfica de cada um dos valores quantificados e representados nos mapas, o que não é claro na visualização das tabelas e gráficos. A apresentação dos valores em forma de mapas do tipo símbolos proporcionais e *kernel*, permite ao usuário a identificação imediata de áreas de interesse para ações diversas em geoconservação. Com isso, compreende uma técnica eficaz para representação desse tipo de fenômeno, sobretudo para dar apoio a procedimentos de análise e síntese de informação dos geossítios. Essa forma de representação cartográfica, associada às técnicas de geoprocessamento, possibilita, por parte do leitor dos mapas, a construção de análises conclusivas mais próximas da realidade. Esse processo de leitura de informação é mais direta, atuando com mais eficácia entre os planejadores e cientistas, além de estabelecer uma demonstração de inter-relação com os diversos elementos do meio natural.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A principal contribuição deste trabalho foi propor uma forma de representação dos dados, com a utilização de mapas pontuais (símbolos proporcionais) e de *kernel*, para análise espacial dos geossítios quantificados no processo de inventariação.

A representação de dados proposta neste trabalho, para a avaliação dos dados quantificados da geodiversidade mostrou-se rica em possibilidades e adequados para utilização em estratégias de geoconservação. Todas as avaliações foram efetuadas com informações extraídas da cartografia de acesso livre. Posteriormente, foram convenientemente organizados em planos de informação e incorporados a um Sistema de Informações Geográficas (SIG), o que possibilitou o cruzamento das informações obtendo importantes indicativos do comportamento espacial dos geossítios, de acordo com seus atributos, demonstrando o potencial das técnicas de Geoprocessamento e da Cartografia Temática, quando utilizadas de forma integrada.

Com a elaboração dos mapas de símbolos proporcionais e de densidade, foi possível identificar, especialmente, os locais que apresentam o maior número de geossítios com interesses específicos. É importante ressaltar que o método de estimativa de densidade de valores é mais eficiente quanto maior for a concentração de pontos.

Os programas computacionais e as imagens de satélite gratuitas e de domínio público, demonstraram ser eficientes para obtenção dos resultados pretendidos neste trabalho. Isso

demonstra que vários estudos podem ser realizados sem a necessidade de programas, equipamentos e imagens aéreas ou orbitais de alto custo. Com essa pesquisa, foi possível executar uma aplicação real dos produtos de Sensoriamento Remoto e SIG disponibilizados gratuitamente, demonstrando uma redução significativa no custo da execução de projetos.

Com relação às imagens CBERS e SRTM, foi possível verificar que as mesmas favorecem as necessidades para conferência de informações no campo. Essas imagens se adequam perfeitamente à interpretação visual. O único agravante foi a não disponibilização de imagens com datas atualizadas.

Um fator limitante diz respeito a incompatibilidade de sistemas e bases cartográficas. Foi verificada a incompatibilidade da base cartográfica com a imagem de satélite, uma vez que não houve uma sobreposição correta dos dados. Esse processo de compatibilização geodésica é de grande importância uma vez que no desenvolvimento de um sistema para análise de dados geográficos, todas as bases devem se sobrepor com o objetivo de formar um conjunto de temas com alta correlação espacial. Para realização deste trabalho todos os elementos cartográficos foram tratados visando a sua padronização.

O estimador de intensidade é muito útil para nos fornecer uma visão geral da distribuição de primeira ordem dos eventos. Trata-se de um indicador de fácil uso e interpretação. O mapa de estimativa de intensidade por *Kernel* mostrou-se uma boa ferramenta de exploração dos dados, evidenciando como se distribui no espaço a concentração de valores quantificados. Essa análise indicou como as observações estão agrupadas, ou seja, uma aproximação da distribuição espacial da variável. Apesar de não fornecer todos os dados necessários, acredita-se que a presente pesquisa fornece subsídios para o planejamento das atividades de geoconservação.

É notório afirmar a necessidade da aplicação de novas metodologias ou metodologias alternativas e o uso de ferramentas automáticas visando reduzir os custos de tempo e recursos humanos.

Para todos os geossítios inventariados neste trabalho sugere-se a criação de uma infraestrutura de apoio à observação panorâmica, melhoria dos trajetos para acesso aos mesmos, implementando percursos para os pedestres, e uma melhor condição de segurança para os visitantes.

Diante de todo o panorama abordado, ressalta-se a necessidade de um planejamento estratégico para a fomentação de atividades de geoturismo na APA das onças. É preciso também, em caráter emergencial, medidas legais de proteção para os elementos da geodiversidade que se encontram ameaçados, do contrário gerações futuras não poderão usufruir de tal riqueza. É necessário que se perceba que este patrimônio não é menos importante que o patrimônio biológico, sendo essencial para existência da vida na Terra.

Avaliando os resultados obtidos considera-se que o trabalho atingiu plenamente seus objetivos, demonstrando como as técnicas de Geoprocessamento aliadas aos métodos de quantificação de Geossítios, podem auxiliar no processo de monitoramento dos elementos da geodiversidade, possibilitando formas de análise que forneçam resposta rápida e eficiente.

O geoprocessamento como ferramenta de integração de dados de diversas fontes foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho, pois foram utilizadas imagens de satélite, bases cartográficas diversas, e dados numéricos, para obtenção de novas informações. Essas informações traduzidas na forma de mapas temáticos foram manipuladas em ambiente SIG, utilizando o software de baixo custo, o que possibilitou a aplicação da metodologia de análise espacial.

Os resultados obtidos no trabalho servirão como um ponto de partida para a realização de muitos outros, notadamente devido à necessidade mais estudos de caráter geológico na área de estudo. Além disso, abre-se a possibilidade de desenvolvimento de estudos mais detalhados sobre geodiversidade. Sendo assim, sugere-se a continuidade de estudos aproveitando os resultados alcançados no trabalho e a base de dados criada. Como também, o poderá ser feito o uso de outras técnicas de geoprocessamento para os estudos de geossítios.

Com relação aos resultados, esperamos ter contribuído para a sociedade com informações que possam ser úteis para os estudos de geodiversidade e geoconservação, principalmente para o Estado da Paraíba. É importante salientar que o objetivo maior deste trabalho é a apresentação de uma ferramenta cartográfica para utilização em estudos envolvendo geodiversidade, qualificação e quantificação de geossítios, propostas de geoparques e elaboração de medida de uso e proteção do meio abiótico.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudo no período de realização da pesquisa. Ao orientador Prof. Dr. Gorki Mariano, por ter me dado a honra de ser seu orientando, pela compreensão e atenção durante todo o período do Doutorado, e pela confiança e amizade que deixou ser construída durante essa jornada. Ao Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima, por estar mais uma vez presente nessa luta acadêmica, e como membro da banca. Ao Prof. Dr. Admilsom da Penha Pacheco, por ser uma pessoa bastante aberta ao diálogo, e com grandes contribuições científicas, melhorando de forma exponencial o desenvolvimento da pesquisa. Ao Prof. Dr. Marcos Antônio Leite do Nascimento, por ter demonstrado atenção pela proposta apresentada, e pelas orientações cedidas no decorrer das atividades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEM, B. N. C. **Estudo do Patrimônio Geológico de Ipojuca/PE como subsídio para o desenvolvimento do Geoturismo.** Recife: 246p, 2012.

BRILHA, J. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica.** Braga: Palimage Editores, Viseu, 190p, 2005.

BRUSCHI, V. M. **Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad.** Tesis Doctoral- Universidad de Cantabria. Santander-España, 263p, 2007.

BURROUGH, P. A.; McDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems.** Oxford University Press 2nd edit., Oxford, 2000.

CÂMARA, G.; [AGUIAR, Ana Paula Dutra de](#); [ESCADA, Maria Isabel Sobral](#); [AMARAL, Silvana](#); [CARNEIRO, Tiago Garcia](#); [MONTEIRO, Antônio Miguel](#); ARAÚJO, Roberto; [VIEIRA, Ima Célia](#); BECKER, Bertha. **Amazon Deforestation Models.** Science **JCR**, v. 307, p. 1043-1044, 2005.

DRURY, S. A. **Image interpretation in Geology.** 2ed. London: Chapman & Hall. 2001.

FONSECA, F; DAVIS, Clodoveu A.; CÂMARA, Gilberto. **Spatial data infrastructures for the Amazon: a first step towards a global forest information system.** Earth Science Informatics (Print) **JCR**, v. 2, p. 189-192, 2009.

FOSSE, J. M., CENTENO, J. A. S., SLUTER, C. R., **Estudo da Simbologia como Elemento da Linguagem Cartográfica para a Representação Tridimensional.** Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v. 15, no 3, p.313-332, jul-set, 2009.

GRAY, M., **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature.** John Wey and Sons: London, Chichester – England, 434p., 2004.

HERNÁNDEZ, I. U., ELLIS, E. A., GALLO, C. A. (2013): **Aplicación de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica para el Análisis de Deforestación y Deterioro de Selvas Tropicales en la Región Uxpanapa**, Veracruz, Revista GeoFocus, nº 13, p.1-24, 2013.

HOSE, T. A., **European Geotourism – geological interpretation and geoconservation promotion for tourist**. BARRENTINO, D.; WIMBLEDON, W. A. P.; GALLEGOS E. (eds.). In: Geological Heritage: its conservation and management. Madrid, Sociedad Geológica de España/Instituto Tecnológico GeoMinero de España. p.127-146. 2000.

IESCHECK, A. L., SLUTER, C. R., AYUP-ZOUAIN, R. N., **Interpolação Qualitativa de Dados Espaciais**. Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v. 14, no 4, p.523-540, out-dez, 2008.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução de J. C. N. Epiphânio. São José dos Campos, SP: Parênteses, 598 p., 2009. (Prentice Hall Series in Geographic Information Science) Tradução de: Remote Sensing of the environment: na earth resource perspective.

KOZŁOWSKI, S. **The concept and scope of geodiversity**. Przegląd Geologiczny, 52 (8/2): 833-837. Disponível em: http://www.pgi.gov.pl/pdf/pg_2004_08_2_22a.pdf. 2004; Consultado em: 09-07-2013.

LANDIM, P. M. B., **Introdução aos Métodos de Estimacão Espacial para Confecção de Mapas**. 2002. In <http://epi.minsal.cl/SigEpi/doc/interpo.pdf> . Acessado em 19/06/2012.

LONGLEY, GOODCHILD, MAGUIRE, RHIND: **Geographic Information Systems and Science**, London: Wiley, 3ed, 540p., 2013.

MONTANHER, O. C.; [BARBOSA, C. C.](#); NOVO, E. M. L. M.. **Integração de Dados Landsat/Tm e Medidas *in situ* para Estimativa de Sedimentos em Suspensão em Rios Amazônicos: um estudo de viabilidade**. Geografia (Rio Claro. Impresso), v. 38, p. 175-188, 2013.

NIETO L.M., **Geodiversidad: propuesta de una definición integradora**. Boletín Geológico y Minero- España , Vol. 112, No 2, p. 3-12. 2001.

NIETO L.M., **Patrimônio Geológico, Cultura y Turismo**. Boletín del Instituto de Estudios Giennenses, No 182, p. 109-122. 2002.

OLIVEIRA, F. P. de; FILHO, E. I. F.; SOARES, V. P.; SOUZA, A. L. de, **Mapeamento de Fragmentos Florestais com Monodominância de Aroeira a partir da Classificação Supervisionada de Imagens Rapideye**. Rev. Árvore vol.37 no.1 Viçosa jan./fev. 2013.

PACHECO, A. P.; FREIRE, N. C.; BORGES, U. N. **Uma Contribuição do Sensoriamento Remoto para Detecção de Áreas Degradadas na Caatinga Brasileira**. Boletim Goiano de Geografia. V. 26, n. 01, Jan/Jun., 49-68, 2006.

PEDRO, P. DE C., ANTUNES, A. F. B., MITSHITA, E. A., **Ortorectificação de Imagens de Alta Resolução Utilizando os Modelos APM (Affine Projection Model) e RPC (Rational Polynomial Coefficient)**. Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v. 13, no 1, p.60-75, jan-jun, 2007.

PEREIRA, R. G. F. A. **Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil)**. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade do Minho, Braga, 295p., 2010.

PROGEO/PT - **Associação Europeia para a Conservação do Patrimônio Geológico**. 2008. Disponível em: <www.progeo.pt/progeo_pt.htm> Acesso em: 20 dez. 2010.

RSNC – **Royal Society for Nature Conservation**. Online. Disponível em: <http://www.rscn.org.jo/orgsite/ContactUs/tabid/269/language/enUS/default.aspx>. Consultado em: 12/06/2013.

ROGERSON, P. A. **Statistical Methods for Geography**. 368p., London: Sage.; 2010.

ROJAS, J. **Los desafíos del estudio de la geodiversidad**. Revista Geográfica Venezolana, 46 (1): 143-152. Disponível em: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/24639/2/nota2.pdf>. 2005. Consultado em 06/06/2013.

RYLANDS, A. B. & BRANDON, K. **Unidades de conservação brasileiras – Megadiversidade**, Vol.-1, no-1, Julho- 2005. p.-27-35. 2005. Disponível em: http://ww.brazadv.com.br/images/conservation_units.pdf, acessado em 19/Out/2009.

SANN, J. G., **O Papel da Cartografia Temática nas Pesquisas Ambientais**. Revista do Departamento de Geografia. 16, 61-69, 2005.

SANTOS, W. S.; GUIMARÃES, R. J. P. S.; GONÇALVES, R.; GONÇALVES, N. V.; SOARES, D. C.; GARCEZ, L. M.; **Uso do SIG para o estudo da leishmaniose em Santarém, Pará, Brasil**. in Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE, 13 a 18 de abril de 2013.

SERRANO, E. & RUIZ- FLAÑO, P., **Geodiversity. A theoretical and applied concept**. Geographica Helvetica - Swiss Journal of Geography . Heft-3, 140-147p. 2007.

SHARPLES, C. **Concepts and principles of geoconservation**. Published electronically on the Tasmanian Parks & Wildlife Service website. 2002, Disponível em: [http://w.dpipwe.tas.gov.au/inter.nsf/Attachments/SJON-57W3YM/\\$FILE/geoconservation.pdf](http://w.dpipwe.tas.gov.au/inter.nsf/Attachments/SJON-57W3YM/$FILE/geoconservation.pdf), acessado em 08/Jan/2013.

SLOCUM, I.; EGBERT, S. L. **Knowledge Acquisition from Choropleth Maps. Cartography and Geographic Information Science**. y. 20, n.2, 1993.

SLOCUM, I. **Thematic Cartography and Visualization**. New Jersey: Prentice-Hall, 293p., 1999.
SNUC - BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Regulamenta o Art. 225, § 1º. Incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília 19 de julho de 2000.

SOUZA, B. I., SUERTEGRAY, D. M. A., LIMA, E. R. V. **Evolução da Desertificação no Cariri Paraibano a partir da Análise das Modificações da Vegetação**. Revista de Geografia, Associação de Geografia Teórica. Vol. 36, N. 01, 179-193, 2011.

SUDEMA. **Zoneamento Ecológico-econômico da Microrregião do cariri ocidental – Paraíba Vulnerabilidade ambiental**. 2005.