

Avaliação quantitativa de sítios de geodiversidade utilizando a técnica de análise de agrupamentos: estudo de caso

Quantitative evaluation of geodiversity sites using the technique of group analysis: case study

Luciana Freitas de Oliveira França

Pós-graduanda em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco

lucianaagap@hotmail.com

Gorki Mariano

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Geologia

gm@ufpe.br

Bruno Renato Cunhada Hora

Pós-graduando em Engenharia de Segurança, Centro Universitário Maurício de Nassau

brunorhora@yahoo.com.br

Artigo recebido para revisão em 07/05/2015 e aceito para publicação em 08/07/2015

Resumo

A quantificação de geossítios e sítios de geodiversidade é a etapa imediatamente posterior à realização do inventário. A partir da quantificação, é possível classificar e comparar os pontos inventariados em uma determinada localidade. A quantificação também pode ser utilizada para a tomada de decisões pelo poder público, viabilizando a concentração de recursos nos pontos de maior potencial, ou o agrupamento dos diversos pontos de acordo com suas afinidades, dentre outras possibilidades. Neste trabalho, quatorze sítios de geodiversidade foram inventariados no Município de Lagoa dos Gatos, Estado de Pernambuco, foram quantificados utilizando-se o novo método de Brilha com a determinação dos valores: Educacional (VE), Turístico (VT) e Risco de Degradação (RD). Após esta quantificação, os sítios foram divididos em grupos, de acordo com a sua semelhança, a partir da aplicação da técnica de Análise de Agrupamentos. O que é inovador neste método é a forma de avaliação desse conjunto de dados. Os três parâmetros são avaliados distintamente e relacionados, e as relações desses três elementos criam uma resposta em forma de grupos que representam as diversas modalidades da geodiversidade de uma determinada área. A aplicação da técnica de Análise de Agrupamentos permitiu a formação de sete grupos a partir dos quatorze geossítios inventariados. De acordo com as características dos grupos, foi possível definir prioridades, visto que geralmente há limitação de recursos a serem investidos.

Palavras-chaves: Quantificação, geodiversidade, análise de agrupamento, planejamento.

Abstract

The quantification of geosites and Geodiversity Sites in some area follows the realization of the inventory. Once the quantification is complete it is possible to compare all sites that were catalogued during the inventory phase. The quantification may be used as decision-making by the public administration helping the distribution of resources for the sites with greater potential, or groups of sites according to their affinities. In this work it was conducted an inventory of fourteen Geodiversity Sites in the municipality of Lagoa dos Gatos, state of Pernambuco. They were quantified using the new method proposed by Brilha with the determination of the values: Educational (EV), Tourist (TV) and Degradation Risk (DR). Following the quantification the Geodiversity Sites were grouped according to their affinities, using the technique called grouping analyses. What is new in this grouping method is how to evaluate this data set. The three parameters are evaluated and distinctly related, and the relationships of these three elements create a response

in the form of groups representing the different types of geodiversity of a given area. The application of the cluster analysis technique allowed the formation of seven groups from fourteen potential geosites inventoried. According to the characteristics of the groups, it was possible to set priorities, since there are usually limited resources to be invested.

Keywords: Quantification, geodiversity, grouping analyses, planning.

1. INTRODUÇÃO

O termo geodiversidade é relativamente recente, e sua definição tem sido bastante discutida por diversos autores, mas ainda não encontra consenso. O termo surgiu na Inglaterra, na década de noventa, para descrever a variedade do meio abiótico (GRAY, 2004). Entretanto, em 1940, o geógrafo argentino Federico Alberto Daus usa geodiversidade para diferenciar áreas da superfície terrestre, com conotação de Geografia Cultural (ROJAS apud SERRANO; RUIZ-FLAÑO, 2007).

Em geral estudos sobre geodiversidade levam mais em consideração a geologia, a geomorfologia, a pedologia e os recursos minerais. Por outro lado, há autores que defendem uma abordagem um pouco diferenciada. De acordo com Kozłowski (2004) geodiversidade é definida como a variedade natural da superfície terrestre, envolvendo os aspectos geológicos, geomorfológicos, solos, águas superficiais, bem como outros sistemas resultantes de processos naturais endógenos e exógenos e a atividade humana.

Outra questão que envolve o termo geodiversidade é que muitas vezes ele aparece associado ao patrimônio geológico e geoconservação (GRAY, 2004; CARCAVILLA et al., 2008). Todavia, esses conceitos não devem ser interpretados como sendo iguais. Geodiversidade refere-se a toda a variedade abiótica da natureza, enquanto que o patrimônio geológico é restrito ao conjunto dos elementos da geodiversidade mais relevantes, com particular importância para a ciência, educação e/ou turismo. Geoconservação é um termo geral que abrange todos os passos necessários para assegurar a identificação, avaliação, conservação e promoção do Patrimônio Geológico (HENRIQUES et al., 2011).

Brilha (2005) define o patrimônio geológico como o conjunto de geossítios inventariados e caracterizados numa dada área ou região. Geossítio é definido, segundo este autor, como a “ocorrência de um ou mais elementos da geodiversidade (aflorantes quer em resultado da ação de processos naturais quer devido à intervenção humana), bem delimitado geograficamente e que apresente valor singular do ponto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico ou outro”.

Novas considerações sobre o conceito de patrimônio geológico, geossítios e geodiversidade foram propostas por Brilha (2015). A geodiversidade é dividida em valores (i) científico e (ii) outros valores, ambas *in situ* e *ex situ*. No caso do valor científico temos a separação em geossítios para os *in situ* e elementos do patrimônio geológico para os *ex situ*, ambos compreendendo o Patrimônio

Geológico. No caso da geodiversidade com outros valores teremos sítios de geodiversidade para os *in situ* e elementos de geodiversidade para os *ex situ*, ambos não sendo considerados como Patrimônio Geológico.

No entanto, muitos trabalhos não fazem a diferenciação entre elementos da geodiversidade dos geossítios do patrimônio geológico, generalizando toda a geodiversidade como patrimônio geológico. Conseqüentemente, haverá resultados equivocados tanto no inventário dos sítios de geodiversidade como dos geossítios. Já que serão atribuídos valores que não dizem respeito a determinado geossítio inventariado. Dessa maneira, torna-se muito importante a realização da quantificação tanto dos geossítios como dos sítios de geodiversidade.

As avaliações quantitativas da geodiversidade nem sempre podem ser aplicadas. As metodologias de quantificação carecem de adaptações e refinamentos para serem utilizadas, dificultando a sua utilização. Muitas vezes, o resultado da quantificação se resume a apenas um *ranking* que não fornece informações adicionais para serem trabalhadas nas áreas com potencial geoturístico. Nestas perspectivas, buscou-se realizar um estudo de detalhe sobre os elementos representativos da geodiversidade no Município de Lagoa dos Gatos, no Estado de Pernambuco.

A técnica de análise de agrupamentos foi aplicada na metodologia de quantificação dos sítios de geodiversidade proposta por Brilha (2015), o qual determina os valores: educacional, turístico e risco de degradação. A área teste escolhida para se aplicar o método foi à região do município de Lagoa dos Gatos, compreendendo um total de 14 sítios de geodiversidade inventariados.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O município de Lagoa dos Gatos está situado no Estado de Pernambuco, inserida na microrregião do Brejo Pernambuco e na mesorregião do Agreste, localizada geograficamente na Zona da Mata Sul. Limita-se a norte com Cupira, a sul com São Benedito do Sul e Jaqueira, a leste com Belém de Maria e a oeste com Panelas. Localizado dentro das seguintes coordenadas UTM: 0174247 E 9037738 N (25L) (Figura 1).

Este município possui um rico cenário, geológico e geomorfológico, dotado de grande potencial didático, recreativo, científico e turístico. Cercado por serras que chegam a mais de 800m de altitude. Abriga, também, duas reservas de mata Atlântica (RPPNs Pedra D'antas e Frei Caneca) com um total de 1000 hectares de mata. O relevo é do tipo forte ondulado, com topos planos, vertentes íngremes e vales estreitos de fundos chatos. Esta unidade geomorfológica é formada pelo “mar de morros” (MASCARENHAS et al., 2005).

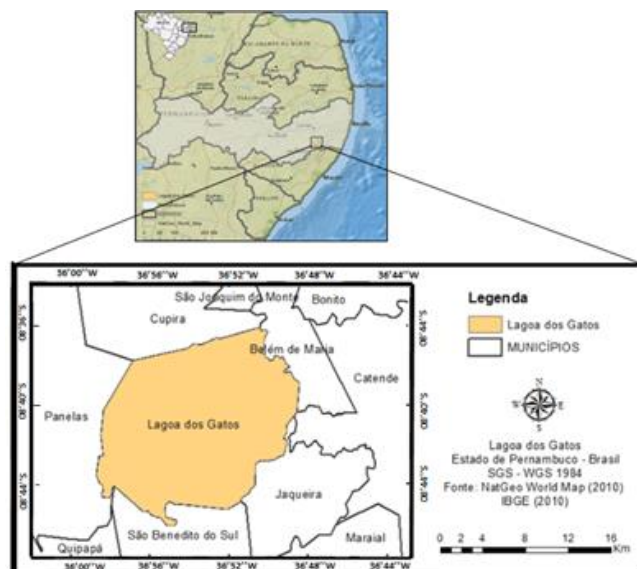


Figura 1 - Mapa de localização geográfica da área de estudo.

O município de Lagoa dos Gatos apresenta sérios problemas econômicos. No *ranking* de desenvolvimento, segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano 2013, o município se encontra na posição 5.186º no Brasil (dentre 5.565 municípios), com um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) equivalente a 0,551 (IBGE, 2010). O salário médio mensal nas unidades locais é de R\$ 617,60 nos domicílios rurais e R\$ 1041,96 nos domicílios urbanos (IBGE, 2010).

Diante desta realidade, as atividades vinculadas ao geoturismo representam uma atividade econômica, sustentável para o desenvolvimento dessa região, já que o município conta com rico patrimônio natural, mas ainda muito pouco explorado. A porção oeste do município é marcada pela presença de grandes afloramentos de rochas graníticas, onde é possível se observar a sequência cronológica dos diferentes elementos litológicos que contam a história geológica do plúton Cupira, presente em mais de 80 % da área. Na porção leste, os afloramentos rochosos dão sustentação aos resquícios de Mata Atlântica da região, bastante visitada por estrangeiros. Dessa maneira, a partir dos elementos geológicos e geomorfológicos a região poderá ser visitada pelos turistas, e aumentar a renda da população local.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

- **Método Brilha (2015)**

Há várias metodologias de quantificação dos elementos da geodiversidade, como método de Rivas et al. (1997); Brilha (2005); Bruschi e Cendrero (2005); Coratza e Giusti (2005); Serrano e Gonzalez-Trueba (2005); Pralong (2005); Pereira (2006), Zouros (2007); García-Cortés e Urquí (2009); Rivera et al. (2013) e Brilha (2015). A maioria dessas metodologias foi elaborada para quantificação do patrimônio geomorfológico e para a realidade europeia.

Neste estudo será utilizada apenas a metodologia de Brilha (2015), já que este método visa à quantificação dos elementos da geodiversidade, que é o objetivo deste trabalho.

O método proposto por Brilha (2015) trabalha de forma separada os sítios de geodiversidade dos geossítios do patrimônio geológico. O termo geodiversidade é dividido em valores (i) científico e (ii) outros valores, ambas *in situ* e *ex situ*. No caso do valor científico tem-se a separação em geossítios para os *in situ* e elementos do patrimônio geológico para os *ex situ*, ambos compreendendo o Patrimônio Geológico. No caso da geodiversidade com outros valores tem-se sítios de geodiversidade para os *in situ* e elementos de geodiversidade para os *ex situ*, ambos não sendo considerados Patrimônio Geológico.

O patrimônio geológico também pode ter valor educacional, estética e cultural, o que também justifica a sua utilização necessária pela sociedade (ensino / aprendizagem, turismo, lazer, etc.). Entretanto, o patrimônio geológico só se justifica pelo valor científico, e sua relevância só pode ser internacional ou nacional. Já Os sítios de geodiversidade são elementos da geodiversidade que apresentam relevância baseado em outros valores (turísticos, educacional ou cultural), tanto *in situ* e *ex situ*, e podem ser de caráter local, nacional e internacional.

Na avaliação quantitativa dos geossítios que compõem o patrimônio geológico é calculado o Valor Científico e o Risco de Degradação. No Valor Científico são enumerados sete critérios: Representatividade; Localidade Chave; Conhecimento Científico; Integridade; Diversidade Geológica; Raridade e Limitações de uso. Para cada geossítio é atribuída pontuação 1, 2 ou 4 pontos, de acordo com os indicadores para cada critério. Um indicador também pode ser classificado como zero se for apropriado. Não há indicador com 3 pontos, a fim de distinguir melhor os geossítios classificados com 4 pontos. O valor final conhecimento científico é a soma ponderada dos sete critérios. Para a avaliação do conhecimento científico, a representatividade é considerada o critério mais importante (30%), imediatamente seguido da local chave (20%). A diversidade geológica e critérios do conhecimento científico são o menos importante (5% cada). Um geossítio tem um Valor Científico máximo quando ele é o melhor representante de ocorrência para uma determinada característica geológica ou estrutura geológica, e uma referência internacional rara conhecida com publicações sobre o assunto, e quando ele apresenta várias características geológicas bem conservadas com relevância científica que são facilmente disponíveis para futuras pesquisas.

Além do cálculo do Valor Científico também é calculado o Risco de Degradação, e eventualmente, o Valor do Potencial de Uso Educacional e do Potencial de Uso Turístico, dependendo da relevância do geossítio.

A avaliação do Risco de Degradação é baseada em cinco critérios: Deterioração de elementos geológicos, Proximidade de áreas / atividades com potencial para causar degradação,

Proteção legal, Acessibilidade, Densidade populacional. O Valor de Risco de Degradação também é pontuado entre 1 e 4 pontos, e o zero também é possível. O resultado final do valor de risco de degradação corresponde à soma ponderada das pontuações atribuídas a cada critério. A Deterioração de elementos geológicos apresenta peso 35, Proximidade de áreas / atividades com potencial para causar degradação peso 20, Proteção legal 20, Acessibilidade 15, e Densidade populacional 10. Para efeitos de gestão, pode ser útil ter o risco de degradação classificado como de baixo, moderado e alto. Para o resultado menor que 200 o risco de degradação é considerado baixo, para os valores entre 201-300 é classificado como moderado e para valores entre 301-400 o risco de degradação é alto.

O Potencial de Uso Educacional é baseado em 12 critérios: Vulnerabilidade; Acessibilidade; Limitações de Uso, Segurança, Logística, Densidade populacional, Associação com outros valores; Cenário; Unicidade; Condições de Observação; Potencial Didático e Diversidade Geológica.

Cada critério tem intervalo de pontuação variando de 1 a 4. O valor zero pode ser dado a qualquer critério. O potencial de uso educacional final é a soma ponderada de todos os critérios. A Vulnerabilidade teria peso 10; Acessibilidade peso 10; Limitações de Uso peso 5; Segurança peso 10; Logística peso 5; Densidade populacional peso 5; Associação com outros valores peso 5; Cenário peso 5; Unicidade peso 5; Condições de Observação peso 10; Potencial Didático peso 20 e Diversidade Geológica peso 10.

O Potencial de Uso Turístico considera 13 critérios: Vulnerabilidade; Acessibilidade, Limitações de uso, Segurança, Logística, Densidade populacional, Associação com outros valores: Cenário; Unicidade; Condições de observação; Potencial interpretativo, Nível Econômico e Proximidade de áreas de lazer.

Mais uma vez, cada critério varia de 1 a 4 pontos (o zero também é possível) e a avaliação final do valor turístico é o resultado da soma ponderada dos 13 critérios. A Vulnerabilidade teria peso 10, Acessibilidade, 10, Limitações de uso, 5, Segurança peso 10; Logística peso 5; Densidade populacional peso 5; Associação com outros valores, 5, Cenário 15, Unicidade 10, Condições de observação peso 5; Potencial interpretativo peso 10; Nível Econômico peso 5 e Proximidade de áreas de lazer 5.

De acordo com Brilha (2015) é importante ressaltar que os critérios de Acessibilidade e Densidade populacional são utilizados tanto na avaliação do valor educativo, turístico e de risco de degradação. No entanto, esses critérios são considerados de uma forma diferente. Para avaliar o valor de um potencial geossítio, a qualidade da acessibilidade é considerada uma vantagem, pois permite um maior número de visitantes. Um grande número de pessoas que vive perto de um local também é considerado de suma vantagem para potencial de uso educacional e turístico. No entanto, a boa acessibilidade a um sítio pode, também, representar um risco em termos de vulnerabilidade.

Quanto maior for o número de pessoas que visitem um sítio maior será o risco do mesmo ser danificado. A mesma ideia se aplica a densidade populacional: quanto mais pessoas vivem perto de um sítio, maior a probabilidade de deterioração causada pelo homem. Um geossítio tem o máximo risco de degradação quando seus principais elementos geológicos possuem alta probabilidade de serem danificados por fatores naturais ou antrópicos, quando o sítio não está sob proteção legal, e quando ele está localizado perto de uma área ou atividade potencialmente nociva.

Na avaliação quantitativa dos sítios de geodiversidade são calculados o Risco de Degradação, o Valor do Potencial de Uso Educacional e/ou o Potencial de Uso Turístico, vai depender da relevância do sítio em um ou nos dois critérios estabelecidos.

- **Análise de Agrupamento**

Associada a metodologia de Brilha (2015) é possível utilizar os valores atribuídos a cada um destes pontos para dividi-los em grupos, de acordo com a semelhança que apresentam entre si, utilizando uma técnica apropriada. Esta técnica é conhecida como análise de agrupamentos (ou conglomerados), e consiste na seleção de um critério de similaridade para comparar os elementos, seguida pela aplicação de um algoritmo capaz de realizar a aglutinação dos elementos de acordo com o grau de similaridade que estes apresentem.

A escolha da metodologia de Brilha (2015) se deve ao fato dela ser uma proposta mais recente e de ser utilizada para sítios de geodiversidade. Seria possível aplicar a análise de agrupamento em outras metodologias de quantificação, depende do objetivo de sua quantificação, se patrimônio geológico, geomorfológico, entre outros.

Mingoti (2005) destaca que o objetivo da análise de agrupamentos é formar conjuntos, ou grupos de elementos que sejam heterogêneos entre si, mas que apresentem homogeneidade no interior de cada grupo.

De acordo com Aaker et al. (2009), a aplicação da análise de agrupamentos consiste nas seguintes etapas: (a) definição inicial do problema; (b) seleção do critério de similaridade a ser utilizado; (c) aplicação do algoritmo ou método de agrupamento; (d) decisão acerca do número de agrupamentos, seguida de interpretação das características de cada grupo de acordo com o estudo em questão.

Neste estudo, descreveu-se o problema a ser abordado conforme apresentado a seguir: dado o conjunto de 14 sítios de geodiversidade de Lagoa dos Gatos, de que forma é possível dividir este conjunto em grupos menores para melhor guiar as ações para utilização turística e conservação da geodiversidade local?

• Medidas de similaridade

A medida de similaridade é o critério matemático para avaliar a semelhança existente entre dois elementos.

A Distância Euclidiana (d) é dada, entre dois pontos X e Y, de coordenadas VE_X , VT_X e RD_X e VE_Y , VT_Y , RD_Y , respectivamente, pela Equação 1 – verificar numeração das equações - abaixo:

$$d_{xy} = \sqrt{[(VE_X - VE_Y)^2 + (VT_X - VT_Y)^2 + (RD_X - RD_Y)^2]} \quad (1)$$

É possível verificar que pontos mais próximos (ou seja, que apresentam menor distância euclidiana), apresentam maior similaridade. Já pontos mais distantes são mais heterogêneos. Na verdade, de acordo com Mingoti (2005), a distância euclidiana é uma medida de dissimilaridade porque é inversamente proporcional à semelhança entre os elementos. Uma variante da distância euclidiana, que é a distância euclidiana quadrática (d^2), descrita na Equação 2 – verificar numeração das equações -, também é bastante usada na análise de agrupamento.

$$d_{xy}^2 = \sqrt{[(VE_X - VE_Y)^2 + (VT_X - VT_Y)^2 + (RD_X - RD_Y)^2]} \quad (2)$$

• Métodos de agrupamento

Diversos métodos de agrupamento podem ser utilizados na análise em questão. Dentre estes, selecionou-se para o estudo os listados abaixo, porque são os mais comuns e mais usados na literatura:

- Ligação simples, no qual a distância entre dois grupos é a distância entre os elementos mais próximos de cada um dos grupos (MINGOTI, 2005);
- Ligação completa, onde a distância atribuída a dois grupos será a maior distância observada entre elementos dos dois grupos (FÁVERO et al., 2009). De acordo com Reis (2001) apresenta a tendência de formar grupos mais compactos, de elementos muito semelhantes entre si;
- Centróide, no qual a medida de distância entre dois agrupamentos distintos equivale à distância entre os centróides dos grupos, que é o ponto cujas coordenadas correspondem à média das observações dentro de cada grupo (AAKER et al., 2009);
- Mediana, que atribui o valor da distância entre as medianas dos grupos como a distância entre os grupos (MINITAB, 2014). É um método que apresenta menores distorções quando o conjunto de dados contém elementos muito discrepantes dos demais;

- Ward (1963), método que forma grupos a partir de elementos que apresentam menor soma dos quadrados entre si. A soma dos quadrados equivale ao quadrado da distância euclidiana (MINGOTI, 2005).

De acordo com MINITAB (2014) os métodos centróide, mediana e Ward devem ser utilizados em conjunto com a medida de dissimilaridade e a distância euclidiana quadrática.

- **Aplicação da técnica de análise de agrupamentos**

Após a seleção do critério de similaridade e do método de formação de grupos, o desenvolvimento da técnica de análise de agrupamentos segue as etapas listadas abaixo:

- inicialmente, calcula-se medida de similaridade entre todos os elementos do conjunto (neste caso os sítios de geodiversidade);
- os elementos que apresentam maior similaridade são agrupados, formando o primeiro grupo;
- após a formação deste primeiro grupo, é calculada novamente a medida de similaridade dos elementos, com o grupo formado na etapa anterior sendo considerado como um único elemento;
- os três procedimentos listados acima são aplicados repetidas vezes e novos grupos são formados, até que haja apenas um grupo final que reúna todos os elementos;
- por fim, é aplicada a definição do corte no dendrograma, que é a representação gráfica do processo de agrupamento.

- **Representação gráfica**

Conforme citado acima, o dendrograma é uma forma de representar graficamente o processo de análise de agrupamentos. Este gráfico pode ser entendido da seguinte maneira: no eixo horizontal são dispostos os elementos submetidos à análise (neste caso, os sítios de geodiversidade numerados de 1 a 14). No eixo vertical temos uma escala da medida de similaridade utilizada. Os elementos são unidos conforme as suas distâncias euclidianas ou euclidianas quadráticas. Elementos com maior grau de similaridade se agrupam na parte inferior do gráfico. Já os elementos com menor similaridade se agrupam na parte superior do gráfico (Figura 2).

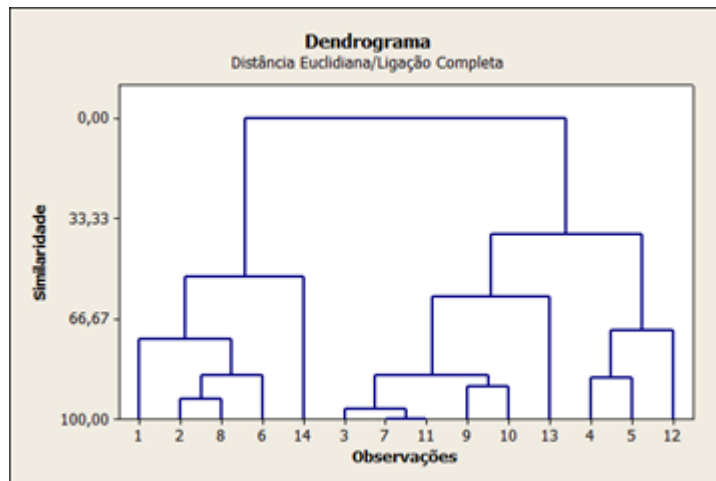


Figura 2 - Dendrograma elaborado utilizando distância euclidiana e ligação completa antes do “corte”

O número de grupos formados não é conhecido a priori na técnica de análise de agrupamentos. Fávero et al. (2009) destaca que o “corte” do dendrograma, para a definição dos grupos formados, deve ser feito antes da ocorrência de grandes saltos. No caso particular deste trabalho, onde cada sítio de geodiversidade é caracterizado por três variáveis (os Valores Educacional (VE), Turístico (VT) e Risco de Degradação (RD)), uma tendência à formação de grupos pode ser observada analisando-se um gráfico tridimensional onde os pontos correspondentes aos sítios são marcados. Observando este procedimento, qualquer pesquisador que trabalhar nesta área tende a obter respostas semelhantes à quantidade de grupos formados. Na Figura 3, os sítios de geodiversidade são representados como pontos no espaço tridimensional, onde se adotou o eixo x para representar o Valor RD, o eixo y para apresentar o Valor VT e o eixo z para representar o Valor VE.

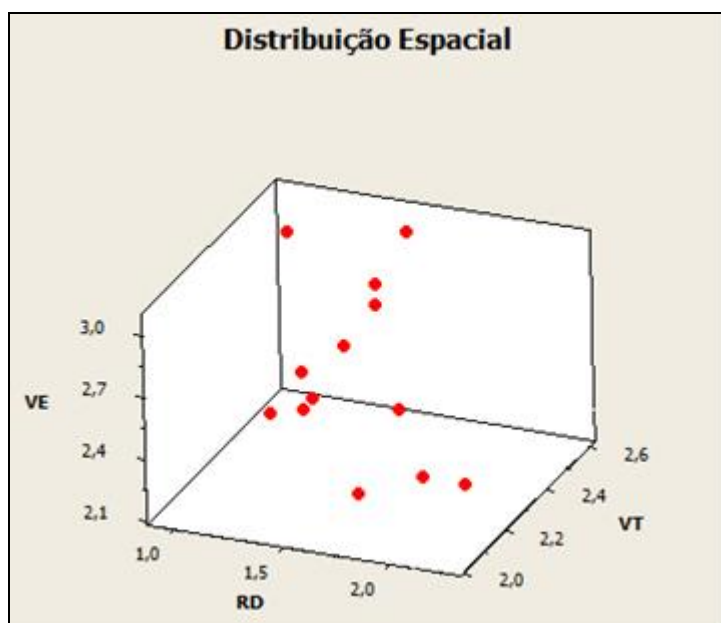


Figura 3 - Distribuição dos pontos representativos dos sítios de geodiversidade em um espaço.

Outra medida adotada para diminuir a subjetividade desta etapa da análise, visto que métodos distintos de agrupamento podem fornecer números de grupos diferentes, é a execução de algoritmos com diversos métodos de agrupamento e a comparação do número de grupos fornecido em cada método. Neste estudo, utilizou-se a medida de dissimilaridade distância euclidiana em combinação com os métodos de agrupamento ligação simples e completa, e a medida distância euclidiana quadrática combinada com os métodos centróide, mediana e Ward. Os gráficos foram elaborados com auxílio do software MINITAB 17.

4. GEOLOGIA DA ÁREA

A história geológica da área está associada à Província da Borborema (PB), que constitui um conjunto de unidades geológicas, separadas por extensas e complexas zonas de cisalhamento, que junto com o volumoso magmatismo granítico neoproterozoico, representam as características mais marcantes dessa província (CABY et al., 1991). A maior parte do município de Lagoa dos Gatos corresponde à área aflorante do plúton Cupira (PC) de idade neoproterozoica (Brasiliana/Pan-Africana).

O plúton Cupira (PC) possui área aflorante de aproximadamente 300 km² e forma ovalada, com leve alongamento na direção E-W. Situa-se no domínio Sul da Província Borborema, no subdomínio Garanhuns. A W o plúton é limitado pela zona de cisalhamento transcorrente sinistral Bonito com direção NNE. O PC intrude ortognaisses do complexo Belém de São Francisco a N, NE, E e SE; granitos médios a finos a S e granitos a duas micas a SW, W e NW. O complexo Belém de São Francisco é de idade Mesoproterozoica e os corpos graníticos são Neoproterozoicos. A porção oeste é limitada pela zona de cisalhamento transcorrente sinistral Bonito de direção NE-SW (MIRANDA, 2009), conforme figura 4.

O PC é membro da associação calcioalcalina de alto potássio predominantemente metaluminosa, tipo Itaporanga, cujos representantes são encontrados em toda PB. O PC apresenta composição sienogranítica a monzogranítica com textura grossa a porfírica, com fenocristais de K-feldspato variando de 2 a 5 cm. Estas rochas estão associadas com enclaves e bolsões de hornblenda biotita quartzo-dioritos (GOMES, 2001; MIRANDA, 2009).

De acordo com Silva Filho et al. (2005) o plúton Cupira, por eles denominado de plúton Painéis, é classificado como sienogranito a granodiorito porfírico, com enclaves e *stocks* dioríticos. De acordo com estes autores o PC possui idade modelo T_{DM} Sm-Nd de 1,70 Ga para as rochas graníticas, e 2,0 Ga para as rochas dioríticas.

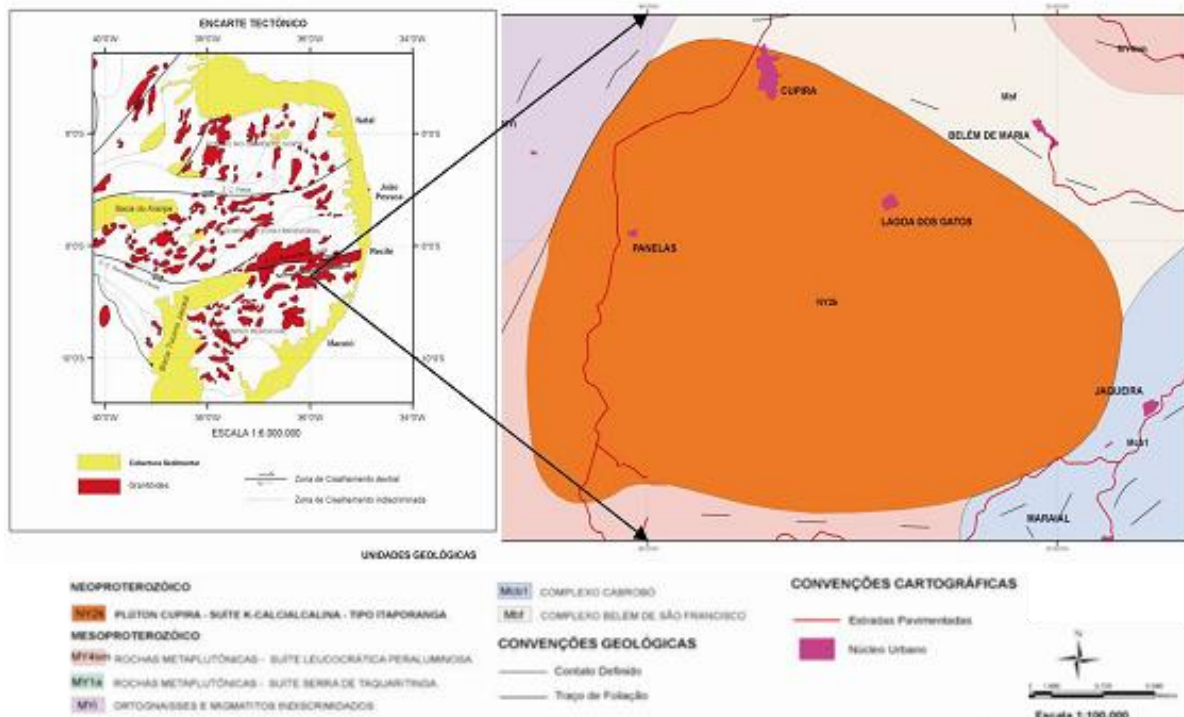


Figura 4 - Mapa de delimitação dos contatos geológicos do plúton Cupira (GOMES, 2001; MIRANDA 2009)

5. INVENTARIAÇÃO DOS SÍTIOS DE GEODIVERSIDADE DE LAGOA DOS GATOS (PE)

O critério utilizado para sistematização de escolha dos sítios de Geodiversidade deste trabalho foi o **inventário temático e sistemático** proposto por Sharples (2002) a partir da **abordagem de classificação**. Como na literatura ainda não há um consenso de uma metodologia padrão para área municipal, adotou-se o método acima com algumas adaptações. A abordagem de classificação é baseada no contexto geológico-geomorfológico e busca condições de gestão e manejo dos sítios, o que concorda com os objetivos traçados para o inventário. As adaptações feitas dizem respeito a outros critérios que utilizamos para a escolha dos sítios, como a indicação feita pela Secretaria de Cultura e Turismo do município, já que estes apresentam valor turístico, didático e cultural para o mesmo.

Foram realizadas excursões de campo a fim de reconhecer e identificar o que poderia ser inventariado. Para cada sítio selecionado foi feito o preenchimento de uma ficha de inventariação. As fichas de inventariação dos sítios deste trabalho resultaram de adaptações nas metodologias utilizadas pelo SIGEP (Sítios Geológicos e Paleobiológicos) e do Progeo (Associação Européia para Conservação do Patrimônio geológico).

Como resultado da inventariação foi obtido um total de 14 sítios: Serra Pedra do Oratório (LG01), Pedra do Vento (LG02), Pedra do Cruzeiro (LG03), Pedra da Rã (LG04), Pedra do Escrivão (LG05), Serra da Santa (LG06), Serra de João Menino (LG07), Pedra da Laje (LG08),

Cachoeira dos Gatos (LG09), Pedras do Hortelã (LG10), Pedra do Salgado (LG11), Pedra do Violão (LG12), Caverna do Homem Bom (LG13) e Serra do Espelho (LG14).

Na inventariação dos sítios de Lagoa dos Gatos foram observados os valores da geodiversidade de cada sítio de acordo com o conteúdo, utilização e influência desses sítios, que podem ser observados abaixo, na tabela 1, figura 5 e descritos a seguir.

Tabela 1 - Valores da geodiversidade associados ao conteúdo, utilização e influência dos sítios.

		LG01	LG02	LG03	LG04	LG05	LG06	LG07	LG08	LG09	LG10	LG11	LG12	LG13	LG14	
Conteúdo	Geomorfológico	A	A	A	M	M	A	A	A	A	A	A	M	B	A	
	Paleontológico	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	M	B	B	
	Estratigráfico	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
	Tectônico	B	M	M	B	B	M	M	M	M	M	M	M	B	M	M
	Hidrogeológico	B	B	B	B	B	B	B	B	B	M	M	B	M	B	B
	Geotécnico	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	M	B
	Mineralógico	M	M	M	B	B	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	Geofísico	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	Petrológico	A	A	A	B	B	M	M	M	M	M	M	A	M	M	A
	Geoquímico	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	Mineiro	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	Museus e coleções	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Utilização	Turística	A	A	M	B	B	M	M	A	M	M	M	M	B	A	
	Científica	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
	Econômica	M	M	M	B	B	M	M	M	M	M	M	M	B	M	
	Didática	A	A	M	B	B	M	M	A	M	M	M	M	B	A	
Influência	Local	A	A	M	B	M	M	M	A	A	M	M	M	B	A	
	Regional	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
	Nacional	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
	Internacional	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	

Onde: A – Alto; M – Médio; B – Baixo

• Serra do Oratório (LG01)

Este sítio apresenta, de acordo com seu conteúdo, alto valor geomorfológico e petrológico; e médio valor mineralógico. O sítio tem destaque topográfico (650m), apresenta uma imensa furna¹ na porção central, originada em função principalmente da erosão diferencial e do intemperismo físico e químico, associada à queda de blocos, controlado por sistema de fraturas. A ação dos agentes intempéricos sobre os granitos (*l.s.*) e dioritos (*l.s.*) resultam em feições geomorfológicas bastante relevantes e distintas (Figura 06A).

¹ Furna - abrigo natural resultante de colapso de blocos (GUIMARÃES et al., 2012)

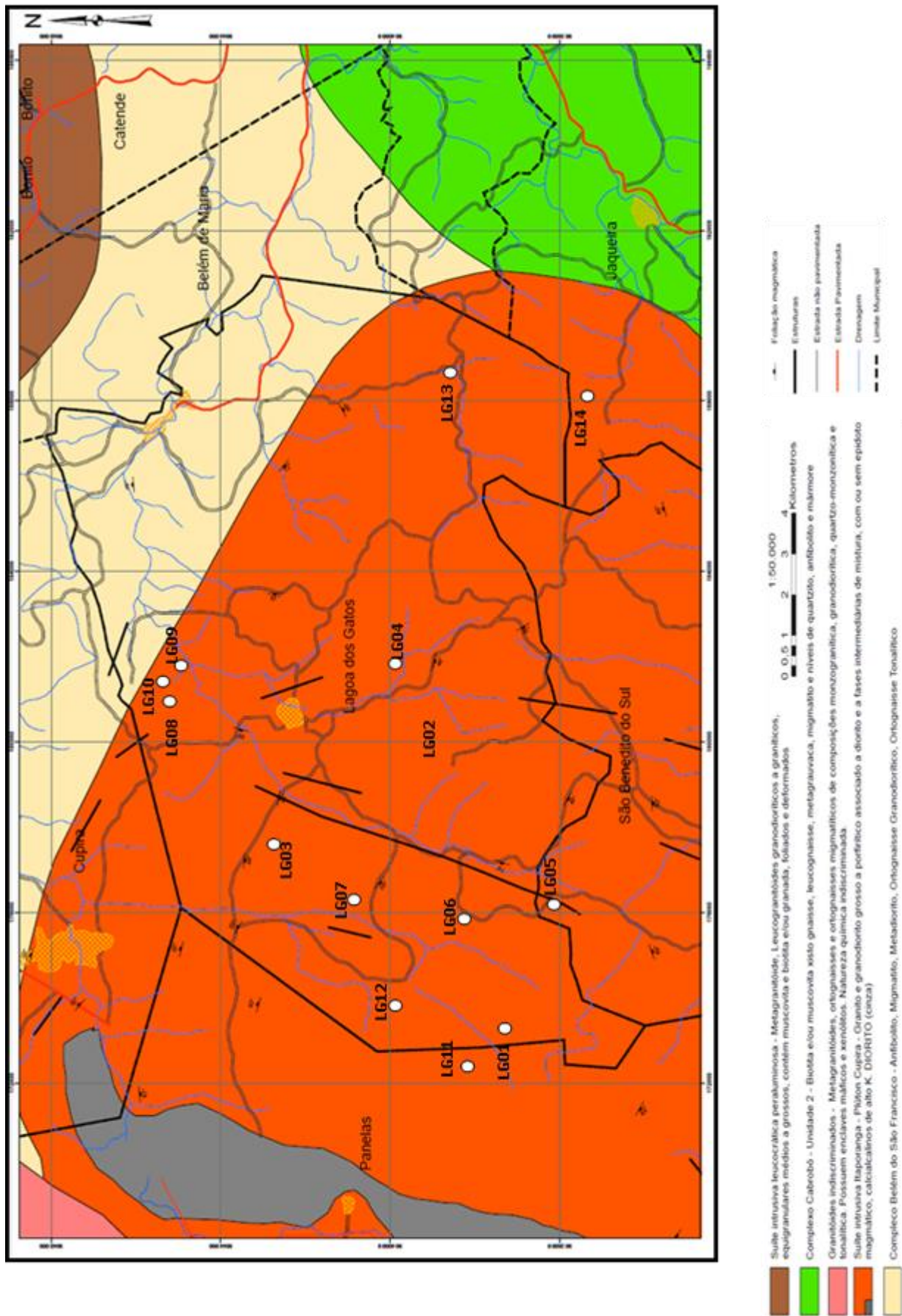


Figura 05: Mapa geológico com localização dos geossítios inventariados.

- **Pedra do Vento (LG02)**

Apresenta alto valor geomorfológico e petrológico, e médio valor mineralógico e tectônico. A Pedra do Vento corresponde a uma feição geomorfológica que apresenta importância topográfica (674m). Este extenso lajedo de rocha granítica, classificado como monzogranito tem granulação grossa e textura porfirítica com megacristais de K-feldspato. De acordo com Guerra e Guerra (2001), um lajedo ou lajeado “é uma importante feição geomorfológica, que corresponde a um afloramento de rocha sã na superfície do solo, constituindo uma área de extensão variável”. Sobre o lajedo monzogranítico há intrusões de granito fino cortando o monzogranito, classificado como quartzo monzonito equigranular, rico em K-feldspato, plagioclásio e biotita (Figura 6B).

- **Pedra do Cruzeiro (LG03)**

Este sítio apresenta alto valor geomorfológico e petrológico, e médio valor mineralógico e tectônico. A Pedra do Cruzeiro sob o ponto de vista geomorfológico é uma colina ou Serra com relevância topográfica (550m). Esta serra é limitada por uma zona de cisalhamento indiscriminado de direção NE-SW de acordo com Miranda (2009). O topo desta serra é mais ou menos plano, e neste substrato rochoso, classificado com monzogranito, há intrusões de granitos finos, de veios e diques de pegmatito, cortando o monzogranito, rico em K-feldspato, plagioclásio e biotita.

- **Pedra da Rã (LG04)**

Este sítio apresenta médio valor geomorfológico associado ao conteúdo. A Pedra da Rã é uma feição geomorfológica interessante, correspondendo a um grande bloco de rocha de forma arredondada e com superfícies desgastadas, modeladas principalmente pela ação do intemperismo físico e químico. Esta formação rochosa granítica de granulação grossa apresenta aproximadamente 6 metros de altura, 4 metros de largura e 8 metros de comprimento. A rocha encontra-se bastante alterada e minerais tais como biotita, feldspatos já não são tão evidentes, por conta da ação dos agentes intempéricos (Figura 06 C).

- **Pedra do Escrivão (LG05)**

Este sítio também apresenta médio valor geomorfológico associado ao conteúdo. A Pedra do Escrivão é resultante de colapso de bloco e apresenta esfoliação esferoidal como principal forma de intemperismo. Grande parte do afloramento apresenta uma coloração bastante esbranquiçada, resultante da retirada de minerais menos resistentes, como as micas (biotitas) (Figura 06 D).

- **Serra da Santa (LG06)**

O sítio Serra da Santa tem alto valor geomorfológico, e médio valor petrológico, mineralógico e tectônico. A Serra da Santa é uma unidade geomorfológica, classificada como colina isolada com relevância topográfica (709m). Ao longo da subida até o topo da serra observam-se matacões de variadas formas, dimensões e graus de arredondamento. No topo da serra há intrusões de granito fino e de veios e diques de pegmatito cortando a rocha, que se trata de biotita sienogranito. A rocha apresenta granulação grossa e textura porfírica constituída de megacristais de K- feldspato envoltos em matriz composta por quartzo, plagioclásio, biotita, tendo como principal acessório cristais geminados de titanita (Figura 06 E).

- **Serra de João Menino (LG07)**

A Serra de João Menino apresenta alto valor geomorfológico, e médio valor petrológico, mineralógico e tectônico. O sítio Serra de João Menino, assim como a Serra da Santa é uma unidade geomorfológica, classificada como colina isolada com relevância topográfica (695m). Ao longo da subida até o topo da serra são observados os mesmos elementos da Serra da Santa, como matacões de variadas formas, dimensões e graus de arredondamento. No topo da serra há intrusões de granito fino, de veios e diques de pegmatito cortando a rocha sienogranítica que corresponde o tipo litológico do sítio. A rocha apresenta granulação grossa e textura porfírica, constituída de megacristais de K- feldspato. A rocha é rica em K-feldspato, plagioclásio, quartzo e biotita (Figura 06 F).

- **Pedra da Laje (LG08)**

Este sítio apresenta alto valor geomorfológico, e médio valor petrológico, mineralógico e tectônico. A Pedra da Laje recebe esse nome por se tratar de um extenso lajedo de rocha granítica de granulação grossa. Sobre o lajedo destacam-se: enxames de veios de granito de granulação fina de espessuras variadas, veios de quartzo, e veios de pegmatito, ao longo de um sistema de fraturas. A Pedra da Laje destaca como feições geomorfológicas diversas estruturas em caneluras. A ação da água nesses pontos contribuiu com os processos de intemperismo químico. As caneluras ocorrem principalmente em rochas graníticas, como é o caso do sítio em estudo (GUERRA; GUERRA, 2005; BIGARELLA et al., 1994). A Rocha deste sítio é classificada em biotita sienogranito, tem granulação grossa, rica em K-feldspato, plagioclásio, quartzo e biotita (Figura 06 H).



Figura 06: Serra do Oratório (A); Pedra do Vento (B); Vista da Pedra do Cruzeiro (C); Pedra da Rã (D); Pedra do Escrivão (E); Serra da Santa (F); Serra de João Menino (G) e Pedra da Laje (H)

- **Cachoeira dos Gatos (LG09)**

Este sítio apresenta alto valor geomorfológico, e médio valor petrológico, mineralógico, tectônico e hidrogeológico. A Cachoeira dos Gatos corresponde a uma queda d'água no curso do Rio dos Gatos, com uma altura 15 metros aproximadamente, demonstrando intenso processo de fraturamento sub-horizontal, controlado por alívio de carga. Essa água proveniente da cachoeira desliza sobre o monzogranito grosso. Na base da cachoeira é formada uma piscina natural, e nesse substrato rochoso observam-se feições geológicas de grande importância, dentre essas: diques de pegmatito com espessura entre 5 a 45 cm, onde são observados facilmente minerais como: turmalina, granada e muscovita e intrusões de diques de granito de granulação mais fina com largura em torno de 10 cm (Figura 07 A).

- **Pedras do Hortelã (LG10)**

O sítio Pedras do Hortelã apresenta alto valor geomorfológico, e médio valor petrológico, mineralógico, hidrogeológico e tectônico. As Pedras do Hortelã são representadas por um conjunto de matacões esfoliados e fraturados, com variadas formas, dimensões e graus de arredondamento, provenientes por termoclastia e esfoliação esferoidal sobre um lajedo de composição monzogranítica. Os minerais das rochas já apresentam certa orientação, já que o sítio está localizado em uma zona de contato litológico entre as rochas ígneas do plúton Cupira e as rochas metamórficas do Complexo Belém de São Francisco. No substrato rochoso sobre o qual estão os matacões, foram encontrados pequenas cavidades ou depressões na rocha, as marmitas (Figura 07 B).

- **Pedra do Salgado (LG11)**

Este sítio apresenta alto valor geomorfológico e petrológico, e médio valor mineralógico e tectônico. A Pedra do Salgado corresponde a uma colina ou Serra com relevância topográfica (726m), classificada como colinas de Cimeira. Neste sítio também são observadas intrusões de granito fino, veios de pegmatito e estruturas em caneluras resultantes da erosão diferencial. Neste geossítio foi observada uma zona de contato litológico entre o monzogranito grosso com uma rocha de coloração cinza escuro (meso a melanocrática), granulação fina, classificada como biotita quartzo diorito (Figura 07 C).

- **Pedra do Violão (LG12)**

Este sítio apresenta médio valor geomorfológico, petrológico, hidrogeológico e paleontológico. A Pedra do Violão é um lajedo com um tanque em forma de violão preenchido de água, provavelmente resultante de erosão diferencial em diorito, formando essa grande depressão no lajedo. A rocha do sítio é o monzogranito de granulação grossa e textura porfirítica com megacristal de K-feldspato em torno de 3 cm. A Pedra do Violão é semelhante a um depósito de tanque ou depósito de cacimba, que corresponde a depressões do embasamento cristalino, que, formando lagoas, atraíam grande número de animais durante o período de seca. Segundo Silva et al. (2006), na época de chuvas, as enxurradas arrastavam sedimentos existentes, juntamente com os restos de animais mortos nas proximidades, preenchendo depressões e lagoas. Outras vezes, alguns animais se aproximavam para beber água, acabavam caindo e não conseguiam sair, ficando ali preservados.

Os fósseis de megafauna no Nordeste do Brasil são encontrados principalmente em depósitos de tanques, cavernas, antigas lagoas, olhos d'água, vazantes, ravinas (Paula-Couto, 1953). Desta forma é elevada a probabilidade de se encontrar fósseis da megafauna na Pedra do Violão, já

que se assemelha a um tanque. Esses depósitos são preferencialmente encontrados em plútons Brasileiros, da associação cálcioalcalina de alto potássio, associada com dioritos. A erosão diferencial das rochas dioríticas favorece a formação das marmitas e cacimbas. A Pedra do Violão se enquadra nestes critérios, sendo um potencial sítio fóssilífero da megafauna do nordeste brasileiro (SILVA et al., 2006) (Figura 07 D).

- **Caverna do Homem Bom (LG 13)**

Este sítio apresenta médio valor petrológico, mineralógico, tectônico e geotécnico. A caverna do Homem Bom provavelmente corresponde a um dique de pegmatito, já que a sua construção foi promovida pela possibilidade de se encontrar minerais de valor econômico. O termo pegmatito é normalmente empregado no sentido textural. De acordo com Jahns (1955) citado por Vidal; Neto (2005): pegmatitos são “rochas holocristalinas que apresentam, pelo menos em parte, uma granulação muito grossa, contendo como maiores constituintes minerais àqueles encontrados tipicamente em rochas ígneas comuns, mas com a características de apresentarem extremas variações no que se refere ao tamanho dos grãos”. Um pegmatito de composição granítica, como é o caso do sítio Caverna do Homem Bom, é constituído essencialmente por elementos como Si, Al, K, Na e Ca. Entretanto, de acordo com Vidal e Neto (2005), certos elementos que estão dispersos nas rochas graníticas podem-se concentrar nos pegmatitos sob a forma de minerais particulares, tais como berilo (Be), amblygonita e espodumênio (Li), tantalita-columbita (Nb-Ta), apatita e monazita (P, terras raras, Zr, Th, U, etc.). A possibilidade de tais concentrações torna os pegmatitos fonte importante de elementos químicos aplicáveis a vários processos de beneficiamento industrial. Provavelmente, este era o interesse de se escavar as galerias da Caverna. A rocha do sítio apresenta-se bastante alterada, com granulação de fina a média, equigranular composta por K-feldspato, plagioclásio, quartzo e biotita, sendo classificada como quartzo monzonito (Figura 07 E).

- **Serra do Espelho (LG 14)**

Este sítio apresenta alto valor geomorfológico e petrológico, e médio valor mineralógico e tectônico. O sítio Serra do Espelho corresponde a uma feição geomorfológica que apresenta importância topográfica (726m), representadas pelas Colinas de Cimeira que correspondem a morros fortemente dissecados. A Serra do Espelho corresponde litologicamente a biotita Sienogranito, de granulação grossa e textura porfirítica com megacristais de K-feldspato. Nas bordas de pequenas depressões presentes no extenso lajedo da Serra do Espelho foi encontrado xenólito de biotita gnaisse de composição monzodiorítica. Rocha com foliação definida por biotita e hornblenda que pode estar associado ou ao Complexo Belém de São Francisco ou ao

Complexo Cabrobó. É possível ainda se observar extensas injeções de veios de quartzos de 5 cm cortando a rocha biotita sienogranito (Figura 07 F).



Figura 07: Cachoeira dos Gatos (A); Pedras do “Hortelã” (B); Pedra do Salgado (C); Pedra do Violão (D); Caverna do Homem Bom (E) e Serra do Espelho (F)

Em relação ao valor de utilização dos sítios têm-se o seguinte resultado: A Pedra do Oratório (LG1); a Pedra do Vento (LG02); a Pedra da Laje (LG08) e Serra do Espelho (LG14) apresentam alto valor turístico e didático; médio valor econômico e baixo valor científico.

A Pedra do Cruzeiro (LG03); a Serra da Santa (LG06); a Serra de João Menino (LG07); a Cachoeira dos Gatos (LG09); as Pedras do Hortelã (LG10); a Pedra do Salgado e a Pedra do Violão apresentam médio valor turístico, didático e econômico e baixo valor científico.

A Pedra da Rã (LG04); a Pedra do Escrivão (LG05) e a Caverna do Homem Bom (LG13) apresentam valor turístico, didático, econômico e científico baixo.

Em relação ao valor de influência, todos os sítios apresentam baixa influência regional, nacional e internacional, com exceção da Serra do Oratório que tem relevância regional, já que corresponde a maior fuma do Estado de Pernambuco. A influência local de alto valor corresponde aos sítios: Pedra do Oratório, Pedra do Vento, Pedra da Laje, Cachoeira dos Gatos e Serra do Espelho. Os demais sítios têm valor de influência média no parâmetro local, com exceção da Pedra da Rã que tem valor baixo.

6. QUANTIFICAÇÃO DOS SÍTIOS DE GEODIVERSIDADE DO MUNICÍPIO DE LAGOA DOS GATOS

Finalizado o inventário, foi executada a quantificação dos sítios, utilizando-se a metodologia proposta por Brilha (2015). Após a aplicação dos critérios de quantificação propostos pelo autor aos pontos de interesse observados no município de Lagoa dos Gatos, obteve-se o resultado apresentado nas Tabelas 2, 3 e 4:

Tabela 2 – Dados da Quantificação do Valor Educacional.

INDICADOR	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	TOTAL
SÍTIOS													
LG1	4	2	4	2	4	1	2	2	2	4	4	3	3,05
LG2	4	2	4	2	4	1	1	1	2	4	4	2	2,85
LG3	4	2	4	2	4	1	0	0	1	4	4	2	2,7
LG4	2	2	4	2	4	1	0	0	1	4	4	1	2,4
LG5	2	2	4	2	4	1	0	0	1	4	4	1	2,4
LG6	4	2	4	2	4	1	1	1	1	4	4	2	2,8
LG7	4	2	4	2	4	1	0	0	1	4	4	2	2,7
LG8	4	2	4	2	4	1	1	1	2	4	4	3	2,95
LG9	4	1	4	2	4	1	1	1	1	4	4	2	2,7
LG10	4	1	4	2	4	1	1	0	1	4	4	2	2,65
LG11	4	2	4	2	4	1	0	0	1	4	4	2	2,7
LG12	3	2	4	2	4	1	0	0	2	4	4	2	2,65
LG13	2	2	2	2	4	1	3	0	1	1	4	1	2,15
LG14	4	2	2	2	4	1	3	2	2	4	4	2	2,9

Tabela 3 – Dados da Quantificação do Valor Turístico.

INDICADOR	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	TOTAL
SÍTIOS														
LG1	4	2	4	2	4	1	2	2	2	4	4	0	2	2,55
LG2	4	2	4	2	4	1	1	1	2	4	4	0	3	2,4
LG3	4	2	4	2	4	1	0	0	1	4	4	0	3	2,1
LG4	4	2	4	2	4	1	0	0	1	4	4	0	3	2,1
LG5	4	2	4	2	4	1	0	0	1	4	4	0	3	2,1
LG6	4	2	4	2	4	1	1	1	1	4	4	0	2	2,25
LG7	4	2	4	2	4	1	0	0	1	4	4	0	2	2,05
LG8	4	2	4	2	4	1	1	1	2	4	4	0	3	2,4
LG9	4	1	4	2	4	1	1	1	1	4	4	0	3	2,2
LG10	4	1	4	2	4	1	1	0	1	4	4	0	3	2,05
LG11	4	2	4	2	4	1	0	0	1	4	4	0	2	2,05
LG12	4	2	4	2	4	1	0	0	2	4	4	0	2	2,15
LG13	4	2	2	2	4	1	3	0	1	4	4	0	4	2,2
LG14	4	2	2	2	4	1	3	2	2	4	4	0	4	2,6

Tabela 4 – Dados da Quantificação do Risco de Degradação.

INDICADOR	A	B	C	D	E	TOTAL
SÍTIOS						
LG1	1	0	4	2	1	1,55
LG2	1	0	4	2	1	1,55
LG3	1	0	4	2	1	1,55
LG4	3	0	3	2	1	2,05
LG5	3	0	4	2	1	2,25
LG6	1	0	4	2	1	1,55
LG7	1	0	4	2	1	1,55
LG8	1	0	4	2	1	1,55
LG9	1	0	4	1	1	1,4
LG10	1	0	4	1	1	1,4
LG11	1	0	4	2	1	1,55
LG12	2	0	4	2	1	1,9
LG13	3	0	1	2	1	1,65
LG14	1	0	1	2	1	0,95

Como resultado da quantificação tem-se um *ranking* entre os pontos de interesse, sem nenhuma informação adicional. Ou seja, após a aplicação do método de quantificação, ainda não é possível responder quais serão as estratégias para o manejo destes sítios.

Após realizar a quantificação dos sítios de geodiversidade aplicou a técnica de análise de agrupamento. E como resultado observou-se a possibilidade de formação de sete (7) grupos distintos (Figura 08):

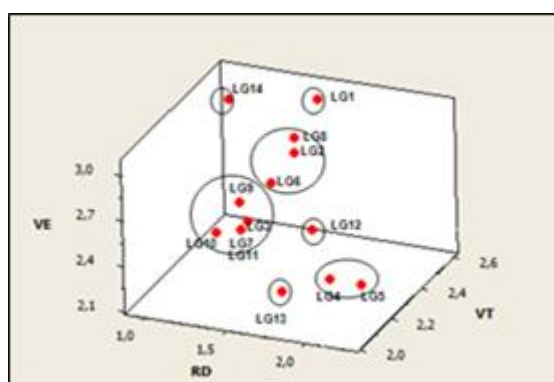


Figura 08: Distribuição dos pontos representativos dos sítios em um espaço tridimensional, em destaque os pontos com realce dos grupos formados.

Na distribuição acima, os sítios LG07 e LG11, por terem exatamente os mesmos valores e, conseqüentemente, as mesmas coordenadas, ocuparam uma única posição no espaço. Observando a figura, é possível identificar elementos de maior proximidade, que significa maior semelhança nos Valores.

Observa-se que nos dendogramas abaixo o número de grupos formado é coerente com o observado na distribuição espacial, exceto no caso onde se aplicou a distância euclidiana em conjunto com o método de ligação simples, que indicou a formação de oito grupos. Logo, adotou-se a divisão dos sítios em sete (7) grupos que orientarão as ações turísticas e de conservação da geodiversidade (Figura 09).

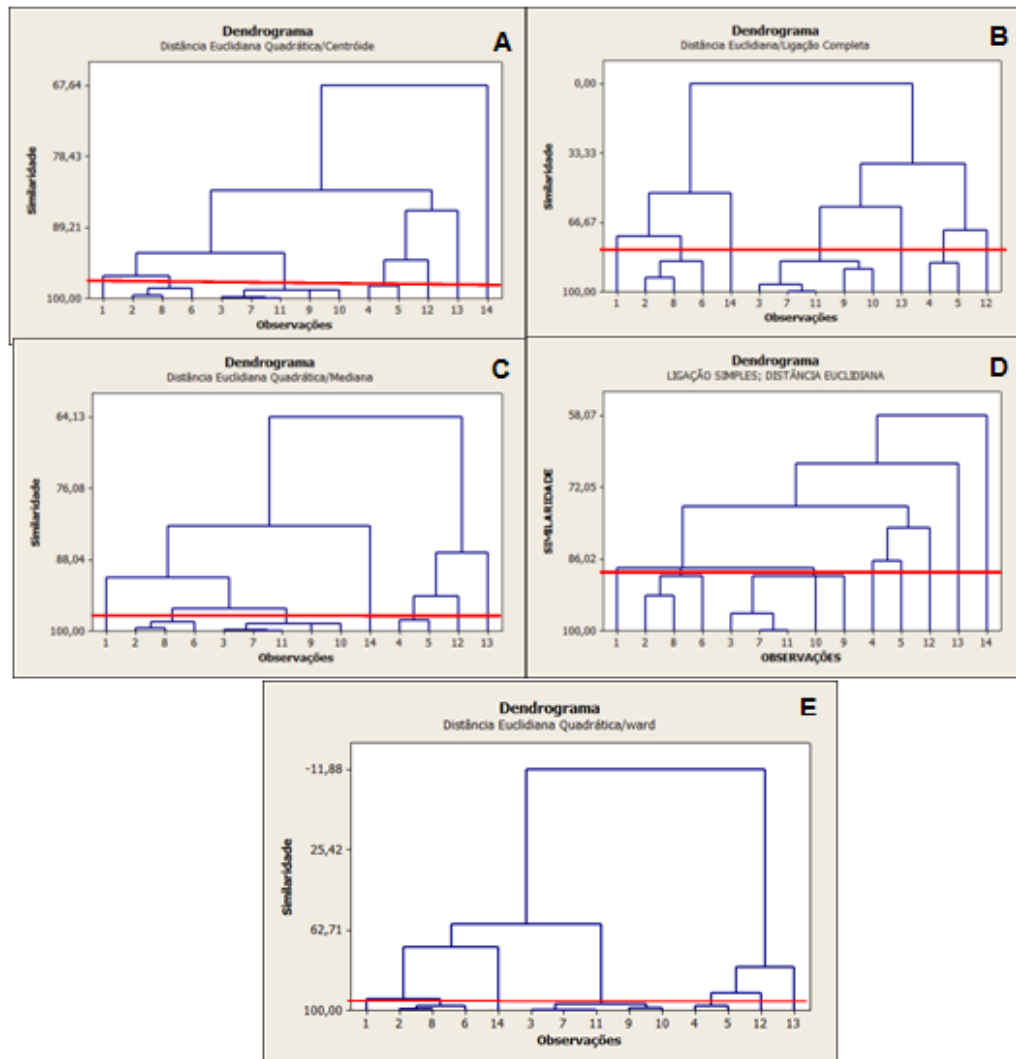


Figura 09: Dendrogramas – A- utilizando distância euclidiana quadrática e método de centróide. Número de grupos formados = 7. B - utilizando distância euclidiana e ligação completa. Número de grupos formados = 7. C – utilizando distância euclidiana quadrática e método de mediana. Número de grupos formados = 7. D- utilizando distância euclidiana e ligação simples. Número de grupos formados = 8. E - utilizando distância euclidiana quadrática e método Ward. Número de grupos formados = 7.

5.1 Descrição dos grupos de sítios de godiversidade

A formação de grupos tem o objetivo de orientar o desenvolvimento de diversas ações, tais como: investimentos de divulgação, estudos acadêmicos, criação de infraestrutura para apoio aos sítios, entre outras, e assim priorizar recursos e tempo para os grupos de maiores importâncias (Figura 10) e tabela.

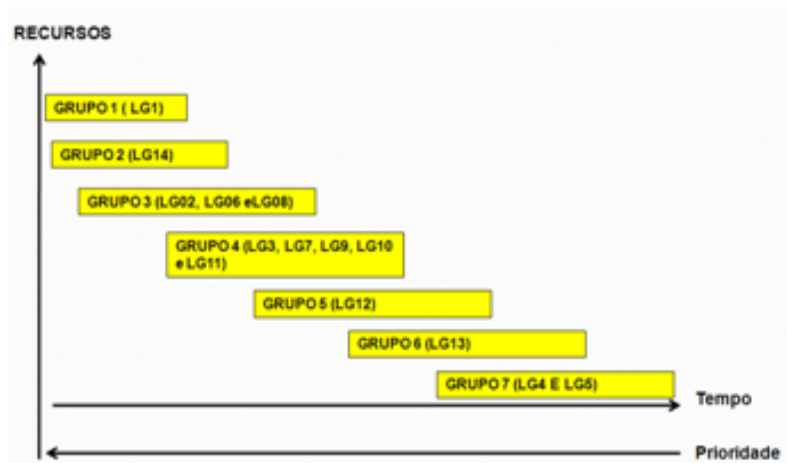


Figura 10: Gráfico de priorização de recursos e ações entre os grupos dos sítios de geodiversidade.

O Grupo 1 é formado pela Pedra do Oratório (LG01), que se destaca dos demais sítios pelo seu elevado valor Educacional e Turístico. Este sítio deve ser utilizado como ponto de destaque da localidade em ações de divulgação para turistas e deve concentrar uma boa parte dos investimentos para viabilizar sua utilização. Também devem ser direcionadas a este ponto estudos e ações de conscientização que visem à sua preservação e utilização turística.

O Grupo 2 é representado pela Serra do Espelho (LG14) que apresenta valores educacionais e turísticos muito semelhantes ao grupo 1, se diferenciando apenas no valor de risco de degradação, que é o mais baixo de todos os sítios. Este grupo também deve ser apresentado em ações de divulgação do município. De modo semelhante ao Grupo 1, devem ser desenvolvidas com especial atenção as ações de conscientização e utilização turística.

O Grupo 3 é formado pela Pedra do Vento (LG2), Serra da Santa (LG6) e Pedra da Laje (8). Este grupo apresenta valores educacional, turístico e risco de degradação próxima dos grupos 1. Este grupo também é importante para ações de divulgação, preservação e uso turísticos do município.

O Grupo 4 é formado pela Pedra do Cruzeiro (LG3), Serra de João Menino (LG7), Pedra do Salgado (LG11), Cachoeira dos Gatos (LG9) e Pedras do Hortelã (LG10). Este grupo apresenta valores educacional, turístico e risco de degradação de caráter intermediário. Podem ser considerados pontos complementares, que devem ser apresentados em rotas turísticas, para recreação e estudo, mas não se configuram como prioridade nas ações de divulgação, de preservação e de conhecimento.

O Grupo 5 é representado pela Pedra do Violão (LG12). Este grupo apresenta valor educacional semelhante ao grupo 4. O valor turístico é baixo quando comparados com os outros grupos citados, e risco de degradação também é significativo. Assim, como o grupo 4, este grupo não deve ter prioridade para utilização de recurso, pode ser aproveitado como ponto complementar.

O Grupo 6 é representado pela Caverna do Homem Bom (LG13). Trata-se de um local que apresenta maior dificuldade para observação, sem mínima estrutura e segurança para se avaliar o seu real potencial. O local apresenta Valor Educacional, Turístico e risco de degradação semelhante ao grupo 6. A diferença do grupo 6 para o 7 é a importância do representando do grupo 7, a Caverna do Homem Bom, por está localizado em uma RPPN. Assim não deve ser prioridade de recurso, mas pode ser utilizada como rota turística complementar.

O Grupo 7 é formado pela Pedra da Rã (LG4) e Pedra do Escrivão (LG5), locais com menor pontuação de valor educacional e turístico, e maior risco de degradação. Este grupo pode ser inserido nas rotas de turismo do município, mas não deve receber investimento, já que sua importância para o município é pouco relevante.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do inventário e caracterização dos catorze potenciais sítios de geodiversidade foi possível atribuir valores e quantificar os seus usos educacionais e turísticos e o risco de degradação de cada sítio.

A etapa de quantificação, é importante frisar, trata-se de uma fase que deve ser realizada com muito cuidado para não se gerar equívocos no resultado da avaliação do geodiversidade estudada. Na área em estudo, foi quantificado como sítio mais relevante a Serra do Oratório. Os sítios menos relevantes foram a Pedra da Rã e a Pedra do Escrivão, apresentando menor pontuação de valor educacional e turístico, e maior risco de degradação.

O resultado da quantificação de acordo com o método Brilha (2015) mostrou-se insuficiente para a tomada de decisão acerca dos sítios de geodiversidade inventariados na localidade. A análise individual dos parâmetros, Valor Educacional (VE), Turístico (VT) e Risco de Degradação (RD) possibilitou um maior conhecimento dos pontos estudados. Ao invés da simples elaboração de um *ranking* do VE, VT e RD, este trabalho trouxe como proposta a criação de uma etapa posterior à quantificação, etapa esta onde as variáveis da quantificação são submetidas a uma técnica multivariada de análise de dados, a Análise de Agrupamentos. Esta técnica tem por objetivo agrupar os elementos em grupos homogêneos, de acordo com a similaridade que as suas variáveis apresentam. A formação destes grupos torna mais racional a tomada de decisão para o conjunto de dados em estudo. No caso de sua aplicação na área de geodiversidade, podemos formar grupos de características semelhantes, e avaliar a priorização das ações no sentido de proteção ou aproveitamento turístico dos sítios. A análise de agrupamento apresenta maior utilidade conforme o número de sítios inventariados aumenta, pois para uma amostragem muito grande é mais difícil verificar a formação de grupos sem o apoio de um método deste tipo.

A aplicação da técnica de Análise de Agrupamentos na área em estudo permitiu a formação de 7 grupos a partir dos 14 sítios inventariados. De acordo com as características dos grupos, foi possível definir prioridades na estratégia de divulgação, de uso e de preservação, visto que geralmente há limitação de recursos a serem investidos.

O Grupo 1 (LG01) e o Grupo 2 (LG14) são os grupos que devem ser prioridade no investimento de recursos para a região, já que são grupos de maior relevância educacionais e turísticos, e que apresentam baixo risco de degradação. São esses dois pontos que trarão retorno econômico para o município. Seria interessante se estabelecer uma rota geológica e geomorfológica nesses pontos, já que apresentam maior atração turística. As ações para este grupo seria instalação de painéis interpretativos dos sítios; melhoria na infraestrutura, relacionado a acesso ao sítio e segurança para os turistas, ações de valorização, divulgação e conservação dos mesmos.

O Grupo 3 (LG2, LG6 e LG8), o Grupo 4 (LG3, LG7, LG9, LG10 E 11) e o Grupo 5 (LG12), basicamente têm a mesma importância educacional e turística, são pontos muito semelhantes, que podem ser trabalhados conjuntamente. Ou seja, o investimento para esses pontos, seria mais com placas indicativas nos sítios e formação de guia de turismo para explicar as feições geológicas e geomorfológicas encontradas nos grupos, mas não devem ser prioridades de recursos.

O Grupo 6 (LG 13) e o Grupo 7 (LG4 E LG5) são grupos com pouca relevância educacional e turística, não devem receber investimento, sendo utilizados apenas com rotas complementares.

REFERENCIAS

AAKER, D.A.; KUMAR, V.; DAY, G.S. **Pesquisa de Marketing**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; SANTOS, G.F. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Vol. I e II – Fundamentos geológico-geográficos, alteração química e física das rochas, relevo cárstico e dômico. Florianópolis: Ed. UFSC. 1994.

BRILHA, J. **Patrimônio Geológico e Geoconservação: A conservação da Natureza na sua Vertente Geológica**. Braga: Palimage Editores. 2005.183 p.

BRILHA, J. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. **Geoheritage**, 2015. p. 1-16.

BRUSCHI, V. M.; CENDRERO, A. Geosite Evaluation; Can We Measure Intangible Values? II Quaternario, **Italian Journal of Quaternary Sciences**. 18(1) – Volume Speciale. 2005. p. 293-306,

CABY, R.; SIAL, A. N.; ARTHAUD, M.; VAUCHEZ, A. Crustal evolution and the Brazilian orogeny in Northeast Brazil. In: DALLMEYER, R.D.; LECORCHÉ, J.P. (Eds.). *The West African orogens and Circum-Atlantic correlatives*. **Springer-Verlag**. 1991. p. 373-397.

CORATZA, P.; GIUSTI, C. Methodological proposal for the assessment of the Scientific Quality of Geomorphosites. II Quaternary, **Italian Journal of Quaternary Sciences**, v.18, n. 1, p.307-313, 2005.

FÁVERO, L. P. et al. Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: **Elsevier**. 2009. 672 p.

GARCÍA-CORTÉS, A. & URQUÍ, L. C. **Documento metodológico para la elaboración del inventario Español de lugares de interés geológico (IELIG)**. Version 11, 2009. Instituto Geológico y Minero de España. Disponível em: <http://w.igme.es/internet/patrimonio/>, Acesso em: 10 de novembro de 2013.

GOMES, H. A. **Mapa geológico do Estado de Pernambuco**. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais, Serviço Geológico do Brasil. 2001.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1997. 652p.

GUIMARÃES, T. O; MARIANO, G.; SEABRA, G. 2012. Estratégias de Geoconservação através da inventariação e quantificação de geossítios: Parque Estadual da Pedra da Boca - Plúton Monte das Gameleiras - Araruna/PB. **Revista Estudos Geológicos**, v.22, n.2, p. 77-92, 2012.

GUERRA, A. T; GUERRA, A. J. T.. **Novo Dicionário Geológico e Geomorfológico**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

HENRIQUES, M. H.: REIS, R. P.: BRILHA, J.: MOTA, T. Geoconservation as an Emerging Geoscience. **Geoheritage**, v.3, p. 117–128, 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal**, 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=260870&idtema=16&search=pernambuco|lagoa-dos-gatos|sintese-das-informacoes>> Acesso em: Fev 2014.

MASCARENHAS, J. C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C.; GALVÃO, M. J. T. G.; PEREIRA S. N.; MIRANDA, J. L. F. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. Diagnóstico do município de Lagoa dos Gatos, estado de Pernambuco**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil - Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

MINGOTI, S. A. **Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: Uma abordagem Aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MINITAB. **Guia de introdução ao Minitab 17**, 2014. 91 p.

MIRANDA, T. S. **Mapeamento Geológico, Anisotropia de Suscetibilidade Magnética, Magnetometria e Geoquímica do Plúton Cupira, Estado de Pernambuco**. Relatório de graduação em Geologia. Universidade Federal de Pernambuco. 2009. 114 p.

NASCIMENTO, M.A.L.: RUCHKYS, U.A.: MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo: trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 2008. 84 p.

NIETO, L.M. 2001. Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. **Boletín Geológico y Minero- España**, V. 112, n.2, p.3-12, 2001.

PAULA-COUTO, C. **Paleontologia Brasileira: Mamíferos**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Livro, 1953. 516 p.

PRALONG, J.P. 2005. A method for assessing tourist potential and use of geomorphological sites. **Géomorphologie: relief, processus, environment**, n.3, p. 189-196, 2005.

REIS, E. **Estatística Multivariada**. 2. ed. Lisboa: Sílabo, 2001.

RIBEIRO, R.R.; CHRISTOFOLETTI, S.R.; BATEZELLI, A.; FITTIPALDI, F. C.; ZANCHETTA, D. Inventário e Avaliação do Patrimônio Natural Geológico da Região de Rio Claro (SP). **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v.34, n.1, p.1-21, 2013.

RIVAS, V.; RIX, K.; FRANÉS, E.; CENDERO, A.; BRUNSDEN, D. Geomorphological indicators for environmental impact assessment: consumable and non- consumable geomorphological resources. **Geomorphology**, v. 18, p. 169-182, 1997.

RIVERA, A.J.R.; ARROYAEVE, A.M.H.; CACHAYA, J.G.O. Propuesta Metodológica para la Valoración del Patrimonio Geológico, como base para sugestión em el Departamento de Antioquia – Colombia. **Boletín Ciencias de la Tierra**, n. 33, p.85-92, 2013.

SERRANO, E.; GONZALEZ TRUEBA, J. J. Assessment of geomorphosites in natural protected areas: the Picos de Europa National Park (Spain). **Géomorphologie: relief, processus, environment**, n.3, p. 197-208.

SILVA, F.M.; ALVES, R. S.; BARRETO, A.M.F.; SÁ, F. B.; SILVA, A.C.B.L. A Megafauna Pleistocênica do Estado de Pernambuco. **Estudos Geológicos**, v. 16, n. 2, p.55-66, 2006.

WARD Jr., J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **J. Amer. Statist. Assoc.**, v.58, p.236-244, 1963.

VIDAL, F. W. H.; NETO, J.A.N.. **Minerais de Pegmatito. Contribuição técnica elaborada para o Livro. Rochas e minerais industriais do Ceará**. 2005. p. 67-81.

ZOUROS, N. C. Geomorphosite assessment and management in protected areas of Greece. Case study of the Lesvos island- coastal geomorphosites. **Geographic Helvetica**, v.3, p.169-180, 2007.