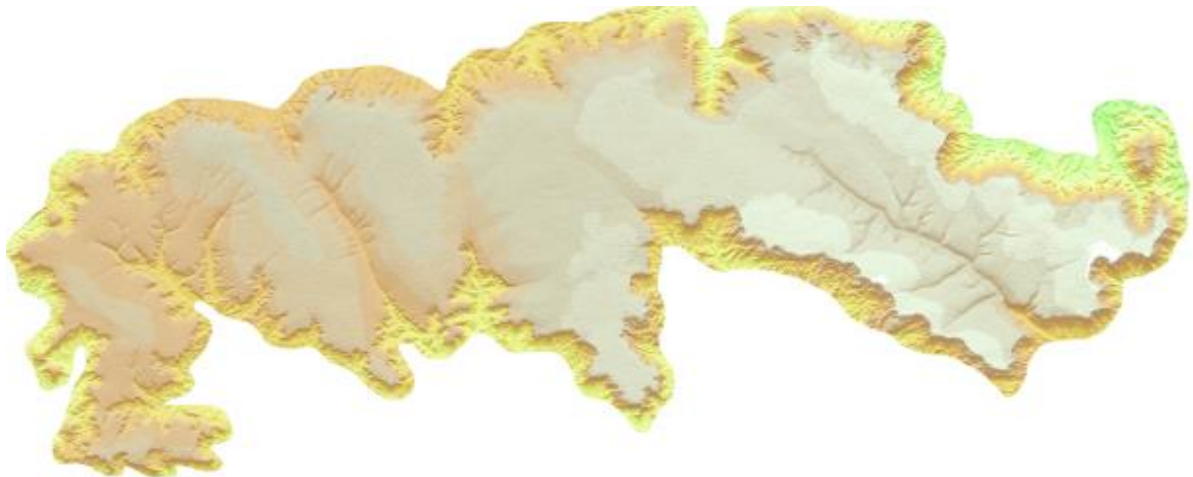




**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE HUMANA E MEIO
AMBIENTE - PPGSHMA**

Lúcia Helena de Souza Eleutério

**POTENCIAL DO GEOPARK ARARIPE COMO ESTRATÉGIA DE
GEOCONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO DA BIODIVERSIDADE NA REGIÃO DO
CARIRI, CEARÁ**



**Vitória de Santo Antão
2016**

Lúcia Helena de Souza Eleutério

**POTENCIAL DO GEOPARK ARARIPE COMO ESTRATÉGIA DE
GEOCONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO DA BIODIVERSIDADE NA REGIÃO DO
CARIRI, CEARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre em **Saúde Humana e Meio Ambiente**.

Área de Concentração: Biologia da Conservação

Orientador: Profa. Dra. Juliana Manso Sayão

**Vitória de Santo Antão
2016**

Catálogo na Fonte
Sistema de Bibliotecas da UFPE. Biblioteca Setorial do CAV.
Bibliotecária Jaciane Freire Santana, CRB4: 2018

- E37p Eleutério, Lúcia Helena de Souza.
Potencial do geopark araripe como estratégia de geoconservação e manutenção da biodiversidade na região do Cariri, Ceará / Lúcia Helena de Souza Eleutério. Vitória de Santo Antão, 2016.
101 folhas.: il.; color.
- Orientadora: Juliana Manso Sayão.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAV, Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente, 2016.
Inclui bibliografia.
1. Conservação ambiental – Cariri-CE. 2. Geodiversidade . 3. Biodiversidade – Cariri-CE. I. Sayão, Juliana Manso (Orientadora). II. Título.

333.95 CDD (23.ed.)

BIBCAV/UFPE-100/2017



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE HUMANA E
MEIO AMBIENTE - MESTRADO ACADÊMICO**



Dissertação de Mestrado apresentada por **Lúcia Helena de Souza Eleutério** ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente do Centro Acadêmico de Vitória da Universidade Federal de Pernambuco, sob o título **“POTENCIAL DO GEOPARK ARARIPE COMO ESTRATÉGIA DE GEOCONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO DA BIODIVERSIDADE NA REGIÃO DO CARIRI, CEARÁ”**, orientada pela Prof.^a Dr.^a Juliana Manso Sayão, aprovada no dia 02 de agosto de 2016 pela Banca Examinadora composta pelos seguintes professores:

Dr. Augusto César Pessôa Santiago

Dr.^a Edjane Maria dos Santos

Dr.^a Juliana Manso Sayão

Autora:

Lúcia Helena de Souza Eleutério

*“Ao meu filho Luan Eleutério Borges dos Santos,
minha maior motivação”
Com todo amor.*

AGRADECIMENTOS

Para desenvolver e finalizar este trabalho tive o apoio de algumas pessoas que me incentivaram e tornaram possível sua construção.

- Primeiramente, tenho que agradecer à Deus que é o responsável por todas as minhas conquistas, sem Ele nada seria possível.

- Ao meu filho Luan Eleutério Borges dos Santos, minha maior motivação para continuação dos estudos, me fazendo sempre buscar meu crescimento como pesquisadora.

- A Profa. Dra. Juliana Manso Sayão por me ajudar constantemente desde a minha graduação. Sempre incentivou meu crescimento fazendo com que eu fosse além dos meus limites, ajudando bastante a me aperfeiçoar em todos os trabalhos que me envolvi. Que me amparou em alguns momentos pessoais, tornando possível sentir um apoio, uma mão amiga em momentos difíceis. A você Juliana, serei eternamente grata por ser parte integrante dessa equipe grandiosa que você conseguiu reunir e por todos os conhecimentos que sempre aprendo com a grande pesquisadora que você é.

- Ao Prof. Dr. Antônio Álamo Feitosa Saraiva, que me ajudou com informações para minha dissertação, fazendo sempre questão de me passar seus conhecimentos científicos e estando a disposição em qualquer momento. Foi a pessoa que dedicou seu tempo para me ajudar durante os trabalhos de campo e no laboratório. Além de sua grande preocupação comigo em todas as idas ao Crato. Agradecimentos à toda preocupação, tempo e palavras amigas dedicadas a mim.

- A André Luiz Borges dos Santos, que me acompanha na vida acadêmica e pessoal, desde o ingresso da minha graduação, acreditando no meu potencial e me mostrando ser possível conciliar estudo, família e trabalho.

- A Edjane Maria dos Santos, uma pessoa que me ajudou com bibliografias e com dicas para minha dissertação e que trouxe diversos comentários produtivos para a finalização deste trabalho durante a qualificação.

- Agradeço a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa de Mestrado, sem a qual eu não teria conseguido concluir o projeto.

- E a cada um que me ajudou e estimulou a completar meus objetivos durante todas as etapas para a conclusão deste trabalho, mesmo que voluntariamente ou inconscientemente. A todos, serei eternamente grata por ter feito parte da conclusão desta grande etapa acadêmica e de realização pessoal.

RESUMO

A Geodiversidade compreende a diversidade de elementos abióticos e suas inter-relações com o meio biótico. O Geopark Araripe apresenta diversos georecursos de importância para a Biodiversidade. Sua exploração acelerada, tornou a Geoconservação uma importante iniciativa para seu uso sustentável. Foi realizado o levantamento da Geodiversidade dos municípios que compreendem o Geopark Araripe, verificando seu potencial na conservação dos ambientes delimitados pelo parque. Um levantamento da Geodiversidade da área foi necessário para a compilação dos mapas. A quantificação parcial dos Índices de Geodiversidade (IG) incluiu aspectos Geológicos, Geomorfológicos, Paleontológicos, de Recursos Minerais e dos Solos em mapas digitais. Foi utilizada a escala de 1:300.000 com grades de 5 km², obtendo-se valores entre 3 e 21 em 171 quadrículas. O IG foi organizado em cinco classes: muita alta, alta, média, baixa e muita baixa. Observou-se que o IG muito baixo foi predominante alto não dissecado da Chapada do Araripe, destacando-se a Formação Exu, que é afossilífera e possui baixa drenagem superficial e poucos minerais. Os maiores IG estão próximos aos Geossítios Pedra Cariri e Parque dos Pterossauros nos municípios de Santana do Cariri e Nova Olinda, nos limites entre as morfoesculturas e falhas estruturais, próximas ao Grupo Santana. A geomorfologia e geologia são os critérios que condicionam a presença de recursos minerais e o alto IG. Na análise ambiental observou-se uma degradação acelerada ao longo dos anos, coincidindo os maiores IG com as áreas mais degradadas. O mapa da Geodiversidade proporcionou a visualização quantitativa das áreas de maior interesse para a Geoconservação, planejamento urbano e manutenção da biodiversidade na região do Cariri. Foi verificado que o Geopark Araripe não está desacelerando a exploração de algumas das áreas de interesse geológico.

Palavras-Chave: Geodiversidade. Geossítios. Conservação Ambiental. Mapas Digitais.

ABSTRACT

The Geodiversity comprises a diversity of abiotic elements and their interrelations with the biota. The Geopark Araripe present several georesources of Biodiversity importance. Their accelerated exploration turns the Geoconservation an important initiative for sustainable use. A Geodiversity data collection was produced in the cities composing the Geopark Araripe, analysing their potential in the environmental conservation associated to the park delimitation. A survey of the Geodiversity area was realized by maps compilation. The partial quantification in digital maps of the Geodiversity Index (IG) contains Geological, Geomorphological (Relief and Hydrographic), Paleontological, Mineral Resources and Soils aspects. A scale of 1:300.000 in grids of 5 km² was used, obtaining values between 3 and 21 in the 171 resultant grids. The Geodiversity index was organized in five classes: very high, high, medium, low, very low. The IG very low prevails in the Araripe Plateau, highlighting Exu Formation, a nonfossiliferous unit, with low surface drainage and few minerals. The largest IG was near the Geosites Pedra Cariri and Parque dos Pterossauros and in the cities of Nova Olinda and Santana do Cariri (respectively), placed in the limit between morphosculptural units and structural failures, near the Santana Group. The geomorphological and geological are aspects that influence the presence of mineral resources and the high IG. An accelerated degradation of the environment was found over the years, coinciding with the very high IG in the most devastated areas. The Geodiversity Map provided a quantitative visualization of the areas with larger interest for Geoconservation, urban planning and biodiversity conservation in the Cariri region. According to the results the Geopark Araripe is not decelerating the exploration of some geological interest areas.

Keywords: Geodiversity. Geosites. Environment Conservation. Digital Maps.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 -	Representação esquemática da relação dos conceitos de Geodiversidade, Geossítios, Patrimônio Geológico e Geoconservação. Fonte: Modificado de Araújo (2005).	27
Figura 2.1 -	Unidades fitoecológicas dos municípios no Geopark Araripe. Fonte: Modificado de IPECE (2016).	31
Figura 2.2 -	Mapa Geológico da Bacia Sedimentar do Araripe modificado de Assine (2007).	33
Figura 2.3 -	Estratigrafia da Bacia do Araripe modificado de Neumann, <i>no prelo</i> .	34
Figura 2.4 -	Geossítios do Geopark Araripe. Fonte: Modificado de Geopark Araripe (2015).	39
Figura 2.5 -	Acervo fossilífero do LPU composto por fósseis da Formação Romualdo, Ipubi, Crato e Brejo Santo. Escala: 4 cm.	46
Figura 2.6 -	Distribuição do clima na região dos municípios no Geopark Araripe. Fonte: Modificado de IPECE (2016).	47
Figura 2.7 -	Variação pluviométrica mensal nos municípios do Geopark em 2015. Fonte: COGERH, 2016.	48
Figura 2.8 -	Mapeamento das unidades morfoestruturais e morfoesculturais do relevo.	49
Figura 2.9 -	Feição geomorfológica representada pela Chapada do Araripe.	50
Figura 2.10 -	Altimetria dos municípios no Geopark Araripe.	51
Figura 2.11 -	Hidrografia representada pelas Bacias que recobrem o Geopark Araripe.	53
Figura 2.12 -	Classificação pedológica dos municípios no Geopark Araripe.	56
Figura 3.1 -	Localização da área de estudo: A. Demarcação em vermelho no sul do Estado do Ceará e seus limites	

	estaduais; B. Ampliação da área de estudo, evidenciando os municípios e Geossítios.	63
Figura 3.2 -	Localização da Bacia Sedimentar do Araripe com relação aos Geossítios do Geopark Araripe. Fonte: Modificado de Geopark Araripe (2015).	64
Figura 3.3 -	Grade e escala utilizadas para a avaliação do IG.	65
Figura 3.4 -	Cálculo para o IG: A. Geológico, o número vermelho corresponde as unidades litoestratigráficas, azul as falhas e preto o valor dentro da quadrícula; B. Sub-índice Relevo, o número vermelho representa as formas de relevo, o azul com a linha verde limão o contato entre as morfoestruturas e o preto o valor dentro da quadrícula; C. Sub-índice Hidrografia, o número vermelho corresponde à contagem hierarquizada dos rios baseado no sistema de fluxo de Strahler (1952, 1957) e o preto a contagem na grade.	67
Figura 3.5 -	Pontuações do Índice Geológico nas grades.	70
Figura 3.6 -	Pontuações do Sub-índice Relevo nas grades.	72
Figura 3.7 -	Pontuação do Sub-índice Hidrografia nas grades.	74
Figura 3.8 -	Pontuações do Índice Paleontológico nas grades.	77
Figura 3.9 -	Pontuações do Índice Pedológico nas grades.	79
Figura 3.10 -	Pontuações do Índice de Recursos Minerais nas grades.	81
Figura 3.11 -	Pontuações do Índice de Geodiversidade e sua divisão em classes.	83
Figura 3.12 -	Distribuição percentual das classes de Geodiversidade.	84
Figura 3.13 -	Distribuição percentual das classes de Geodiversidade nos Geossítios do Geopark Araripe.	85
Figura 3.14 -	Geodiversidade Individual nos Geossítios do Geopark Araripe.	86
Figura 3.15 -	Relação entre as áreas antrópicas e a vegetação com a classe de Geodiversidade muito alta. A. Distribuição da antropização na vegetação natural. B. Localização do IG	

	muito alto nos seus municípios e Geossítios.	87
Figura 3.16 -	Comparação da degradação no Geossítio Pedra Cariri, em Santana do Cariri, causada pela extração de calcário laminado e gipsita destacada em vermelho. A, B e C em 2008; D, E e F em 2016.	88
Figura 3.17 -	Comparação da degradação ambiental em Crajubar, destacadas em vermelho: A e B em 2004; C em 2006; D, E e F em 2016. A e D: Cidade do Crato com o surgimento de casas padronizadas em grande escala; B e E: Juazeiro do Norte com aparecimento de grandes indústrias comerciais acompanhadas do crescimento urbano; C e F: Barbalha com a evolução da aglomeração urbana em uma área, anteriormente, livre do domínio antrópico.	90
Figura 3.18 -	Comparação da degradação ambiental em áreas próximas ao Rio Batateiras, destacadas em vermelho, onde há a pedreira do Rio Batateira, na cidade do Crato: A em 2003; B em 2006; C e D em 2016.	91
Figura 3.19 -	Comparação das áreas próximas ao Geossítio Riacho do Meio no município de Barbalha, onde há extração de calcário, destacadas em vermelho: A e B em 2006; C e D no ano de 2016. Em D é possível visualizar a distância entre o Geossítio e a zona de extração mineral de argila e calcário.	92
Figura 3.20 -	Comparação da degradação ambiental das áreas próximas ao Geossítio Colina do Horto, destaque em vermelho: A em 2001; B. 2004; C e D em 2016. Em D é destacada a distância entre o Geossítio e a degradação ambiental.	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 -	Geodiversidade geológica para a área delimitada pelo Geopark Araripe.	37
Tabela 2.2 -	Relação dos Recursos minerais, suas aplicações e a quantidade de empresas que operam na região	38
Tabela 2.3 -	Localização e quantificação dos grupos fossilíferos e sua origem geológica.	45
Tabela 2.4 -	Classificação do relevo de acordo com Ross (1992).	54
Tabela 2.5 -	Índice de dissecação do relevo com relação às classes dos vales e da dimensão interfluvial.	55
Tabela 3.1 -	Síntese dos valores do Índice Geológico e a quantidade de quadrículas para os municípios delimitados pelo Geopark Araripe, CE.	71
Tabela 3.2 -	Síntese dos valores do Sub-índice Relevo e a quantidade de quadrículas para os municípios delimitados pelo Geopark Araripe, CE.	73
Tabela 3.3 -	Síntese dos valores do Sub-índice Hidrografia e a quantidade de quadrículas para os municípios delimitados pelo Geopark Araripe, CE.	75
Tabela 3.4 -	Síntese dos valores do Índice Geomorfológico e a quantidade de quadrículas para os municípios delimitados pelo Geopark Araripe, CE.	75
Tabela 3.5 -	Síntese dos valores do Índice Paleontológico e a quantidade de grades para os municípios delimitados pelo Geopark Araripe, CE.	78
Tabela 3.6 -	Síntese dos valores do Índice Pedológico e a quantidade de quadrículas para os municípios delimitados pelo Geopark Araripe, CE.	80
Tabela 3.7 -	Síntese dos valores do Índice de Recursos Minerais e a quantidade de quadrículas para os municípios delimitados pelo	

	Geopark Araripe, CE.	82
Tabela 3.8 -	Relação das classes de Geodiversidade e a quantidade de quadrículas para os municípios delimitados pelo Geopark Araripe, CE.	82

LISTA DE SÍMBOLOS

A4 _γ g	Granjeiro, suíte TTG
C12 _γ 4i	Granitoides de quimismo indiscriminado
cm	Centímetro
Da	Homogênea ou diferencial aguçado
Dc	Homogênea ou diferencial convexo
DEa	Homogênea ou diferencial estrutural aguçado
Dt	Homogênea ou diferencial tabular
J3bs	Brejo Santo
J3m	Missão Velha
K1s	Santana
K2e	Exu
km	Quilômetro
LAd	Latossolo Amarelo distrófico
LVA _d	Latossolo Vermelho-amarelo distrófico
m	Metro
mm	Milímetro
NP3 _γ 2it19	Suíte intrusiva Itaporanga - Plúton Campos Sales-Açaré
NP3st	Santana dos Garrotes
NQc	Depósitos colúvio-eluviais
NVe	Nitossolo Vermelho eutrófico
°C	Graus Celsius
Pgi	Pediplano degradado inumado
PP2i	Itaizinho
PP4 _γ s	Suíte Serra do Deserto
PP4og	Grupo Orós
PP4og	Grupo Orós - Unidade Gnáissica
Pri	Pediplano retocado inumado
PVe	Argissolo Vermelho eutrófico
Q2a	Depósitos aluvionares
RLe	Neossolo Litólico eutrófico

RYve	Neossolo Flúvico TA eutrófico
Sm	Mauriti
VXo	Vertissolo Háplico órtico
XX	Vinte

LISTA DE ABREVIATURAS

AIPT	Ano Internacional do Planeta Terra
APL	Arranjo Produtivo Local
CE	Ceará
Cetem	Centro de Tecnologia Mineral
Codece	Companhia de Desenvolvimento do Estado do Ceará
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IG	Índice de Geodiversidade
IPECE	Instituto de Pesquisas do Ceará
IUGS	<i>International Union of Geological Science</i>
LPU	Laboratório de Paleontologia da URCA
mEa	Massa Equatorial Atlântica
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
NE	Nordeste
RGG	Rede Global de Geoparques
RSNC	<i>Royal Society for Nature Conservation</i>
SAD	<i>Sul American Datum</i>
SDLRCE	Secretaria Estadual do Desenvolvimento Local e Regional do Ceará
SIG	Sistema de Informação Geográfica

UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
URCA	Universidade Regional do Cariri
WNW	Oeste – Noroeste
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	21
1.1 Introdução	21
1.2 Objetivos	22
1.2.1 Objetivo Geral	22
1.2.2 Objetivos Específicos	22
1.3 Revisão da Literatura	23
1.3.1 Origem do termo Geodiversidade e sua relação com a Biodiversidade	23
1.3.2 Geodiversidade, Geoconservação, Geoparque, Geossítios e Patrimônio Geológico	25
1.3.3 Avaliação da Geodiversidade	28
CAPÍTULO 2 – Caracterização Regional	31
2.1 Biodiversidade	31
2.2 Contexto Geológico	32
2.2.1 Sequência Beta	34
2.2.2 Sequência Pré-Rifte	35
2.2.3 Sequência Sin-Rifte	35
2.2.4 Sequência Pós-Rifte	35
2.2.5 Geodiversidade Geológica e de Recursos Minerais	36
2.3 Geossítios do Geopark Araripe	39
2.3.1 Colina do Horto	40
2.3.2 Cachoeira de Missão Velha	40
2.3.3 Floresta Petrificada do Cariri	40
2.3.4 Riacho do Meio	41
2.3.5 Ponte de Pedra	41
2.3.6 Pontal da Santa Cruz	42
2.3.7 Batateiras	42
2.3.8 Pedra Cariri	42
2.3.9 Parque dos Pterossauros	43
2.4 Paleontologia Regional	43
2.4.1 Geodiversidade Paleontológica	44
2.5 Contexto Geomorfológico Regional	46
2.5.1 Aspectos Climáticos	47

2.5.2 Relevo	49
2.5.2.1 Chapada do Araripe	50
2.5.2.2 Depressão Sedimentar	51
2.5.2.3 Depressão Sertaneja.....	51
2.5.3 Hidrografia.....	52
2.5.4 Geodiversidade Geomorfológica	54
2.6 Caracterização dos Solos.....	55
2.6.1 Geodiversidade Pedológica.....	56
2.6.1.1 Latossolos.....	56
2.6.1.2 Nitossolos.....	57
2.6.1.3 Argissolos.....	57
2.6.1.4 Neossolos.....	57
2.6.1.5 Vertissolos.....	58
CAPÍTULO 3 – QUANTIFICAÇÃO DA GEODIVERSIDADE COMO ESTRATÉGIA DE GEOCONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO DA BIODIVERSIDADE NA REGIÃO DO CARIRI, CE.....	59
3.1 Resumo	59
3.2 Abstract.....	60
3.3 Introdução	61
3.3.1 Área de Estudo.....	63
3.4 Material e Métodos	64
3.4.1 Escala.....	65
3.4.2 Grade	65
3.4.3 Método para o Índice de Geodiversidade Individual.....	66
3.4.3.1 Geológico	66
3.4.3.2 Geomorfológico	66
3.4.3.3 Paleontológico	67
3.4.3.4 Pedológico.....	67
3.4.3.5 Recursos Minerais.....	68
3.4.4 Mapa do Índice de Geodiversidade	68
3.4.5 Análise Ambiental.....	68
3.5 Resultados	69
3.5.1 Geodiversidade Individual	69

3.5.1.1 Índice Geológico.....	69
3.5.1.2 Sub-índice Relevo	71
3.5.1.3 Sub-índice Hidrografia.....	73
3.5.1.4 Índice Geomorfológico.....	75
3.5.1.5 Índice Paleontológico	76
3.5.1.6 Índice Pedológico	78
3.5.1.7 Índice de Recursos Minerais	80
3.5.2 Índice de Geodiversidade.....	82
3.5.3 Geodiversidade nos Geossítios do Geopark Araripe	84
3.5.4 Análise Ambiental e a Geodiversidade.....	86
3.6 Discussão	94
3.7 Conclusão	100
3.8 Referências Bibliográficas	101
CAPÍTULO 4.....	108
4.1 Discussão Geral e Conclusões	108
REFERÊNCIAS.....	110
APÊNDICE.....	117

CAPÍTULO 1

1.1 Introdução

O Índice de Geodiversidade (IG) é uma metodologia recente que tem sido aplicada para quantificar os componentes abióticos do meio ambiente. Sua importância tem relação com toda a Biodiversidade e manutenção do Patrimônio Geológico. O valor do Geopark Araripe é conhecido apenas em termos qualitativos. Uma análise quantitativa é importante para representar numericamente sua importância, tornando possível a identificação das áreas prioritárias para a Geoconservação.

Uma grande ameaça a Geodiversidade é a falsa impressão que se tem de que as rochas são resistentes, não necessitando de medidas de conservação e proteção, quando na verdade, elas são muito vulneráveis à ação do intemperismo e da humanidade. A maior parte das ameaças à Geodiversidade, advém, direta ou indiretamente, da ação humana. Sua subsistência, com os atuais padrões de vida de uma sociedade industrializada causa uma má utilização da Geodiversidade. O conhecimento dessa diversidade abiótica, leva a melhor identificar as aptidões e restrições do uso de uma área, bem como os impactos advindos de sua exploração inadequada. Além disso, ampliam-se as possibilidades de melhor conhecer os recursos minerais, os riscos geológicos e as paisagens inerentes ao desenvolvimento da Biodiversidade.

Neste trabalho, foram quantificadas as áreas que possuem maior Geodiversidade nos municípios delimitados pelo Geopark Araripe, como também os locais mais vulneráveis à ação humana. Promover a conservação do Patrimônio Geológico aliado ao desenvolvimento sustentável é um dos principais objetivos do Geopark Araripe. Entender o papel do Geoparque na manutenção da Biodiversidade e dos georecursos é de extrema importância para garantir a preservação ambiental.

O mapeamento da Geodiversidade torna possível a visualização e análise de grandes áreas, o que seria dificilmente realizado sem o emprego de um sistema de informação geográfica com geoprocessamento de dados. Aqui, essa ferramenta possibilita uma análise que relaciona diferentes aspectos da Geodiversidade e os impactos antrópicos, fornecendo dados mais concisos para a manutenção da Biodiversidade.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar o levantamento da Geodiversidade dos municípios no Geopark Araripe, a fim de verificar seu potencial como agente na conservação dos ambientes que estão sendo preservados na área delimitada pelo parque.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ◆ Fazer um levantamento do acervo paleontológico depositado no Laboratório de Paleontologia da Universidade Regional do Cariri, Ceará (LPU-URCA);
- ◆ Marcar as coordenadas geográficas com uso do GPS (Sistema de Posicionamento Global) dos locais onde os fósseis, coletados pelo LPU, foram encontrados;
- ◆ Elaborar e compilar mapas geológicos, geomorfológicos, paleontológicos, pedológicos e de recursos minerais, dos municípios no Geopark Araripe, com uso de geoprocessamento de dados em mapas digitais;
- ◆ Quantificar a Geodiversidade dos Geossítios com base no cálculo do Índice de Geodiversidade (IG) em mapas geológico, geomorfológico, paleontológico, pedológico e de recursos minerais;

- ◆ Analisar a relação dos IG com os impactos causados pela ação humana por meio de imagens aéreas e mapa temático;
- ◆ Comparar as áreas do entorno com os Geossítios, a fim de identificar o potencial de conservação dos ambientes através do Geopark, com base no valor de Geodiversidade delimitado para cada área.

1.3 Revisão da Literatura

1.3.1 Origem do termo Geodiversidade e sua relação com a Biodiversidade

A conservação da natureza e dos recursos naturais é uma temática emergente no cenário mundial. Com o grande aumento populacional e o desenvolvimento tecnológico do século XX, essa temática atingiu maior evidência devido ao surgimento de danos ambientais e o comprometimento da qualidade de vida (BRILHA, 2005). Desde a Conferência do Rio (1992), quando foi adotada a Convenção da Diversidade Biológica, tem ocorrido uma grande produção de artigos científicos, livros e trabalhos envolvendo a comunidade científica mundial (NASCIMENTO; RUCHKYS; MANTESSO-NETO, 2008). A preocupação esteve em torno do elevado número de espécies, animais e vegetais que poderiam vir a se extinguir dentro de pouco tempo (NIETO, 2004).

Na Europa e Austrália, estudos referentes à Geodiversidade, Geoconservação e Geoparques começaram a ser discutidos na década de 90. O termo Geodiversidade surgiu por ocasião da Conferência de Malvern sobre Conservação Geológica e Paisagística, realizada em 1993 no Reino Unido (GRAY, 2004). Antes dessa conferência, os primeiros conceitos sobre a Geodiversidade eram introdutórios. Eberhard (1997) tratou como a diversidade natural entre aspectos geológicos, do relevo e dos solos. Somente em 2001, com a publicação do artigo “*Geodiversity Strategy*” por Stanley (2001), afirmando que a Biodiversidade faz parte da Geodiversidade, a *Royal Society for Nature Conservation* (RSNC) do Reino

Unido passou a adotar o termo, aumentando sua divulgação (LOPES; ARAÚJO, 2011).

A partir de 2004, vários eventos científicos brasileiros que tratam desta temática ocorreram, demonstrando o alcance do tema Geoconservação no cenário brasileiro. Foi sugerido por Gray (2004) o planejamento territorial como instrumento para a Geoconservação, sendo considerado como uma nova aplicação para o estudo da Geodiversidade. Erikstad e Bakkestuen (2004) ressaltaram que a Geodiversidade desempenha um papel importante na dinâmica da diversidade do ecossistema de um determinado local, bem como na quantidade de nutrientes e condições hidrológicas. Desse modo, questões relacionadas à diversidade abiótica de uma determinada região são postas em discussões, mostrando que a Geodiversidade e a Biodiversidade criam condições, também, para a sobrevivência do homem.

Com o surgimento da Rede Global de Geoparques em 2004, áreas com grande representatividade dos componentes abióticos receberam a chancela das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO). A preocupação girava em torno do desenvolvimento sustentável das comunidades locais com enfoque nas áreas de grande valor para a sociedade. Foram destacados e exemplificados alguns dos valores que podem ser atribuídos para a Geodiversidade (GRAY, 2005), além de serem ressaltadas também a importância desses parques voltados para áreas com grande valor abiótico como forma de conservar os georecursos (BRILHA, 2005).

Para Ruchkys (2007), no Brasil, ainda havia uma disparidade entre os componentes da natureza: a Biodiversidade e a Geodiversidade. Esse quadro refletia o fato do interesse às questões ambientais ainda serem recentes no campo das Ciências da Terra, não envolvidas com a proteção e conservação da Geodiversidade. Por outro lado, o ano de 2008 foi consagrado por organismos internacionais, como a UNESCO e a *International Union of Geological Sciences* (IUGS), como o Ano Internacional do Planeta Terra (AIPT), sob o tema "A importância das Ciências da Terra para o Desenvolvimento Sustentável da Sociedade". Foi lançado também no mesmo ano o primeiro livro descritivo sobre os

aspectos da Geodiversidade no Brasil por Silva (2008). Evidenciando o aumento da preocupação com os temas ligados à geologia ambiental.

A UNESCO declarou 2010 como Ano Internacional da Biodiversidade, demonstrando o alcance mundial da preocupação com as espécies como objeto privilegiado de ações, políticas e projetos especiais nos meios científicos e acadêmicos (RUCHKYS et al., 2013). Nessa perspectiva, a Geodiversidade é vista como o suporte de todos os sistemas terrestres e da Biodiversidade, sendo essencial conhecer e compreender o seu valor e o seu papel na dinâmica do Planeta e na vida dos organismos (RUCHKYS; MACHADO, 2012).

A Geodiversidade é como um alicerce para a evolução da vida ao longo das diferentes eras geológicas, de diferentes civilizações e da Biodiversidade que a utilizavam e dependiam dos georecursos para o seu desenvolvimento (NASCIMENTO; RUCHKYS; MANTESSO-NETO, 2008). Nessa perspectiva, tem havido um grande alcance mundial relacionado à conservação da Geodiversidade, com o surgimento de estratégias conceituais e medidas de proteção visando a definição dos valores abióticos e a avaliação qualitativa e quantitativa da Geodiversidade para o uso sustentável dos georecursos.

1.3.2 Geodiversidade, Geoconservação, Geoparque, Geossítios e Patrimônio Geológico

Vários autores têm tentado definir o termo Geodiversidade, enquanto alguns limitam o conceito ao conjunto de rochas, minerais e fósseis, outros utilizam uma abrangência maior, integrando também os seres vivos (BRILHA, 2005). Para Gray (2004), a Geodiversidade pode ser definida simplesmente como a área de distribuição natural (diversidade), geológica (rochas, minerais, fósseis), geomorfológica (forma de terras, processos físicos) e as características do solo. O conceito mais usual provém, no entanto, considera a Geodiversidade como a variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra (RSNC, 2009). A Biodiversidade é desta forma

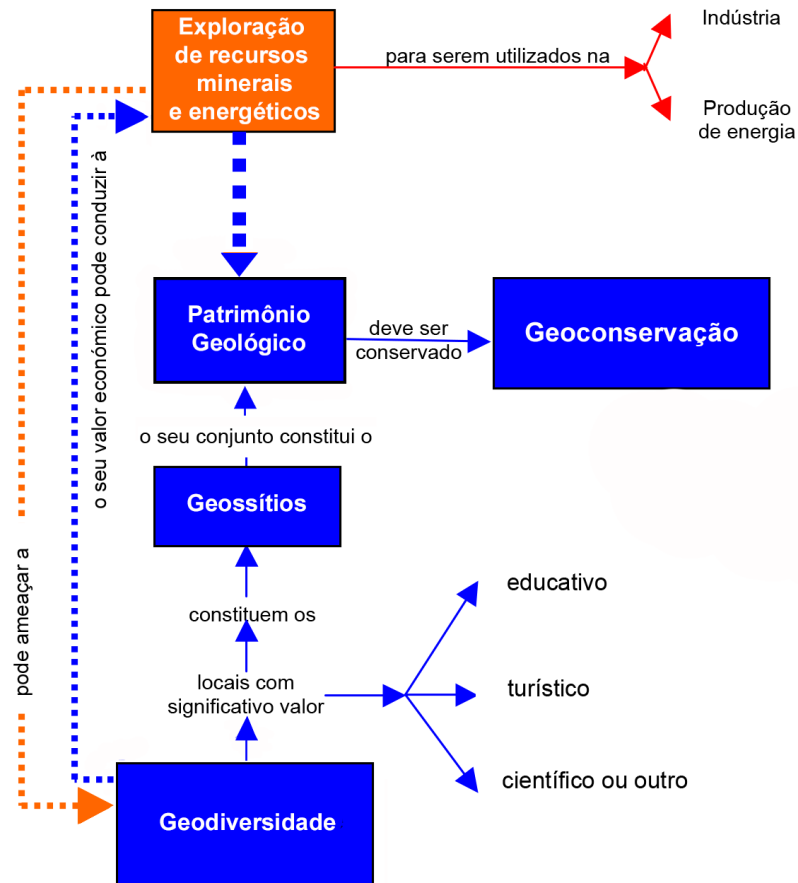
condicionada pela Geodiversidade, uma vez que os diferentes organismos apenas encontram condições de subsistência quando se reúne uma série de condições abióticas indispensáveis (GONÇALVES; MARTINS-LOUÇÃO; FREITAS, 2001).

Quando se trata de gerir e conservar especificamente os elementos geológicos de relevância ou cujos valores estão acima da média, o processo designa-se por Geoconservação. Este consiste em um conjunto de técnicas e medidas que visam assegurar a conservação do Patrimônio Geológico e da Geodiversidade, baseadas na análise dos seus valores intrínsecos, vulnerabilidade e perigos de degradação (CARCAVILLA URQUI; LÓPEZ MARTÍNEZ; DURÁN VALSERO, 2007). Segundo Sharples (2002), a Geodiversidade está inerente a todos os componentes bióticos da natureza, logo um processo de conservação, só será bem realizado, se englobar a Biodiversidade e a Geodiversidade. A conservação integral da Geodiversidade é praticamente inviável, sendo de extrema importância definir um plano de conservação coerente levando em conta os aspectos mais relevantes de uma determinada região e os valores inseridos no contexto social das comunidades locais que dependem dos georecursos.

Importantes iniciativas surgiram no panorama mundial com o intuito de conservar o Patrimônio Geológico. Dentre elas destaca-se a criação dos Geoparques, definidos como um território bem delimitado e uma área que garanta o desenvolvimento social, cultural e ambientalmente sustentável das comunidades locais. Foram criados no ano de 2000, na Europa, e vem ganhando cada vez mais espaço no cenário mundial, visando a Conservação Geológica e Paisagística. Seu conceito no Brasil ainda é pouco conhecido e há uma tendência de o associarem com parques de motivos geológicos ou com unidades de conservação relacionadas a processos de desapropriação de terras (BRILHA, 2005).

Um Geoparque deve apresentar valores que mereçam ser conservados seja pelo aspecto geológico, paleontológico, cultural ou pela expressiva Biodiversidade e potencial turístico (UNESCO, 2010; SILVEIRA et al., 2012). O Patrimônio Geológico por apresentar grande riqueza de interesse econômico expõe os georecursos à degradação, tornando a Geoconservação uma medida para minimizar possíveis danos à Geodiversidade dos Geossítios (ARAÚJO, 2005) (**Fig. 1.1**).

Figura 1.1 - Representação esquemática da relação dos conceitos de Geodiversidade, Geossítios, Patrimônio Geológico e Geoconservação.



Fonte: Modificado de Araújo (2005).

Para o reconhecimento do Patrimônio Geológico, destaca-se a Rede Global de Geoparques sob os auspícios da UNESCO, a qual tem ganhado repercussão e adesão em vários países. Fundada em 2004, encontram-se praticamente em todos os continentes, alcançando atualmente o número de 120 Geoparques em 33 Estados membros, segundo a Rede Global de Geoparks (RGG, 2016). O primeiro Geoparque do continente americano e único no Brasil foi criado em 2006: o Geopark Araripe (BRILHA, 2005).

Os critérios utilizados, segundo Cumbe (2007), para a seleção dos Geossítios são: representatividade; ser singular ou único; possibilidade e aptidão para correlação; disponibilidade e potencialidades para a realização de estudos

posteriores, reinterpretações, para a educação e cultura; complexidade e Geodiversidade. Para a criação do Geopark Araripe e seu reconhecimento pela UNESCO foram identificados valores geológico, paleontológico, biológico, arqueológico e diversas manifestações culturais típicas da região (BRILHA, 2005). O motivo principal para a criação deste patrimônio mundial foi a Bacia Sedimentar do Araripe, com suas formações geológicas que, em sua maioria, possuem fósseis singulares e a Floresta Nacional do Araripe, reconhecida mundialmente por sua Biodiversidade exuberante (LIMA et al., 2013).

Os fatores ambientais que modelam o substrato para o desenvolvimento da biota são diretamente influenciados pela geologia e geomorfologia do terreno (LARWOOD; MURPHY, 2004). A Geoconservação do Patrimônio Geológico é necessária para a manutenção da qualidade de vida animal e vegetal com uso sustentável dos georecursos. Com isso são importantes estudos sobre o levantamento da Geodiversidade das áreas ambientais que apresentam grande valor para a sociedade.

Os dados do meio ambiente podem ser acessados e melhor planejados quando se reúne uma série de informações com dados espaciais. A análise de um território por meio do sistema de informação geográfica (SIG), permite a manipulação dos atributos mais expressivos de uma área e a representação do seu espaço geográfico em mapas digitais. Um SIG pode ser utilizado em estudos referentes ao meio ambiente e seus recursos naturais, utilizando informações georreferenciadas como forma de representar um modelo do mundo real com dimensão física e localização espacial (BURROUGH, 1986). Assim, um plano de Geoconservação pode utilizar esses dados como forma de gerenciar, manipular e analisar as características ambientais do espaço (ARONOFF, 1989) para implementação de medidas para o uso sustentável dos georecursos.

1.3.3 Avaliação da Geodiversidade

Na necessidade de avaliar a riqueza da Geodiversidade duas alternativas estão sendo empregadas. A primeira é baseada na identificação e caracterização do

Patrimônio Geológico (ENGERING; BARRON, 2007). No entanto, outros autores adotaram uma forma de avaliação que considera a quantificação de vários aspectos abióticos da Geodiversidade (CARCAVILLA URQUI; LÓPEZ MARTÍNEZ; DURÁN VALSERO, 2007; SERRANO e RUIZ-FLAÑO, 2007).

Os primeiros autores a empregar o método quantitativo para avaliar a Geodiversidade, foram Burnett et al. (1998) e Nichols, Killingbeck e August (1998), baseado no cálculo do índice diversidade de Shannon-Weaver, empregado também na avaliação da Biodiversidade (SHANNON; WEAVER, 1963). A intenção desses estudos foram aplicações de cálculos para relacionar os índices de Biodiversidade com a Geodiversidade. Encontraram uma equivalência entre lugares com variedades geomorfológicas e a Biodiversidade. Jacková e Romportl (2008), alcançaram conclusões semelhantes e admitiram algumas limitações no método de avaliação para a Geodiversidade.

A quantificação dos elementos abióticos do meio ambiente com um conceito mais abrangente da Geodiversidade tem sido aplicada por Xavier-da-Silva (2004). Este autor ressalta a importância do IG como indicador da Biodiversidade, devido à forte atração entre eles. Inclui também nos seus cálculos as variáveis dos tipos de usos antrópicos sobre a Geodiversidade.

Carcavilla Urqui, López Martínez e Durán Valsero (2007) analisaram os valores intrínsecos, as potencialidades de uso e risco de degradação dos elementos que compõem o Patrimônio Geológico. Propuseram um método de avaliação da Geodiversidade baseado na presença, abundância e distribuição de classes geológicas diferenciadas. Foram utilizados critérios litológicos, cronoestratigráficos e geomorfológicos. Abordaram também a relação da Geodiversidade com a Biodiversidade e o Patrimônio Geológico.

Na tentativa de concentrar a avaliação em aspectos do relevo, Kozłowski (2004) utilizou a geomorfologia para quantificar a Geodiversidade da Polônia organizando os valores em 5 classes. Serrano e Ruiz-Flaño (2007) e Serrano, Ruiz-Flaño e Arroyo (2009) também sugeriram um IG para relacionar a variedade de elementos físicos (aspectos geomorfológicos, hidrológicos, solos) com a rugosidade da superfície. Criaram por meio de uma fórmula cinco valores para classificar a Geodiversidade que vão de muito baixo a muito alto. Argumentaram que a utilização

deste índice permite a fácil comparação das unidades e auxilia na gestão de áreas protegidas. No entanto, a determinação de coeficientes de rugosidade não é compatível com a avaliação da Geodiversidade em grandes áreas.

Para avaliação da Geodiversidade Benito-Calvo et al. (2009) utilizou um processo de classificação baseado em mapas morfométricos, morfoclimáticos e geológicos para a Península Ibérica. Encontrou uma estreita relação entre os valores do Índice Geológico e Geomorfológico. Concluíram que os maiores valores de diversidade da Península Ibérica estão relacionados com as colisões que reativaram as cadeias do maciço Pré-cambriano. Em contraste, regiões associadas pela cobertura sedimentar e caracterizadas por extensas superfícies de aplanamento apresentaram valores mais baixos. A menor Geodiversidade esteve relacionada com nenhuma ou pouca deformação tectônica significativa.

Os primeiros autores a utilizar um método baseado em um sistema de grades no mapeamento foram Hjort e Luoto (2010). Usaram recursos da geologia, geomorfologia e hidrologia para avaliar a Geodiversidade no norte da Finlândia. Concluíram que o seu método era adequado tanto para o mapeamento quanto para a quantificação da Geodiversidade. Ressaltaram sua importância para a avaliação da Geodiversidade ambiental e também da relação Geodiversidade-Biodiversidade.

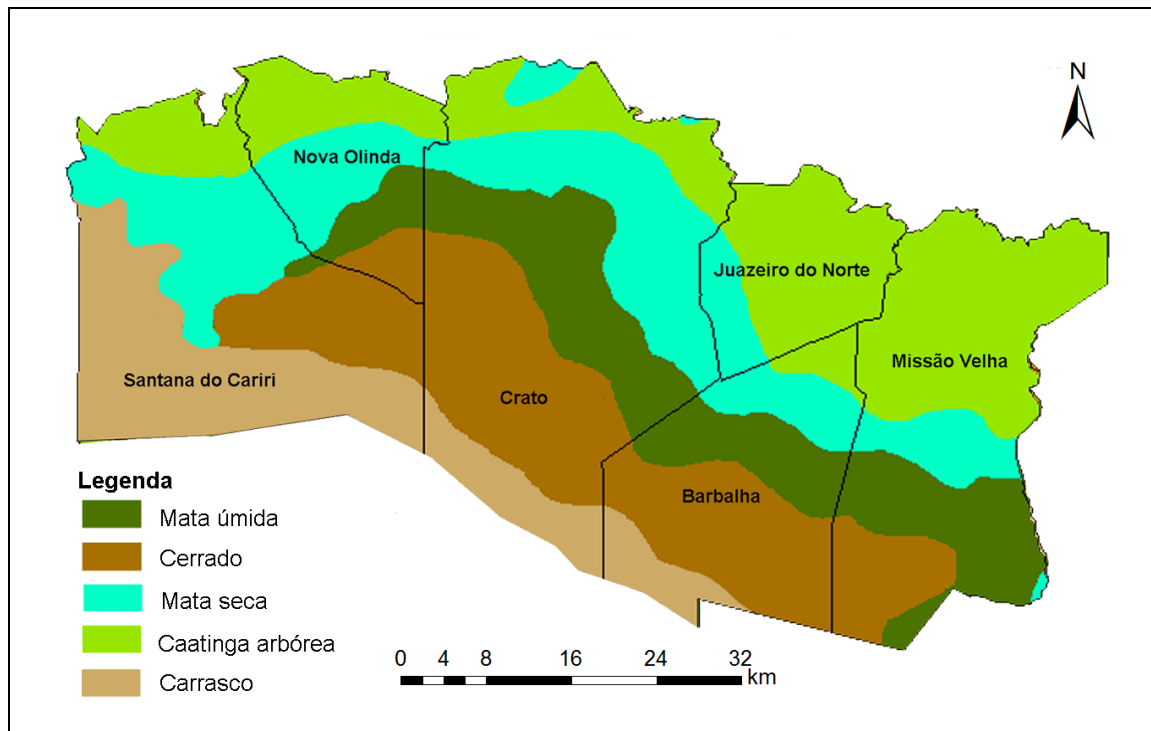
No entanto, a aplicação do cálculo para o IG envolvendo todos os elementos da Geodiversidade foram desenvolvidos por Pereira et al. (2013) fornecendo um primeiro conjunto de propostas para um método de avaliação mais abrangente. Foram atribuídas pontuações numéricas para a Geodiversidade dos aspectos geológicos, geomorfológicos, paleontológicos, solos e dos recursos hídricos, também delimitados por uma grade em mapas. Alguns estudos foram e estão sendo realizados seguindo essa metodologia, como os trabalhos desenvolvidos, por exemplo, por Silva et al. (2013) e Silva, Rodrigues e Pereira (2014) para bacia do Rio Xingu, Arruda e Barreto (2015), para a cidade de Araripina em Pernambuco, Ferreira (2014) para os municípios de Pernambuco, Silva e Barreto (2014) para a Amazônia legal maranhense e Melleli (2014) em uma área protegida na Itália.

CAPÍTULO 2 – Caracterização Regional

2.1 Biodiversidade

A vegetação dos municípios no Geopark Araripe é constituída por cinco unidades fitoecológicas: Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular (Mata Úmida), Floresta Subcaducifólia Tropical Xeromorfa (Cerradão), Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Mata Seca), Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea) e Carrasco (IPECE, 2016) (**Fig. 2.1**). No levantamento florístico, foram encontradas 44 famílias, com 108 espécies. Os maiores valores de densidade relativa foram representados pelas espécies: pequi (*Caryocar coriaceum*), muricis (*Byrsonima spp.*), visgueiro (*Parkia platycephala*), pau-d'óleo (*Copaifera langsdorffii*), caraíba (*Tabebuia caraiba*) e gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*) (ICMBIO, 2004).

Figura 2.1 - Unidades fitoecológicas dos municípios no Geopark Araripe.



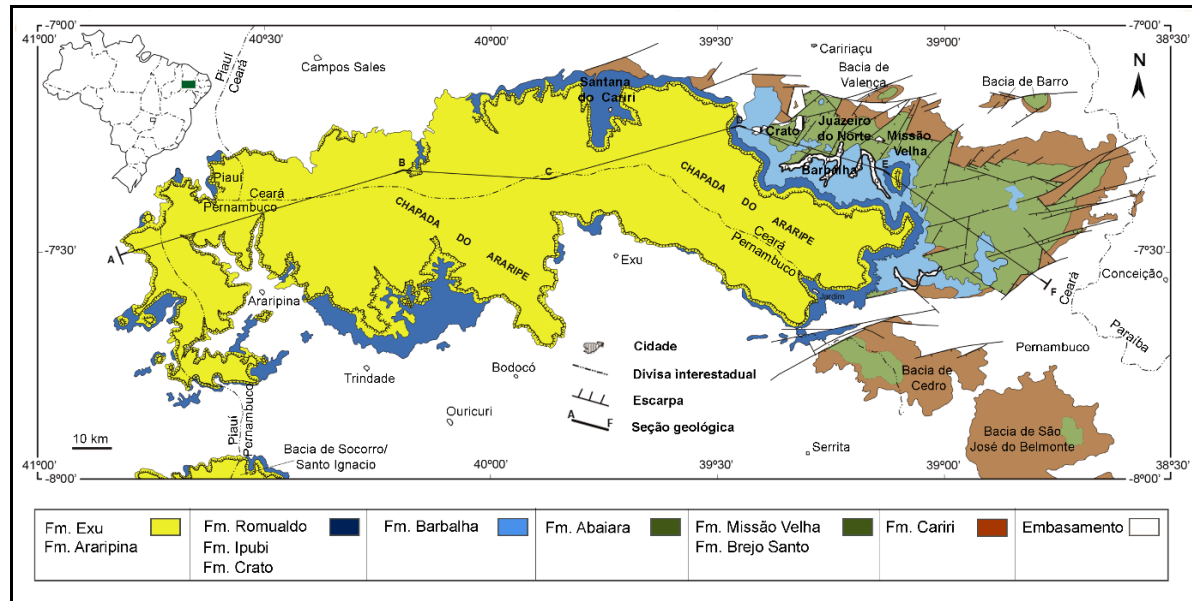
Fonte: Modificado de IPECE (2016).

Sua fauna está representada por centenas de espécies pertencentes ao grupo dos mamíferos, répteis, aves, anfíbios e artrópodes. Com 35 espécies de mamíferos, das quais 7 estão em perigo de extinção, dentre elas a onça parda *Puma concolor greeni*. Existem ainda 193 espécies de aves, das quais 11 estão ameaçadas de extinção e 1 espécie, o soldadinho-do-araripe (*Antilophia bokermanni*), um pássaro endêmico da Chapada do Araripe e símbolo de luta na conservação de espécies em risco de extinção (MACHADO; DRUMMOND; PAGLIA, 2008). Na fauna herpetológica, são registradas 5 famílias de serpentes (contendo 27 espécies), 8 famílias de lagartos (apresentando 20 espécies) e 3 famílias de anfíbios (incluindo 12 espécies) (ICMBIO, 2004).

2.2 Contexto Geológico

A Bacia do Araripe situa-se sobre o embasamento Pré-cambriano da Zona Transversal da Província Borborema e ao sul da Zona de Cisalhamento de Patos (BRITO NEVES, 1990; SANTOS; NUTMAN; BRITO NEVES, 2004). Estende-se até os estados do Ceará, Piauí e Pernambuco, ocupando uma área de aproximadamente 12.000 km² (SARAIVA et al., 2007). Situa-se entre os meridianos 38° 30' e 40° 50' de longitude oeste e os paralelos 7° 05' e 7° 50' de latitude sul (**Fig. 2.2**) (VIANA; NEUMANN, 2002).

Figura 2.2 - Mapa Geológico da Bacia Sedimentar do Araripe.



. **Fonte:** Modificado de Assine (2007).

Foi dividida em duas sub-bacias pré-Aptianas menores por Assine (2007), denominadas Feira Nova e Cariri, caracterizadas por falhas na direção NE E WNW. As falhas estruturais limitam esta Bacia, ao Norte pelo Lineamento da Paraíba, a noroeste pela falha de Farias Brito, ao sul pela falha de Sítio dos Moreiras e a leste pela falha de Conceição (RAND; MANSO, 1984; CASTRO; CASTELO-BRANCO, 1999). A Bacia Sedimentar do Araripe é considerada a mais extensa das bacias intracratônicas do Nordeste, possuindo uma alta complexidade geológica (ASSINE, 2007).

A fragmentação do supercontinente Gondwana e a abertura do Oceano Atlântico Sul, originaram a Bacia do Araripe, proporcionando sua evolução através de rupturas causadas por eventos tectônicos (ASSINE, 2007). Os ciclos de deposição da Bacia estão associados aos mecanismos tectônicos de separação dos continentes da margem atlântica. Comporta quatro sequências deposicionais: a sequência Beta; Pré-Rifte, estágio anterior à separação dos continentes; Sin-Rifte, estágio simultâneo a fragmentação dos blocos continentais e Pós-Rifte, estágio posterior à fragmentação (CARVALHO; SANTOS, 2005). A Chapada do Araripe é uma unidade morfoescultural que possui aproximadamente 180 km de comprimento na direção leste-oeste e largura variável entre 30 e 50 km (**Fig. 2.3**) (ASSINE, 2007).

Figura 2.3 - Estratigrafia da Bacia do Araripe.

MESOZOICO	CRETÁCEO	ALBIANO/ CENOMANIANO		SEQUÊNCIA PÓS RIFTE	GRUPO ARARIPE	Fm. EXU Fm. ARARIPINA
		APTIANO	ANDAR ALA- GOAS		GRUPO SANTANA	Fm. ROMUALDO Fm. IPUBI Fm. CRATO Fm. BARBALHA
		DISCORDÂNCIA PRÉ APTIANA				
			ANDAR RIO DA SERRA	SEQUÊNCIA SIN RIFTE		Fm. ABAIARA
	JURÁSSICO	ANDAR DOM JOÃO		SEQUÊNCIA PRÉ RIFTE	GRUPO VALE DO CARIRI	Fm. MISSÃO VELHA Fm. BREJO SANTO
	DISCORDÂNCIA PRÉ MESOZOICA					
PALEOZOICO		SILURIANO?		SEQUÊNCIA BETA		Fm. CARIRI
	DISCORDÂNCIA PRÉ FANEROZOICA					
PRÉ CAMBRIANO			+	+	+	+
			EMBASAMENTO CRISTALINO			

Fonte: Modificado de Neumann, *no prelo*.

2.2.1 Sequência Beta

A sequência beta é constituída por uma única litoestratigrafia, a Formação Cariri ou Formação Mauriti. É representada por arenitos médios a grossos com grãos angulares e subangulares, interpretados como fácies de sistemas fluviais entrelaçados, sendo constante o padrão de paleocorrentes na Formação. É considerada a camada mais basal a apresentar registros fósseis, de idade Paleozoica (BRAUN,1966), entre o Ordoviciano e o Siluriano (ASSINE, 1992; PONTE; PONTE FILHO, 1996).

2.2.2 Sequência Pré-Rifte

É composta por duas unidades litoestratigráfica: Formações Brejo Santo, mais basal e Missão Velha. A primeira é composta por sedimentos pelíticos de cor avermelhada a marrom, com algumas margas verdes, constituindo a primeira fase lacustre da bacia (GASPARY; ANJOS, 1964). Enquanto a Formação Missão Velha é constituída por intercalações de sedimentos compostos de arenitos argilosos com siltitos e folhelhos (VALENÇA; NEUMANN; MABESOONE, 2003). Ambas as Formações foram situadas cronoestratigraficamente por Gaspary e Anjos (1964) no Jurássico Superior.

2.2.3 Sequência Sin-Rifte

A Formação Abaiara foi depositada durante o Cretáceo Inferior, sendo litologicamente composta por arenitos finos na base e na porção superior constituída por folhelhos sílticos, siltitos vermelhos bem selecionados, com estratificações cruzadas e marcas onduladas, intercalados por folhelhos com níveis conglomeráticos (ASSINE, 2007). Representa a parte superior da primeira fase lacustre da sequência Sin-Rifte, sendo interpretada como resultado de depósito de deltas (VALENÇA; NEUMANN; MABESOONE, 2003).

2.2.4 Sequência Pós-Rifte

É separada em Pós-Rifte inferior, de idade Aptiano-Albiana, constituída pelas formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo e Pós-Rifte superior, de idade Albiano-Cenomaniana, caracterizada pelas Formações Araripina e Exu. A Formação Barbalha equivalente à Formação Rio da Batateira e é constituída por arenitos finos de coloração amarelada a cinza, arenitos friáveis e micáceos com intercalações de folhelhos acinzentados (NEUMANN; CABRERA, 1999).

O Grupo Santana é representado pelas Formações Crato, Ipubi e Romualdo que são consideradas as mais fossilíferas da região. A Formação Crato constitui a

sequência lacustre Aptiano-Albiana da fase Pós-Rifte da Bacia do Araripe (NEUMANN et al., 2002). É composta por calcários laminados e micríticos com coloração creme e cinza (MABESOONE; TINOCO, 1973). A Formação Ipubi é composta por camadas de evaporitos que são explorados para a extração de gipsita (SARAIVA et al., 2007), intercalados por folhelhos escuros, representando a fácies evaporítica do sistema lacustre Aptiano-Albiano da bacia. A Formação Romualdo apresenta um perfil de rochas com margas fossilíferas e intercalações de níveis de calcários, gipsitas e até arenitos friáveis (NEUMANN; CABRERA, 1999). Apresentam concreções carbonáticas, com formatos diferenciados desde esféricos e discoides até irregulares (SARAIVA et al., 2007).

A Formação Araripina é composta por lamitos e arenitos finos de colorações avermelhadas, amareladas e roxeadas. Sua sedimentação é composta por estratificações cruzadas, estruturas de fluidização e marcas de ondas (NEUMANN; CABRERA, 1999), além de evidências de tectonismo sindeposicional (ASSINE, 2007). A Formação Exu é representada por uma sucessão de argila e arenito friável de diversas granulometrias, com a presença de estratificações cruzadas (VALENÇA; NEUMANN; MABESOONE, 2003). O ambiente deposicional sugerido para a Formação Exu é do tipo fluvial torrencial (VALENÇA, 1987).

2.2.5 Geodiversidade Geológica e de Recursos Minerais

Para a área de estudo foram encontradas 15 Formações/Grupos/Complexos, com destaque para o Grupo Santana e as Formações Missão Velha, Mauriti, Brejo Santo e Exu que estão sintetizadas na **Tab. 2.1** com suas respectivas unidades litológicas. É composta por Coberturas Sedimentares e pelo Embasamento Pré-Cambriano.

Tabela 2.1 - Geodiversidade geológica para a área delimitada pelo Geopark Araripe.

Sigla	Formações/Grupos/Complexos	Litologia
NQc	Depósitos colúvio-eluviais	Areia, Argila, Cascalho
PP4og	Grupo Orós	Milonito, Gnaiss, Metacalcário, Gnaiss aluminoso, Metavulcânica
J3m	Missão Velha	Arenito, Siltito
Sm	Mauriti	Arenito, Conglomerado
NP3st	Santana dos Garrotes	Metarritmito, Metagrauvaca, Metavulcânica
J3bs	Brejo Santo	Siltito, Argilito, Marga, Calcário
C12γ4i	Granitóides de quimismo indiscriminado	Granito, Granodiorito, Monzonito, Sienito, Leucogranito
PP4γs	Suíte Serra do Deserto	Granito, Granodiorito
PP2i	Itaizinho	Migmatito, Ortognaiss
K1s	Santana	Calcário, Folhelho, Argilito, Marga, Evaporito
Q2a	Depósitos aluvionares	Areia, Cascalho
K2e	Exu	Arenito
A4γg	Granjeiro, suíte TTG	Metagranodiorito, Metatonalito
NP3γ2it19	Suíte intrusiva Itaporanga - Plúton Campos Sales-Açaré	Granito, Granodiorito, Diorito
PP4og	Grupo Orós - Unidade Gnáissica	Milonito, Gnaiss, Metacalcário, Gnaiss aluminoso, Metavulcânica

Fonte: Banco de dados da CPRM (2015).

Foram identificados 12 tipos de recursos minerais com variadas utilidades na área dos municípios no Geopark Araripe. A quantidade de empresas exploradoras

de mineração nesta região é bastante elevada alcançando o número de 164 (**Tab. 2.2**).

Tabela 2.2 - Relação dos Recursos minerais, suas aplicações e a quantidade de empresas que operam na região.

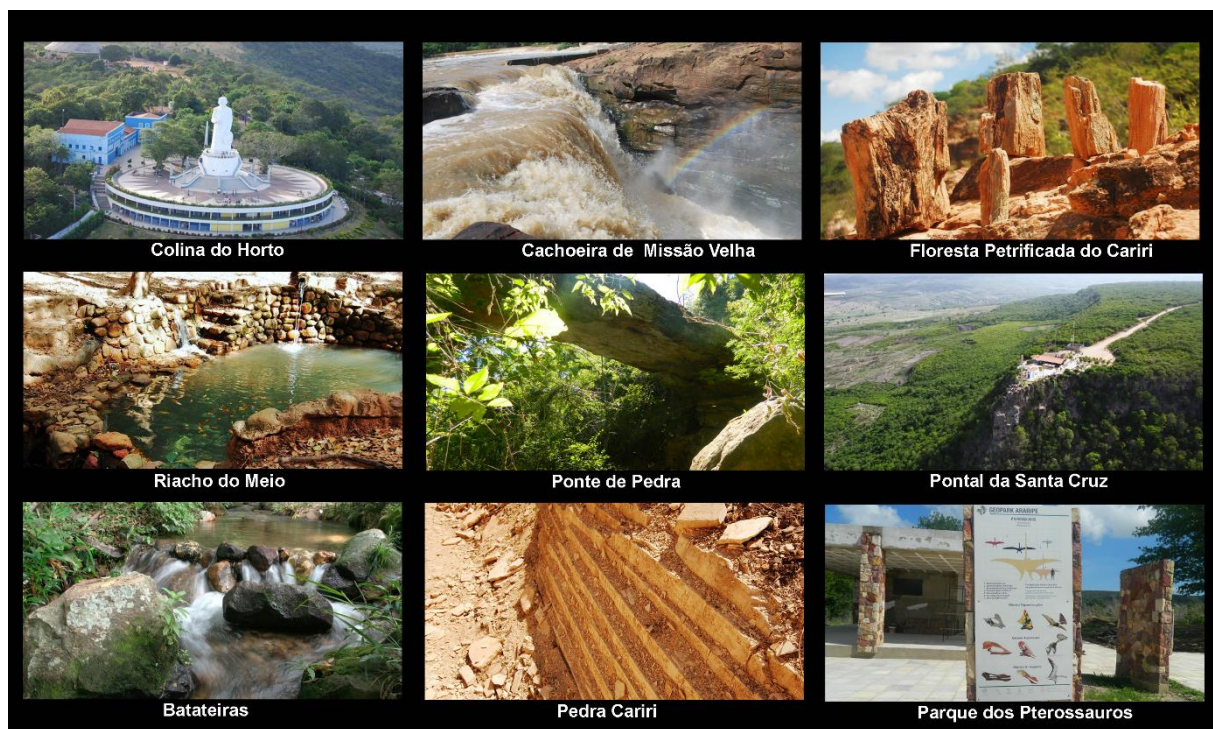
Recursos minerais	Uso	Qt. de empresas
Areia	Construção civil	35
Arenito	Construção civil	5
Argila	Cerâmica vermelha	45
Calcário	Brita	29
Calcário calcítico	Fabricação de cimento	
Calcário dolomítico	Fabricação de cal	
Calcário industrial	Não informado	
Cascalho	Construção civil	2
Fosfato	Fertilizantes	9
Gipsita	Industrial	6
Granito	Revestimento	13
Granito para brita	Brita	
Minério de cobre	Industrial	9
Minério de ouro	Industrial	1
Saibro	Construção civil	1
Água mineral	Engarrafamento	9

Fonte: Banco de dados da CPRM (2015).

2.3 Geossítios do Geopark Araripe

Os Geossítios apresentam áreas de grande valor geológico, caracterizando diferentes períodos da evolução histórica da Bacia Sedimentar do Araripe. Pedra Cariri, Parque dos Pterossauros, Batateiras e Floresta Petrificada do Cariri apresentam grande valor científico-paleontológico reconhecido mundialmente pela forma e quantidade de fósseis encontrados. No entanto, os Geossítios Colina do Horto, Cachoeira de Missão, Riacho do Meio e Ponte de Pedra apresentam pequeno ou nenhum valor Paleontológico (HERZOG; SALES; HILLMER, 2008). No entanto, outros valores como o cultural, didático, estético, biológico e funcional são evidenciados em todos os Geossítios fornecendo uma grande relevância para a sociedade (MOCHIUTTI et al., 2012) (**Fig. 2.4**).

Figura 2.4 - Geossítios do Geopark Araripe.



Fonte: Modificado de Geopark Araripe (2015).

2.3.1 Colina do Horto

Está localizado a 3 km do município de Juazeiro do Norte, no ponto mais alto da cidade a aproximadamente 550 m de altitude, nas coordenadas 07° 10' 47" de latitude sul e 39° 19' 20" de longitude oeste. A colina é sustentada por rochas do embasamento cristalino da Bacia Sedimentar do Araripe, compostas por granitos e dioritos, além de rochas metamórficas e arenitos da Formação Cariri/Mauriti (ARAI, 2006; ASSINE, 2007). Possui grande valor cultural, marcado pela religiosidade dedicada a estátua do Padre Cícero. O valor didático também pode ser destacado por apresentar rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, além de sua topografia elevada (MOCHIUTTI et al., 2012).

2.3.2 Cachoeira de Missão Velha

Situado a 3 km da cidade de Missão Velha, dentro dos limites do Parque Natural Municipal Cachoeira de Missão Velha, nas coordenadas 07° 13' 21" de latitude sul e 39° 08' 37" de longitude oeste. Neste ponto afloram os arenitos da Formação Cariri/Mauriti. A cachoeira formada pela ação das águas do Rio Salgado, com aproximadamente 12 m de altura, confere um valor estético ao local, incentivando o geoturismo. É possível observar a presença de icnofósseis nos arenitos (FAMBRINI et al, 2012) conferindo à área valor científico-didático devido às questões paleoambientais e os processos erosivos fluviais.

2.3.3 Floresta Petrificada do Cariri

Está situado no Sítio Olho D'água Comprido, a 6 km da cidade de Missão Velha, nas coordenadas 07°15' 35" de latitude sul e 39° 04' 54" de longitude oeste. É composto por arenitos quartzosos feldspáticos ou caolínicos, por vezes conglomeráticos. Possuem troncos fósseis e fragmentos de madeira silicificada atribuídos à conífera *Dadoxylon benderi* (FREITAS; HESSEL; NOGUEIRA, 2008). A área desse Geossítio é bastante fragilizada seja pelo alto grau de visitação ou pela

dinâmica do terreno que é modificado constantemente devido ao arrasto do material para áreas mais rebaixadas. Possui grande valor científico e didático (MOCHIUTTI et al., 2012).

2.3.4 Riacho do Meio

O Geossítio está inserido no município de Barbalha, nos limites do Parque Ecológico Riacho do Meio, uma Unidade de Conservação Municipal, nas coordenadas 07° 21' 51" de latitude sul e 39° 19' 49" de longitude oeste. Por estar situado no sopé da Chapada do Araripe, a unidade litológica predominante refere-se a Formação Exu, composta por arenitos (ASSINE, 2007). Nesta região o valor funcional pode ser destacado devido à grande quantidade de nascentes que afloram na área. A grande presença de fontes naturais (Nascente do Meio, Olho d'Água Branca e Nascente da Pedra do Morcego) é devido à sua localização em declives da Chapada do Araripe. O desenvolvimento da Biodiversidade é bastante influenciado pelo clima ameno que predomina na região (MOCHIUTTI et al., 2012).

2.3.5 Ponte de Pedra

Localiza-se na margem direita da rodovia CE-292, no sentido Crato-Nova Olinda, nas coordenadas 07° 08' 53" de latitude sul e 39° 37' 41" de longitude oeste. Constitui uma ponte natural formada pela ação erosiva da água, permitindo a passagem sobre um vale seco, estreito e profundo, que apresenta uma densa vegetação. Desenvolveu-se em arenitos da Formação Exu. Neste Geossítio existem locais utilizados para prática de esportes de aventura e sítios arqueológicos com pinturas rupestres dos índios Kariris, que viviam na região por apresentar uma fonte de água natural (HERZOG; SALES; HILLMER, 2008). Os valores que podem ser destacados neste Geossítio são o didático, estético e cultural.

2.3.6 Pontal da Santa Cruz

Situado no município de Santana do Cariri, nas coordenadas 07° 12' 37" de latitude sul e 39° 44' 01" de longitude oeste. O local possui um mirante na borda da Chapada com aproximadamente 900 m de altitude, favorecendo uma vista panorâmica da região e da Chapada do Araripe, denotando um valor estético ao Geossítio. No local, formado pelos arenitos da Formação Exu, existe também uma capela e uma trilha marcadas por uma intensa religiosidade (HERZOG; SALES; HILLMER, 2008).

2.3.7 Batateiras

Localizado na cidade do Crato, o Geossítio Batateiras situa-se próximo ao Parque Estadual Sítio Fundão, localizado nas coordenadas 07° 14' 58" de latitude sul e 39° 27' 12" de longitude oeste. Esse parque abriga o Rio Batateiras que formam quedas d'água em decorrência dos desníveis nas rochas. Corresponde geologicamente à Formação Barbalha ricos em fósseis com laminações carbonáticas que preservam coprólitos, ostracodes, restos de peixes (*Dastilbe elongatus*) e fragmentos de vegetais carbonizados (ASSINE, 1992). Suas águas rasas e pouco oxigenadas favoreceriam a conservação da matéria orgânica formando petróleo e gás. É atribuído um valor científico, econômico e também funcional por se encontrar nas encostas da Chapada do Araripe, caracterizada como uma ilha de umidade e de florestas perenes (MAGALHÃES; OLIVEIRA, 2009).

2.3.8 Pedra Cariri

O Geossítio Pedra Cariri está localizado no município de Nova Olinda, na margem esquerda da rodovia que dá acesso à cidade de Santana do Cariri, na região de Pedra Branca, nas coordenadas 07° 07' 30" de latitude sul e 39° 41' 47" de longitude oeste. Possui como unidade geológica predominante o Membro Crato pertencente ao Grupo Santana. Sua litologia é formada por estratos de rocha

calcária, intercalados a folhelhos, siltitos e arenitos depositados no Cretáceo Inferior. Seu valor científico está apoiado à grande quantidade de unidades fossilíferas com uma biota altamente diversificada. Seus fósseis apresentam excelente preservação das informações, conservadas por processos de carbonização, piritização e limonitização (VIANA; NEUMANN, 2002). Apresentam também, um valor econômico, devido a existência de calcário laminado, conhecido como Pedra Cariri, utilizado na construção civil na fabricação de casas e como rochas ornamentais.

2.3.9 Parque dos Pterossauros

Está localizado no município de Santana do Cariri, no Sítio Canabrava, nas coordenadas 07° 10' 54" de latitude sul e 39° 43' 06" de longitude oeste. A Formação Romualdo é a unidade geológica predominante neste Geossítio, que constitui um dos principais sítios de achados fósseis. Nas concreções são preservados grande quantidade de macrofósseis preservados, muitas vezes, em formato tridimensional. O nome dado a esse Geossítio foi em decorrência da grande variedade de tamanhos e formas de pterossauros. Apesar disso, o grupo fóssil mais abundante nessa região são os peixes (KELLNER, 2002). Assim, o valor científico-didático é bastante marcante e reconhecido mundialmente.

2.4 Paleontologia Regional

A área do Geopark Araripe apresenta um registro fossilífero preservado num vasto intervalo temporal, com ênfase para aqueles do período Cretáceo. Estes são conhecidos mundialmente por sua grande Biodiversidade, proporcionada pelo paleoambiente que dominou o local entre 120 e 100 milhões de anos atrás (MARTILL, 2007). Do ponto de vista paleontológico, sua principal unidade litoestratigráfica é o Grupo Santana que engloba as Formações Romualdo, Crato e Ipubi. Essas são as unidades que apresentam maior destaque paleontológico por sua riqueza de detalhes e abundância de fósseis (CARVALHO; SANTOS, 2005).

Na Formação Romualdo ocorrem os registros fósseis em formatos tridimensionais, evidenciando, ainda, tecidos moles, como pele, músculos e vasos sanguíneos (KELLNER, 2002). Por apresentar uma continuidade lateral por toda a bacia, a origem do seu nível é possivelmente relacionada a um evento de mortandade em massa (FARA et al., 2005). Suas concreções carbonáticas constituem o nível mais fossilífero da estratigrafia da Bacia Sedimentar do Araripe (ASSINE, 1992; 2007; MABESOONE; TINOCO, 1973). Os afloramentos da Formação Romualdo estão localizados nas encostas da Chapada do Araripe, abaixo das camadas arenosas da Formação Araripina. Os fósseis preservados no centro das concreções calcárias da Formação Romualdo podem se apresentar não compactados e bem preservados, favorecendo a preservação de tecidos moles (KELLNER et al., 2002).

Nos calcários laminados da Formação Crato, são reconhecidas plantas, insetos, crustáceos, moluscos, quelônios, crocodilomorfos, pterossauros, peixes e diversos artrópodes (ver Martill, 2007 para uma revisão). Os peixes são os fósseis mais abundantes desta formação, principalmente os do gênero *Dastilbe* (VIANA; NEUMANN, 2002).

Na Formação Ipubi, além da importância dos depósitos de gipsita, também são preservados diversos tipos de fósseis em suas rochas escurecidas, como peixes, quelônios, icnofósseis e vegetais (OLIVEIRA et al., 2011). Dentre os espécimes fósseis já coletados, podem ser citados ainda ostracódes, conchostráceos, coprólitos, fragmentos de gimnospermas e pteridófitas (VIANA; CAVALCANTI, 1989).

A Formação Exu é considerada afossilífera e sua idade é postulada por meio da sua posição estratigráfica, calculada no Albiano para o início do Cenomaniano (VALENÇA; NEUMANN; MABESOONE, 2003).

2.4.1 Geodiversidade Paleontológica

Foram reconhecidos 6 pontos com achados fósseis, na área delimitada pelos municípios do Geopark Araripe. Esses dados foram utilizados em mapas para a determinação do valor do Índice Paleontológico. A origem geológica dos achados

fósseis é composta por 6 Formações: Crato, Romualdo, Ipubi, Brejo Santo, Missão Velha e Rio da Batateira. As Formações Crato e Romualdo, seguidas pela Formação Ipubi foram as que apresentaram as maiores quantidades de registros fósseis (**Tab. 2.3**).

Tabela 2.3 - Localização e quantificação dos grupos fossilíferos e sua origem geológica.

Localização	Grupos fósseis	Quantidade	Origem geológica	Coordenadas geográficas
Minas de Calcário Laminado	VEGETAL PEIXE ÂMBARES PLUMAS INSETOS ARACNÍDEOS	309	Formação Crato	07°07'23"S 39°41'51"W
Jamacaru Missão Velha	VEGETAL PEIXE CRUSTÁCEO MOLUSCOS	266	Formação Romualdo	07°25'18"S 39°07'23"W
Mina Pedra Branca	VEGETAL PEIXE	248	Formação Ipubi	07°07'58"S 39°43'11"W
Missão Velha	VEGETAL PEIXE	31	Formação Brejo Santo	07°15'52"S 39°07'15"W
Rio da Batateira	VEGETAL	3	Formação Rio da Batateira	07°14'01"S 39°26'30"W
Missão Velha	VEGETAL	3	Formação Missão Velha	07°35'40"S 39°08'17"W

Fonte: Elaborado pela autora.

Os fósseis analisados são compostos em sua maioria por animais vertebrados, representados pelos peixes, porém também foram registrados os

seguintes fósseis: vegetais; invertebrados, representados pelos Artrópodes (insetos, aracnídeos e crustáceos) e moluscos (gastrópodes e bivalves); vertebrados, com répteis (testudines e pterossauros), além de âmbar e pluma. Os registros paleontológicos que apresentam georreferência e foram analisados neste estudo, correspondem a 860 achados. Neste montante não foram contabilizados os fósseis provenientes de outras áreas, fora dos municípios estudados, ou aqueles que não apresentavam georreferenciamento (**Fig. 2.5**).

Figura 2.5 - Acervo fóssilífero do LPU composto por fósseis da Formação Romualdo, Ipubi, Crato e Brejo Santo. Escala: 4 cm.



Fonte: Elaborado pela autora.

2.5 Contexto Geomorfológico Regional

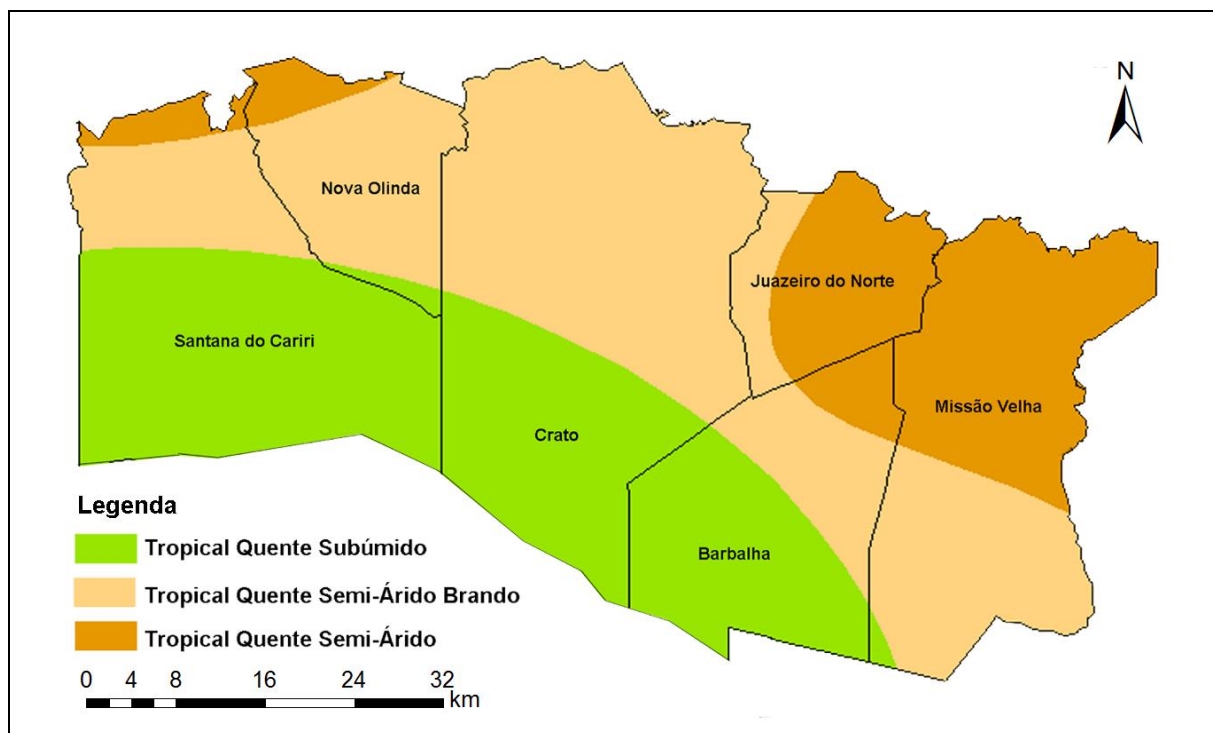
A paisagem geomorfológica pode ser definida como resultado da interação de diversos fatores do meio geológico, físico e biológico. A interação das variáveis

relevo, índice pluviométrico, solo, clima, hidrografia e o uso pelo homem, regulam a dinâmica dos processos geomorfológicos no meio ambiente. A erosão, o intemperismo e a deposição são exemplos de processos que modelam a superfície formando as feições geomorfológicas (DANTAS; COELHO NETTO, 1995).

2.5.1 Aspectos Climáticos

A região do nordeste brasileiro é caracterizada por fenômenos de seca. Contudo, no interior do Ceará, a região do Cariri é considerada um oásis no meio de um imenso espaço de semiaridez, apresentando um clima diferenciado de sertão com aspectos mais amenos. Apresenta oscilação da taxa e distribuição pluviométrica, com chuvas e secas concentradas em alguns meses. Na Chapada do Araripe, o clima é ameno e caracterizado como Tropical Subúmido. Nas demais áreas o clima é mais quente caracterizado como Tropical Semi-árido (**Fig. 2.6**) (IPECE, 2016).

Figura 2.6 - Distribuição do clima na região dos municípios no Geopark Araripe.

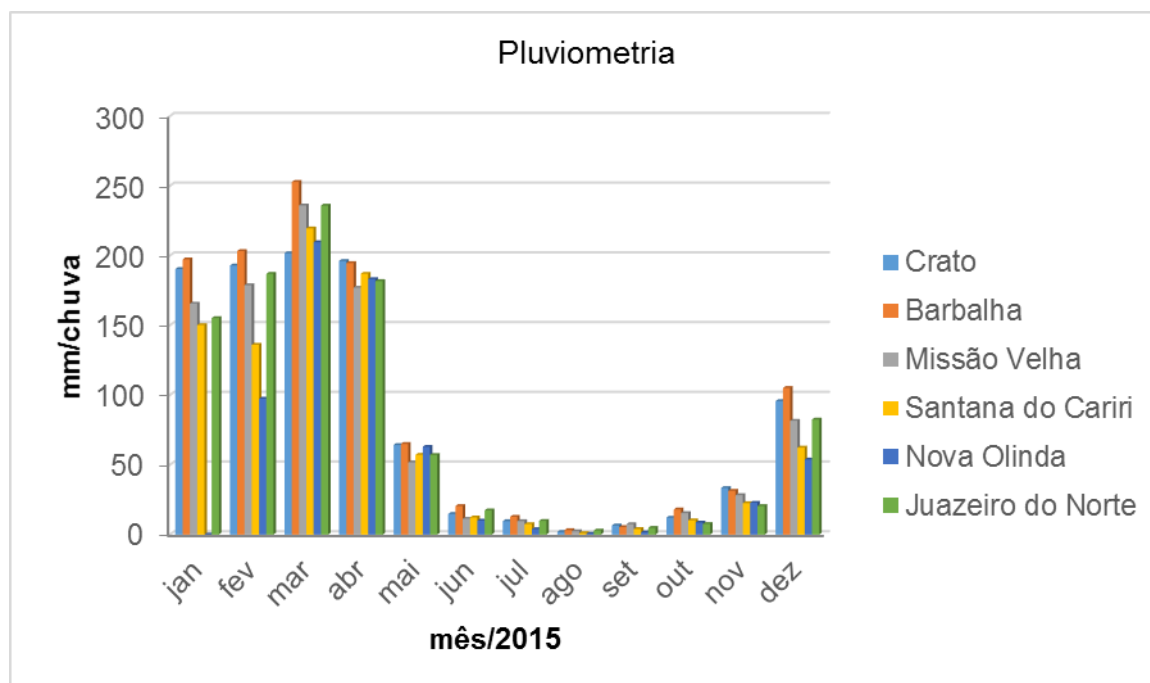


Fonte: Modificado de IPECE (2016).

A geomorfologia sofre influência direta do regime pluviométrico de estiagem prolongada e chuvas concentradas em poucos meses (4 a 6 meses), condição característica do Bioma Caatinga. Dois sistemas produtores de chuvas são destaque nesta região: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que promove intensa pluviosidade, causando enxurradas com alto potencial erosivo de escoamento laminar superficial e a Massa Equatorial Atlântica (mEa) que promove poucas chuvas nas áreas de sotavento do Planalto da Borborema (NIMER, 1989; FERREIRA; MELLO, 2005).

O regime pluviométrico alcança máxima de até 1200 mm anual. No levantamento da concentração de chuvas no ano de 2015, o índice pluviométrico referente aos meses de maio a novembro foram os mais quentes e secos do ano segundo a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2016). Enquanto nos meses de dezembro até abril esteve concentrado o período mais chuvoso com máximas para o período de março a maio como já foi proposto por Nimer (1989) (**Fig. 2.7**).

Figura 2.7 - Variação pluviométrica mensal nos municípios do Geopark em 2015.



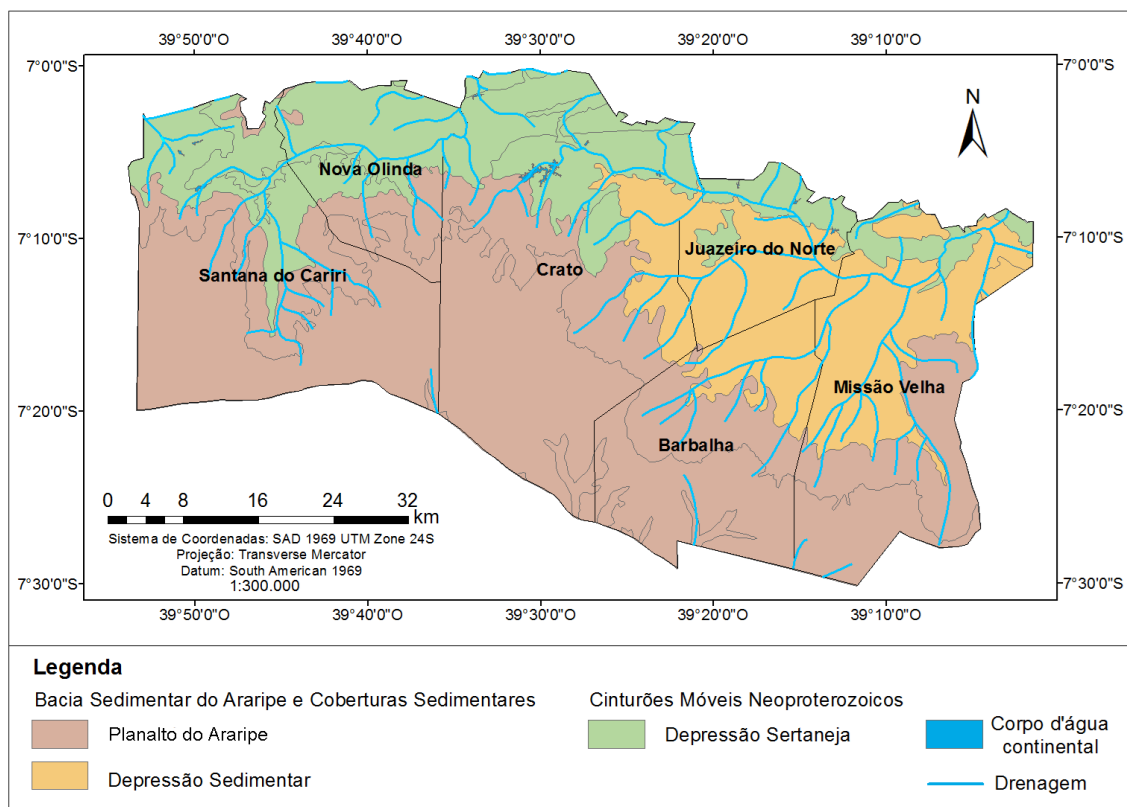
Fonte: COGERH, 2016.

Quanto à temperatura, há uma baixa variação térmica com valores médios anuais que oscilam de 23° a 27° C. Faz-se ressalva apenas para os meses subsequentes a maio por apresentarem quedas, com médias variando de 21° a 25° C (FUNCEME, 2006).

2.5.2 Relevo

As unidades morfoestruturais para a área de estudo são representadas pela Bacia Sedimentar do Araripe e Coberturas Sedimentares Fanerozoicas, e os Terrenos Pré-Cambrianos (Cinturões Móveis Neoproterozoicos). Essas feições geomorfológicas originaram as unidades morfoesculturais representadas pela Chapada do Araripe, Depressão Sedimentar e Depressão Sertaneja (DANTAS et al., 2014) (**Fig. 2.8**).

Figura 2.8 - Mapeamento das unidades morfoestruturais e morfoesculturais do relevo.



Fonte: Elaborado pela autora.

2.5.2.1 Chapada do Araripe

A morfoescultura referente a zona de aplanamento da Chapada do Araripe é formada pelos arenitos da Formação Exu de idade Cretácica, muito resistentes à erosão sustentando seu topo plano não dissecado com solos bastante intemperizados, muito profundos, permeáveis e porosos (**Fig. 2.9**). Na zona dissecada do Araripe, as escarpas erosivas possuem solos bem nutridos e pouco utilizados devido ao relevo movimentado da região, sulcados em vales encaixados. As escarpas apresentam solos pouco profundos, moderadamente drenados e normalmente pedregosos e rochosos (SOUZA; LIMA; PAIVA, 1979; DANTAS et al., 2014).

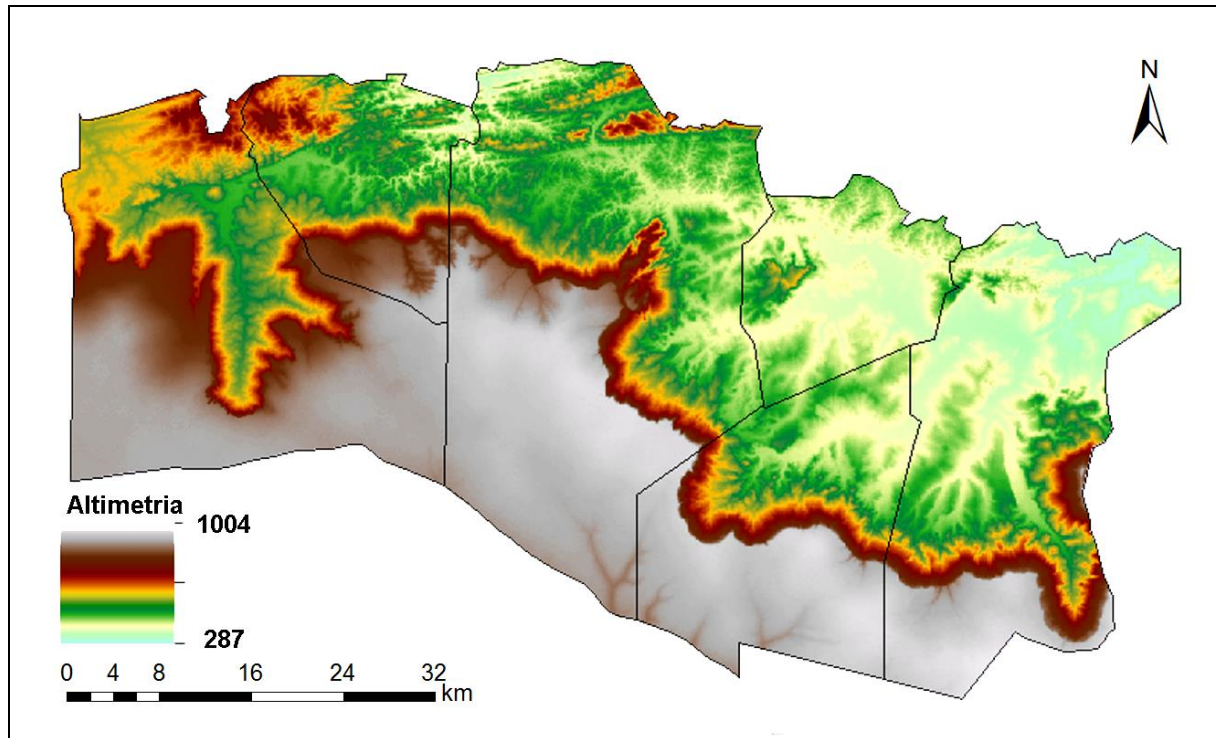
Figura 2.9 - Feição geomorfológica representada pela Chapada do Araripe.



Fonte: Elaborado pela autora.

O topo da Chapada do Araripe configura-se por um planalto elevado constituído de rochas sedimentares da Bacia Sedimentar do Araripe com altitude máxima em torno de 800 a 1004 m, sendo delimitada por escarpas erosivas encontradas juntos à Depressão Sertaneja e Sedimentar (SOUZA; LIMA; PAIVA, 1979; DANTAS et al., 2014). (**Fig. 2.10**).

Figura 2.10 - Altimetria dos municípios no Geopark Araripe.



Fonte: Modificado do Banco de Dados da EMBRAPA.

2.5.2.2 Depressão Sedimentar

Caracteriza-se por um conjunto de baixos tabuleiros suaves, cortados por extensas planícies aluviais do Rio Salgado. Em áreas mais colinosas predominam os solos profundos e pouco profundos e de boa fertilidade natural. Ocorre também a intercalação de solos argilosos com areias e siltes, que são muito susceptíveis às inundações durante o período chuvoso (SOUZA; LIMA; PAIVA, 1979; DANTAS et al., 2014).

2.5.2.3 Depressão Sertaneja

Configura-se em grandes depressões interplanálticas do semi-árido com altitudes que variam entre 250 a 550 m. As formas mais elevadas do relevo são representadas por colinas, morrotes e morros. Seu relevo é caracterizado pelo

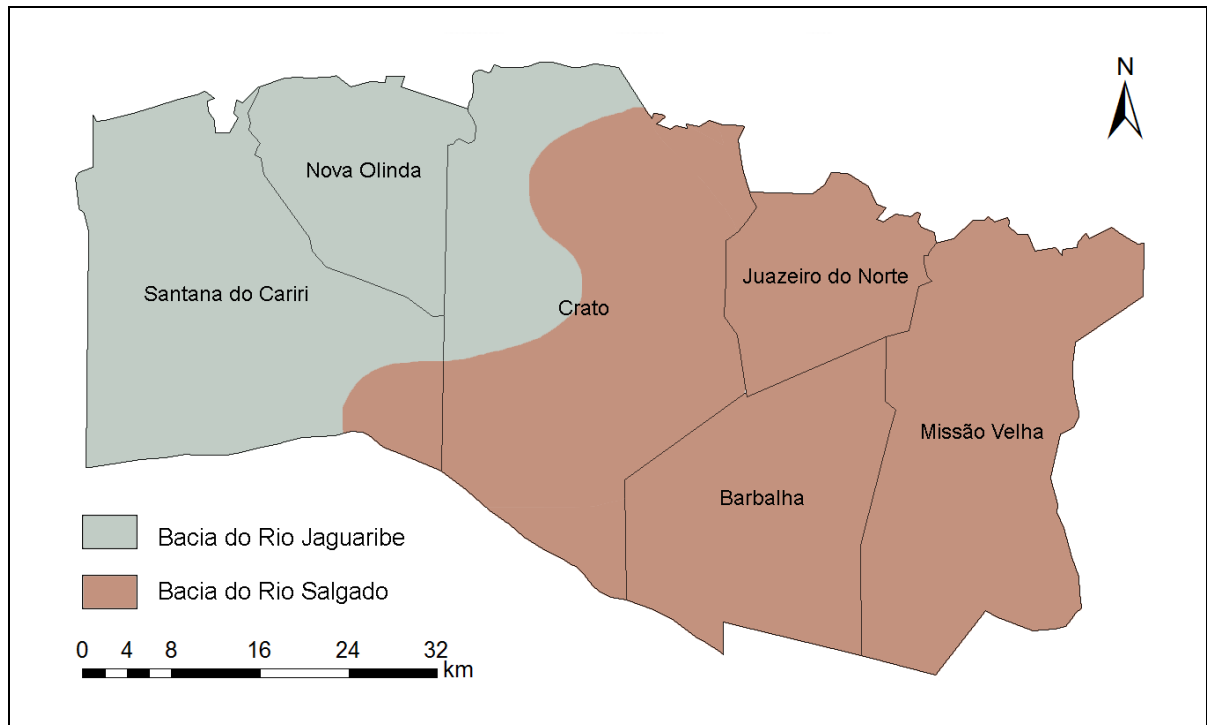
alinhamento das cristas do Patamar Sertanejo e pela presença de bacias sedimentares cretácicas encaixadas em baixos níveis altimétricos. Os solos são pouco desenvolvidos e rasos, apresentando-se pedregosos e rochosos, bastante susceptíveis à erosão, por estarem localizados em áreas de grande declive. Destacam-se ainda as planícies aluviais, onde os solos são mais férteis e profundos (SOUZA; LIMA; PAIVA, 1979; DANTAS et al., 2014).

2.5.3 Hidrografia

A principal característica dos rios no Ceará é a intermitência de seus cursos. Escoam nos períodos de chuva e cessam até o completo esgotamento nos meses secos. Esse fator é agravado com o aumento da temperatura nas áreas mais quentes que podem chegar de 30° a 35° C. Assim, o regime hidrográfico está sempre em desequilíbrio devido também à baixa umidade relativa do ar característica da região (FARIAS; SILVA; COELHO, 2014).

A drenagem superficial ocorre por meio da Bacia do Jaguaribe e Bacia do Rio Salgado. Dentre os principais tributários do rio Jaguaribe, destacam-se os rios Cariús e Salgado pela margem direita. Essa Bacia ocupa quase 52% do território cearense. A Bacia do rio Salgado é uma sub-bacia do rio Jaguaribe. É considerado um rio bastante perenizado devido à grande quantidade de açudes que armazenam suas águas, como o grande açude Orós (FARIAS; SILVA; COELHO, 2014). A bacia do rio Jaguaribe drena cerca de 30% dos municípios inseridos no Geopark Araripe, possuindo uma extensão de 24.538 km². A bacia do rio Salgado drena cerca de 70% e possui uma extensão de 12.216 km². Seu principal rio é o Salgado com uma extensão de 308 km (COGERH, 2016) (**Fig. 2.11**).

Figura 2.11 - Hidrografia representada pelas Bacias que recobrem o Geopark Araripe.



Fonte: Elaborado pela autora.

A Bacia Sedimentar do Araripe está inserida em 14% na bacia do Salgado e suas águas são muito utilizadas para o abastecimento da população. No entanto, a maior parte do consumo urbano advém dos aquíferos subterrâneos que abastecem em mais de 90% a região do Cariri. Como principais tributários podem ser destacados: rios Batateiras, Carás e o riacho dos Porcos. Além desses, o rio Salamanca também merece destaque por cortar e irrigar os municípios com grande acúmulo populacional (FARIAS; SILVA; COELHO, 2014).

A hidrografia na parte cimeira da Chapada do Araripe é caracterizada pela ausência da rede de drenagem. Apesar dessa característica, essa região é considerada um excelente armazenador de água subterrânea. O Aquífero Missão Velha é considerado o principal da Bacia do Araripe distribuídos numa área de 2.830 km², com uma espessura média de aproximadamente 295 metros (CPRM, 2012).

2.5.4 Geodiversidade Geomorfológica

A Geomorfologia, segundo Dantas, Armesto e Adamy (2008) deve ser analisada de acordo com: a gênese das formas do relevo, o grau de dissecação do relevo, a amplitude, a geometria dos topos, a declividade e a vulnerabilidade aos processos erosivos. O método de classificação de Ross (1992) é baseado nas unidades morfoesculturais, morfoesculturais, padrões de formas semelhantes e formas de relevo. Com base nessa metodologia foram identificados 7 padrões de formas semelhantes com 12 tipos de formas de relevo para a área dos municípios no Geopark Araripe (**Tab. 2.4**).

Tabela 2.4 - Classificação do relevo de acordo com Ross (1992).

1º TÁXON	2º TÁXON	3º TÁXON	4º TÁXON
Unidades Morfoestruturais	Unidades Morfoesculturais	Padrões de Formas Semelhantes	Tipos de Formas de Relevo
Bacia Sedimentar do Araripe	Planalto do Araripe	Pediaplano da Chapada do Araripe Topo tabular da Chapada do Araripe	Pgi Dt11, Dt32
	Depressão Sedimentar	Topo tabular da Depressão Cariri	Dt11, Dt21
Cinturões Móveis Neoproterozoicos	Depressão Sertaneja	Topo aguçado do Patamar Sertanejo	DEa22, DEa23, Da32
		Topo convexo do Patamar Sertanejo	Dc21
		Topo tabular do Patamar Sertanejo	Dt21, Dt31
		Pediaplano Sertanejo	Pri

Fonte: Elaborado pela autora.

Nos tipos de formas de relevo, os valores numéricos referem-se ao índice de dissecação que cada feição geomorfológica apresenta. Esse índice tem relação com os processos erosivos, referindo-se à rugosidade do relevo. Quanto menor o valor

(11) menor será o índice de dissecação da área, contribuindo para a diminuição da conformação do relevo (**Tab. 2.5**).

Tabela 2.5 - Índice de dissecação do relevo com relação às classes dos vales e da dimensão interfluvial.

Dimensão interfluvial (classes)	Muito grande > 1.500 m	Grande 1.500 m a 700 m	Média 700 a 300 m	Pequena 300 a 100 m	Muito pequena < 100 m
Entalhamento médio dos vales (classes)					
Muito fraco (< de 20 m)	11	21	31	41	51
Fraco (20 a 40 m)	12	22	32	42	52
Médio (40 a 80 m)	13	23	33	43	53
Forte (80 a 160 m)	14	24	34	44	54
Muito forte (> 160 m)	15	25	35	45	55

Fonte: Modificado de Ross (1992).

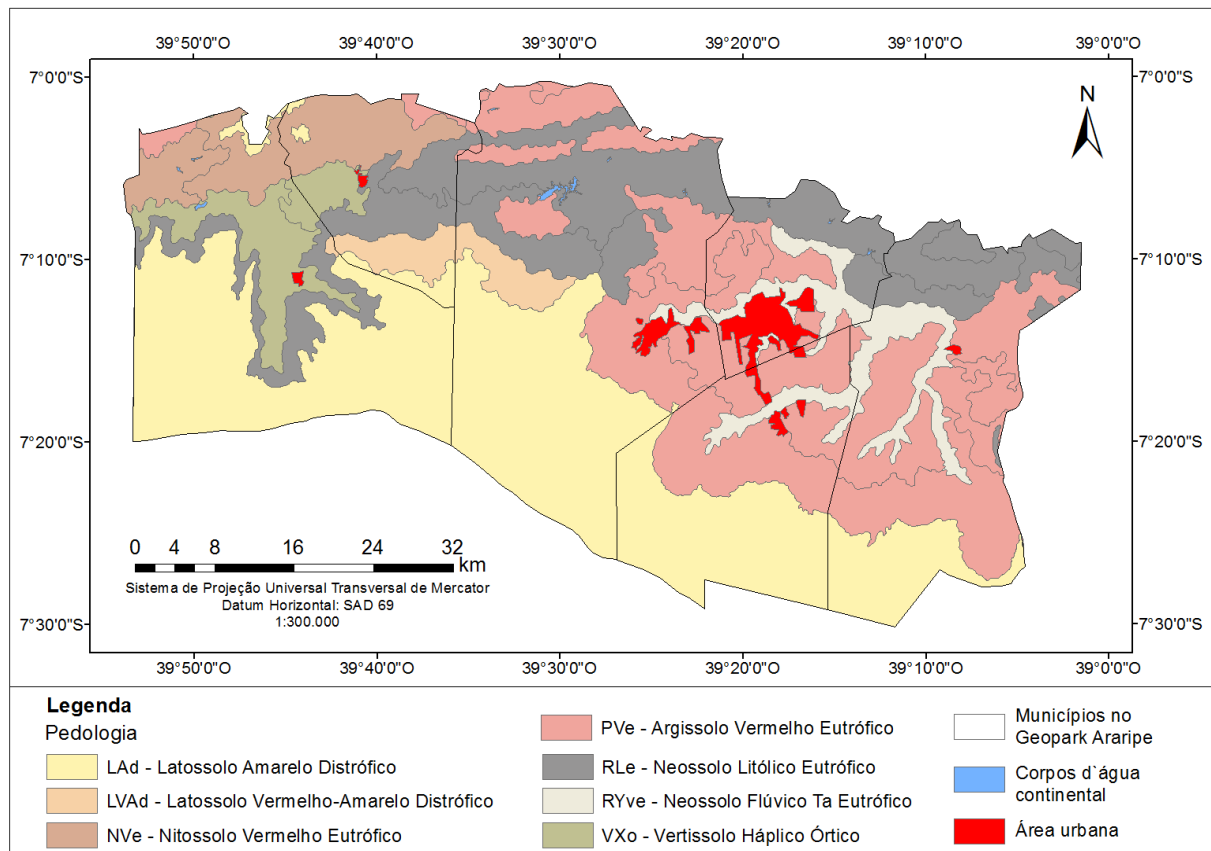
2.6 Caracterização dos Solos

O solo é um conjunto de aspectos naturais, tridimensionais e dinâmicos, constituído por partes sólidas, líquidas e gasosas. São formados por minerais e matéria orgânica, ocupando o substrato para o desenvolvimento da vida. A avaliação dos dados morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos do perfil do solo permite classificar o seu perfil. Segundo a EMBRAPA (2006), o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos está desenvolvido até o 4º nível categórico: ordens, subordens, grandes grupos e subgrupos. As diversas classes do 1º nível (ordens) são separadas pela presença ou ausência de determinados atributos, horizontes diagnósticos ou propriedades identificáveis no campo, mostrando diferenças no tipo e grau de desenvolvimento dos processos que atuaram na formação dos solos.

2.6.1 Geodiversidade Pedológica

As ordens dos solos identificadas para a área dos municípios no Geopark Araripe foram classificadas em 5 tipos: Latossolo, Nitossolo, Argissolo, Neossolo e Vertissolo. Para as subordens/grande grupo os solos foram classificados em 7 (**Fig. 2.12**).

Figura 2.12 - Classificação pedológica dos municípios no Geopark Araripe.



Fonte: Elaborado pela autora.

2.6.1.1 Latossolos

Solos constituídos por frações de areia e/ou argila com perfis, predominantemente, profundos a muito profundos. São porosos, em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas

transformações do material constitutivo. Quando de textura argilosa são muito explorados em lavouras de grãos mecanizadas. Os solos de textura média são usados basicamente como pastagens (EMBRAPA, 2006).

2.6.1.2 Nitossolos

São constituídos por material mineral e um horizonte B nítico, com textura argilosa ou muito argilosa. Possui uma estrutura em blocos subangulares ou angulares, ou prismática, de grau moderado ou forte, com cerosidade expressiva nas superfícies dos agregados e baixo gradiente textural. São, em geral, moderadamente ácidos a ácidos com saturação por bases baixa a alta. Corresponde ao que se denominava anteriormente de Terra Roxa Estruturada, com grande importância agrônômica. Possui alto risco de erosão, já que estão associados aos relevos acidentados (EMBRAPA, 2006).

2.6.1.3 Argissolos

Possuem material mineral em sua composição, tendo como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alético. O horizonte B textural encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial. Possui baixa fertilidade natural e reação fortemente ácida. Ocorrem em maior proporção nos ambientes relacionados às rochas cristalinas (EMBRAPA, 2006).

2.6.1.4 Neossolos

Solos formados por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos. São pouco desenvolvidos, não apresentando o horizonte B diagnóstico. Ocorrem de forma dispersa em ambientes específicos em planícies à margem de rios e córregos

(Neossolos Flúvicos) e nos relevos muito acidentados de morros e serras (Neossolos Litólicos). Os solos neossolos eutróficos possuem alta fertilidade (EMBRAPA, 2006).

2.6.1.5 Vertissolos

Solos minerais argilosos que possuem horizonte vértico e pequena variação textural ao longo do perfil, não sendo possível caracterizar um horizonte B textural. Apresentam pronunciadas mudanças de volume com o aumento do teor de água no solo, fendas profundas na época seca ou superfícies de fricção. Estas características resultam da grande movimentação da massa do solo que se contrai e se expande quando úmida, em decorrência de argilas expansíveis. São solos férteis com ocorrência associada a condições de clima e relevo que dificultam a remoção dos cátions básicos do solo. Os solos háplicos órticos não apresentam restrição ao uso e manejo (EMBRAPA, 2006).

CAPÍTULO 3 – QUANTIFICAÇÃO DA GEODIVERSIDADE COMO ESTRATÉGIA DE GEOCONSERVAÇÃO NOS MUNICÍPIOS DO GEOPARK ARARIPE

LÚCIA HELENA DE SOUZA ELEUTÉRIO, JULIANA MANSO SAYÃO

Laboratório de Biodiversidade do Nordeste, Centro Acadêmico de Vitória, UFPE, Alto do Reservatório, s/n, 55608-680, Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil.
luciahelenaeb@gmail.com, jmsayao@gmail.com

Artigo a ser submetido à revista Environmental Management

ISSN: 0364-152X (Print) 1432-1009 (Online)

3.1 Resumo

A Geodiversidade compreende a diversidade de elementos abióticos e suas inter-relações com o meio biótico. A alta Geodiversidade tem sido associada às áreas de grande interesse econômico, contribuindo para a degradação dos georecursos. Com o crescente dano ambiental, indicadores da Geodiversidade têm sido utilizados como forma de classificar os valores do Patrimônio Geológico. A avaliação quantitativa da Geodiversidade confirma a riqueza da área em termos de diversidade abiótica e contribui para indicação de áreas prioritárias para Geoconservação. Foi realizado o levantamento da Geodiversidade dos municípios que compreendem o Geopark Araripe, verificando seu potencial na conservação dos ambientes delimitados pelo parque. A quantificação Individual do Índice de Geodiversidade (IG) incluiu aspectos Geológicos, Geomorfológicos, Paleontológicos, de Recursos Minerais e dos Solos em mapas digitais. Foi utilizada a escala de 1:300.000 com grades de 5 km², obtendo-se valores entre 3 e 21 em 171 quadrículas. A Geodiversidade foi organizada em classes: muito alta (>15), alta (12-14), média (9-11), baixa (6-8) e muito baixa

(<5). Observou-se que o IG muito baixo foi predominante no alto da Chapada do Araripe, destacando-se a Formação Exu, que é afossilífera e possui baixa drenagem superficial e poucos minerais. Os maiores IG estão próximos aos Geossítios Pedra Cariri e Parque dos Pterossauros nos municípios de Santana do Cariri e Nova Olinda, nos limites entre as morfoesculturas, morfoestruturas e falhas, do Grupo Santana. A geomorfologia e geologia são os critérios que condicionam as áreas de alto IG. O Índice Pedológico foi considerado homogêneo nas áreas do parque. Na análise ambiental observou-se uma degradação acelerada ao longo dos anos, coincidindo os maiores IG com as áreas mais degradadas e de grande aglomeração urbana. Os recursos minerais, como a gipsita e o calcário encontram-se nas áreas de maior IG e também de degradação ambiental. O mapa da Geodiversidade proporcionou a visualização quantitativa das áreas de maior interesse para a Geoconservação, planejamento urbano e manutenção da biodiversidade na região do Cariri. Foi verificado que o Geopark Araripe não está desacelerando a exploração de algumas das áreas de interesse geológico.

Palavras-Chave: Diversidade Abiótica. Geossítios. Conservação Ambiental. Mapas Digitais.

3.2 Abstract

Geodiversity is a variety of abiotic components that interact with processes, environmental systems and biodiversity. An elevated Biodiversity has been previously related to areas of great economic interest, contributing to degradation of the georesources. Together with the growing environmental damage, the Geodiversity indicators have been used for classifying the Geological Heritage values. The quantitative assessment of Geodiversity confirms the richness of areas in terms of abiotic diversity, and contributes to indicate priority areas for Geoconservation. A Geodiversity data collection was produced in the cities composing the Geopark Araripe, analysing their potential in the environmental conservation associated to the park delimitation. The partial quantification in digital maps of the Geodiversity Index (IG)

contains Geological, Geomorphological (Relief and Hydrographic), Paleontological, Mineral Resources and Soils aspects. A scale of 1:300.000 in grids of 5 km² was used, obtaining values between 3 and 21 in the 171 resultant grids. The Geodiversity was organized in five classes: very high (>15), high (12–14), medium (9–11), low (6–8), very low (<5). The IG very low prevails in the Araripe Plateau, highlighting Exu Formation, a nonfossiliferous unit, with low surface drainage and few minerals. The largest IG was near the Geosites Pedra Cariri and Parque dos Pterossauros and in the cities of Nova Olinda and Santana do Cariri (respectively), placed in the limit between morphosculptural units and structural failures, near the Santana Group. The geomorphology and geology are aspects that influence the presence of mineral resources and the high IG. The Pedological Index was considered homogeneous in all areas of the park. An accelerated degradation of the environment was found over the years, coinciding the very high IG with the most devastated areas or in urban agglomeration. The mineral resources such as gypsum and limestone are placed in areas of greatest IG and also of environmental degradation due to its extraction. The Geodiversity Map provided a quantitative visualization of the areas with larger interest for Geoconservation, urban planning and biodiversity conservation in the Cariri region. According to the results the Geopark Araripe is not decelerating the exploration of some geological interest areas.

Keywords: Abiotic Diversity. Geosites. Environmental Conservation. Digital Maps.

3.3 Introdução

A Geodiversidade consiste na variedade dos componentes abióticos que dão origem aos fenômenos e paisagens naturais propícios para o desenvolvimento da Biodiversidade (STANLEY, 2000). Os elementos geológicos e geomorfológicos com valores acima da média devem apresentar um conjunto de técnicas e medidas, visando a conservação do Patrimônio Geológico (BRILHA, 2005). Por meio da Geoconservação é assegurado o uso sustentável dos georecursos baseados nos seus valores intrínsecos, vulnerabilidade e

perigos de degradação (CARCAVILLA URQUI; LÓPES MARTÍNEZ; DURÁN VALSERO, 2007).

O mapeamento e a análise espacial dos componentes abióticos permitem descrever e comparar diferentes paisagens, constituindo uma ferramenta quantitativa para compreender a singularidade e a complexidade dos georecursos de uma área (XAVIER-DA-SILVA; ZAIDAN, 2001). A avaliação dos componentes da Geodiversidade deve englobar os principais atributos abióticos sem subestimar ou supervalorizar nenhum dos componentes em especial. A confecção de mapas da Geodiversidade de uma área representa uma ferramenta de planejamento adequado, permitindo a fácil interpretação de um territorial com vários critérios integrados em único mapa (BRILHA, 2005).

Para o reconhecimento do Patrimônio Geológico e Conservação da Geodiversidade, os Geoparques foram criados visando também o desenvolvimento sociocultural e ambientalmente sustentável das comunidades locais (BRILHA, 2005). Para a criação do Geopark Araripe e de seus nove Geossítios são destacados valores como o geológico, geomorfológico e paleontológico (UNESCO, 2010). Apesar de sua criação, a crescente urbanização e o uso desenfreado dos georecursos tem despertado atenção pelo elevado número de espécies que podem vir a se extinguir em pouco tempo (BRILHA, 2005).

O objetivo deste estudo é avaliar o Índice de Geodiversidade (IG) dos atributos geológicos, geomorfológicos, paleontológicos, pedológicos e recursos minerais por meio do sistema de informação geográfica (SIG) em mapas digitais. A partir da quantificação da Geodiversidade é possível a análise entre as paisagens de vários locais, ao longo do tempo, facilitando a caracterização de sua evolução com a degradação ou manutenção do meio ambiente (BENITO-CALVO et al., 2009). Medidas de Geoconservação com o planejamento ambiental do território podem utilizar esses mapas para implementar medidas de proteção e conservação em áreas que apresentam altos valores para o IG e riscos ambientais. Aqui é apresentado um mapa da Geodiversidade dos municípios no Geopark Araripe, classificado de acordo com a quantidade de riqueza abiótica em cada área delimitada pela grade.

3.3.1 Área de Estudo

O Geopark Araripe possui uma área de aproximadamente 3.441 km², localizado entre as coordenadas geográficas 38° 30' a 40° 50' de longitude oeste e 07° 05' a 07° 50' de latitude sul. Abrange seis municípios da região do Cariri: Santana do Cariri, Nova Olinda, Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha e Missão Velha. Os Geossítios inseridos no Geopark são compostos por nove pontos: Pontal de Santa Cruz, Parque dos Pterossauros, Pedra Cariri, Ponte de Pedra, Batateiras, Colina do Horto, Riacho do Meio, Cachoeira de Missão Velha e Floresta Petrificada do Cariri (**Fig. 3.1**) (HERZOG; SALES; HILLMER, 2008).

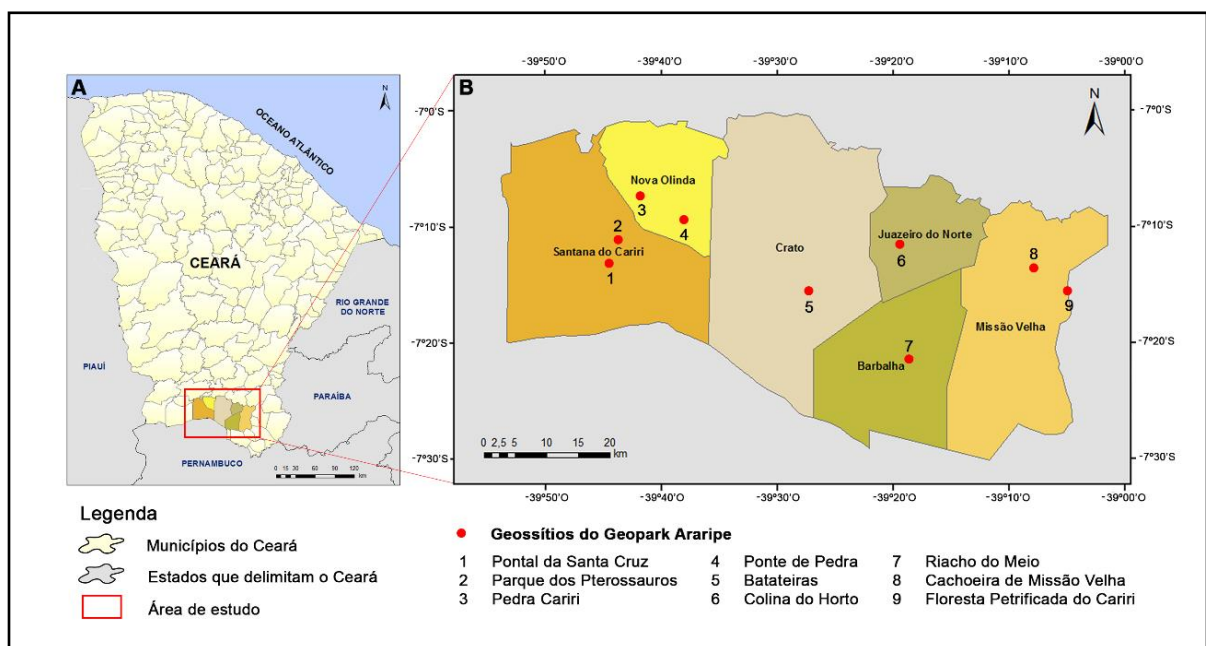


Figura 3.1 - Localização da área de estudo: **A.** Demarcação em vermelho no sul do Estado do Ceará e seus limites estaduais; **B.** Ampliação da área de estudo, evidenciando os municípios e Geossítios.

No Geopark Araripe há a presença da Bacia Sedimentar do Araripe, inserida no sertão, estendendo-se pelo sul do Estado do Ceará, noroeste de Pernambuco e leste do Piauí com uma área de aproximadamente 12.000 km². Essa feição morfoestrutural possui 180 km de comprimento no sentido leste-oeste e 30 a 50 km de largura na direção norte-sul. A Chapada do Araripe é a unidade morfoescultural dessa bacia (ASSINE, 1992; NEUMANN, 1999) (**Fig. 3.2**), que está situada sobre o embasamento Pré-cambriano da Zona Transversal da Província Borborema e ao sul da Zona de Cisalhamento de Patos (BRITO

NEVES, 1990). Foi dividida em duas sub-bacias pré-Aptianas menores, Feira Nova e Cariri, caracterizadas por falhas na direção NE E WNW (ASSINE, 2007).

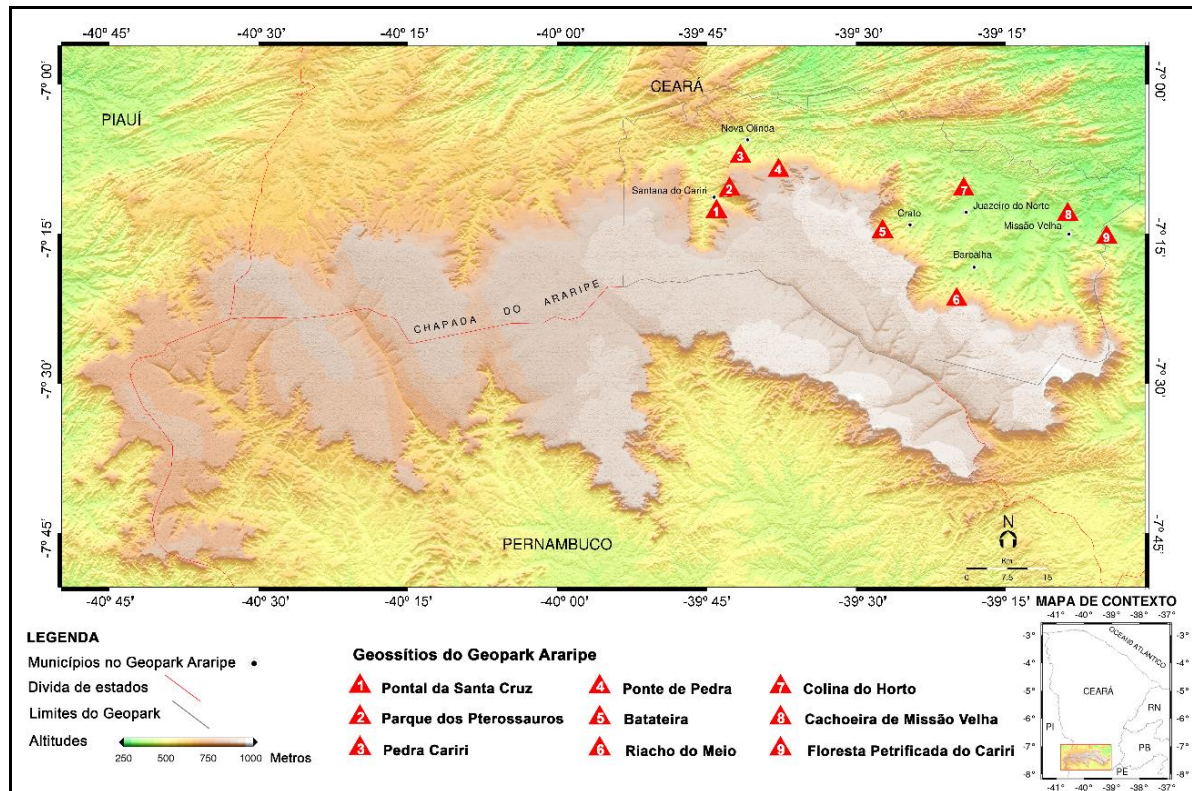


Figura 3.2 - Localização da Bacia Sedimentar do Araripe e Chapada do Araripe com relação aos Geossítios do Geopark Araripe. **Fonte:** Modificado de Geopark Araripe (2015).

A Bacia do Araripe comporta quatro sequências deposicionais: Beta, Pré-Rifte, Sin-Rifte e Pós-Rifte. A sequência Pós-Rifte é representada pelas Formações Barbalha e Grupo Santana constituída pelas Formações Crato, Ipubi e Romualdo, de idade Aptiano-Albiana, e Formações Araripina e Exu, de idade Albiano-Cenomaniana. É representada pelas Formações mais estudadas devido a sua riqueza fóssilífera e o grau de exploração dos seus recursos minerais. (PONTE; PONTE-FILHO, 1996; ASSINE, 1992, 2007).

3.4 Material e Métodos

O método empregado neste estudo foi baseado na elaboração de índices numéricos parciais calculados em diferentes mapas: geológico, geomorfológico, paleontológico, pedológico e de recursos minerais (PEREIRA et al., 2013). Para tal utilizou-se o Software

ArcGis 10.1.3 com arquivos vetoriais da Geodiversidade do Ceará fornecidos pela CPRM (2015), adaptados para a área de estudo. O Índice de Geodiversidade (IG) final é obtido a partir do somatório dos índices individuais, resultando em um único mapa. Este é definido pelas unidades e ocorrências em áreas previamente determinadas por uma grade. A análise ambiental foi realizada nas áreas de maior IG a fim de avaliar a degradação antrópica.

3.4.1 Escala

O detalhamento dos dados nos mapas tem relação direta com a escala utilizada. Para a confecção do IG final e individual foi utilizada a escala de 1:300.000, bem como para a elaboração do IG nos municípios do Geopark Araripe. Como os valores da Geodiversidade podem variar de acordo com o tamanho do território é importante que se utilize uma mesma escala para todos os mapas elaborados (Fig. 3.3).

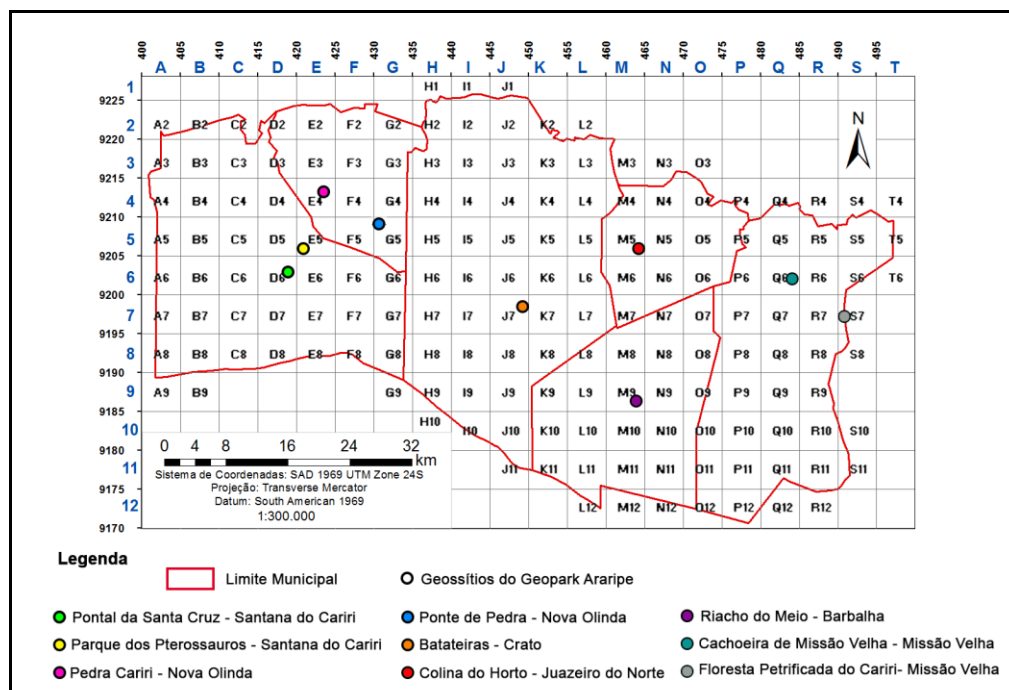


Figura 3.3 - Grade e escala utilizadas para a avaliação do IG.

3.4.2 Grade

A grade delimita a área do mapa que se pretende avaliar, indicando o valor da Geodiversidade dentro de cada quadrícula. Os quadros devem representar o

tamanho necessário da Geodiversidade que será analisada. Devido à dimensão restrita dos Geossítios do Geopark Araripe, foi adotada a escala de 5 x 5 km por melhor refletir os dados da Geodiversidade. Com a sobreposição dessa grade foram totalizadas 171 quadrículas para a determinação dos IGs parciais e final.

3.4.3 Método para o Índice de Geodiversidade Individual

3.4.3.1 Geológico

Para o cálculo do Índice Geológico foi definido 1 ponto para cada litologia existente dentro das grades, assim como 1 ponto para cada unidade estratigráfica aflorante. Estas unidades são as Formações Exu, Missão Velha, Brejo Santo, Mauriti e Grupo Santana. Para as unidades estruturais compostas pelas falhas normais, zonas de cisalhamento e lineamentos estruturais foi somado 1 ponto quando presentes na quadrícula **(Fig. 3.4A)**.

3.4.3.2 Geomorfológico

O cálculo do Índice Geomorfológico levou em consideração dois Sub-índices: Relevo e Hidrografia. Com relação ao Sub-índice Relevo, foi estabelecido 1 ponto para cada tipo de formas de relevo, mais 1 ponto para cada limite entre as Unidades Morfoestruturais, devido às alterações morfológicas do contato entre as unidades principais **(Fig. 3.4B)**

O Sub-índice Hidrografia foi baseado no sistema de fluxo de ordenação de Strahler (1952, 1957). A hierarquização dos canais hidrográficos seguem a seguinte ordem: os menores canais sem tributários são considerados de primeira ordem, os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem, os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens; os canais de quarta ordem surgem da confluência de canais de terceira ordem, podendo receber tributários de ordens inferiores e assim sucessivamente. Neste trabalho foram alcançados valores até o 4º nível de hierarquização dos rios **(Fig. 3.4C)**.

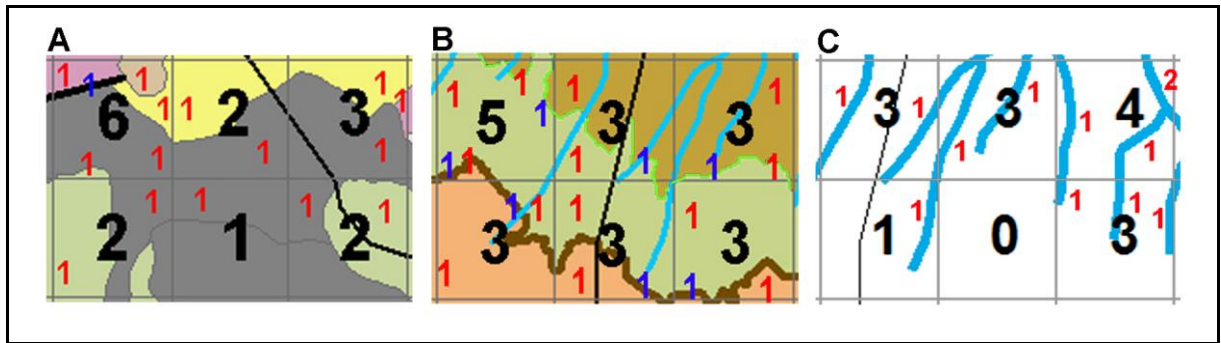


Figura 3.4 - Cálculo para o IG: **A.** Geológico, o número vermelho corresponde às unidades litoestratigráficas, azul as falhas e preto o valor dentro da quadrícula; **B.** Sub-índice Relevo, o número vermelho representa as formas de relevo, o azul com a linha verde limão o contato entre as morfoestruturas e o preto o valor dentro da quadrícula; **C.** Sub-índice Hidrografia, o número vermelho corresponde a contagem hierarquizada dos rios baseado no sistema de fluxo de Strahler (1952, 1957) e o preto a contagem na grade.

3.4.3.3 Paleontológico

Para obtenção do Índice Paleontológico foi realizado um levantamento dos registros fossilíferos no Laboratório de Paleontologia da Universidade Regional do Cariri, Ceará, Brasil (LPU – URCA). Foram contabilizados 860 achados fósseis georreferenciados provenientes das Formações Crato (309), Romualdo (266), Ipubi (248), Brejo Santo (31), Rio da Batateira (3) e Missão Velha (3). Havia o registro de uma quantidade muito superior à registrada, no entanto devido à ausência de georreferenciamento, essas informações não puderam ser utilizadas neste estudo. Os fósseis foram classificados em 5 tipos: vegetais, moluscos, peixes, artrópodes, âmbares e plumas. O cálculo foi realizado pelo valor de 1 ponto dentro da quadrícula com registros de tipos fósseis.

3.4.3.4 Pedológico

O Índice Pedológico foi calculado pela contagem das ordens dos solos representados no mapa, seguindo a Tabela Brasileira de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). Foram identificadas 5 ordens para a área de estudo: Argissolo, Neossolo, Latossolo, Nitossolo e Vertissolo. A avaliação da Geodiversidade pedológica foi determinada pela contagem de 1 ponto para diferentes ordens de solo representadas em cada grade.

3.4.3.5 Recursos Minerais

O Índice de Ocorrências Minerais avaliou outro tipo de Geodiversidade, quando comparado aos itens anteriores, tais como minerais, fontes de energia e águas minerais. Foram registrados 12 recursos minerais com variadas utilidades. Este índice foi calculado de acordo com a contagem de 1 ponto para cada ocorrência mineral dentro da quadrícula. As repetições do mesmo mineral não foram contabilizadas dentro da mesma grade.

3.4.4 Mapa do Índice de Geodiversidade

O IG para os municípios no Geopark Araripe foi elaborado com base na soma dos índices e sub-índices parciais correspondentes a Geologia, Geomorfologia, Paleontologia, Pedologia e Recursos Minerais. Foram utilizadas a mesma grade e escala dos índices parciais.

3.4.5 Análise Ambiental

Para avaliar a degradação ambiental foi utilizado o Software Google Earth que forneceu imagens aéreas da degradação humana com relação à Geodiversidade da região. A confecção de um mapa de domínio antrópico e a situação da vegetação no meio ambiente, a partir de dados vetoriais fornecidos IBGE (2016), também foi utilizado para analisar a degradação ambiental. Ainda, as áreas dos Geossítios e do seu entorno foram comparadas, a fim de identificar o potencial de preservação, ou não, desses ambientes por meio do Geopark Araripe.

3.5 Resultados

3.5.1 Geodiversidade Individual

3.5.1.1 Índice Geológico

Os valores para o Índice Geológico variaram entre 1 e 6 pontos. O maior valor geológico (6 pontos) está na quadrícula C4, no município de Santana do Cariri, onde foram observadas três Formações/Grupos. O Grupo Santana é composto por calcário, folhelho, argilito, marga e evaporito. A Formação Cariri/Mauriti formada por arenito e conglomerado, e a Formação Exu, em pequena quantidade, constituída por arenitos. Também foram encontrados o Complexo Granjeiro com litologia composta de metagranodiorito e metatonalito, além de depósitos colúvio-eluviais formados por areia, argila e cascalho. Esta grade encontra-se ainda em uma zona de falha extensional.

A pontuação de 5 foi concedida a sete quadrículas, distribuídas nos municípios de Santana do Cariri (A3; C3), Nova Olinda (G4), Crato (J3), Juazeiro do Norte (M4; N4) e Missão Velha (R5). Esta pontuação está próxima do maior IG para a geologia (6 pontos – C4) e das estruturas geológicas, compostos por falha extensional e lineamento estrutural. O município de Barbalha foi o único que não apresentou o valor de 5 pontos para o Índice Geológico, variando entre 1 e 4. Apesar do Geossítio Pedra Cariri (3 pontos - E4) e Parque dos Pterossauros (2 pontos – E5) não apresentarem os maiores índices, circundam os municípios (Santana do Cariri e Nova Olinda) que apresentaram maior Índice Geológico.

Na parte alta da Chapada do Araripe ocorre o predomínio da Formação Exu, que apresenta os menores valores para a quantificação geológica, predominantemente entre 1 e 2 pontos. Os valores do Índice Geológico começam a se elevar no limite entre as Formações Exu e Grupo Santana com pontuação de 3 (I5, J7, L7, L8, L9, N9, O10, P10, Q10) e 4 (J6, K7, M9, R10) (**Fig. 3.5**) (**Tab. 3.1**).

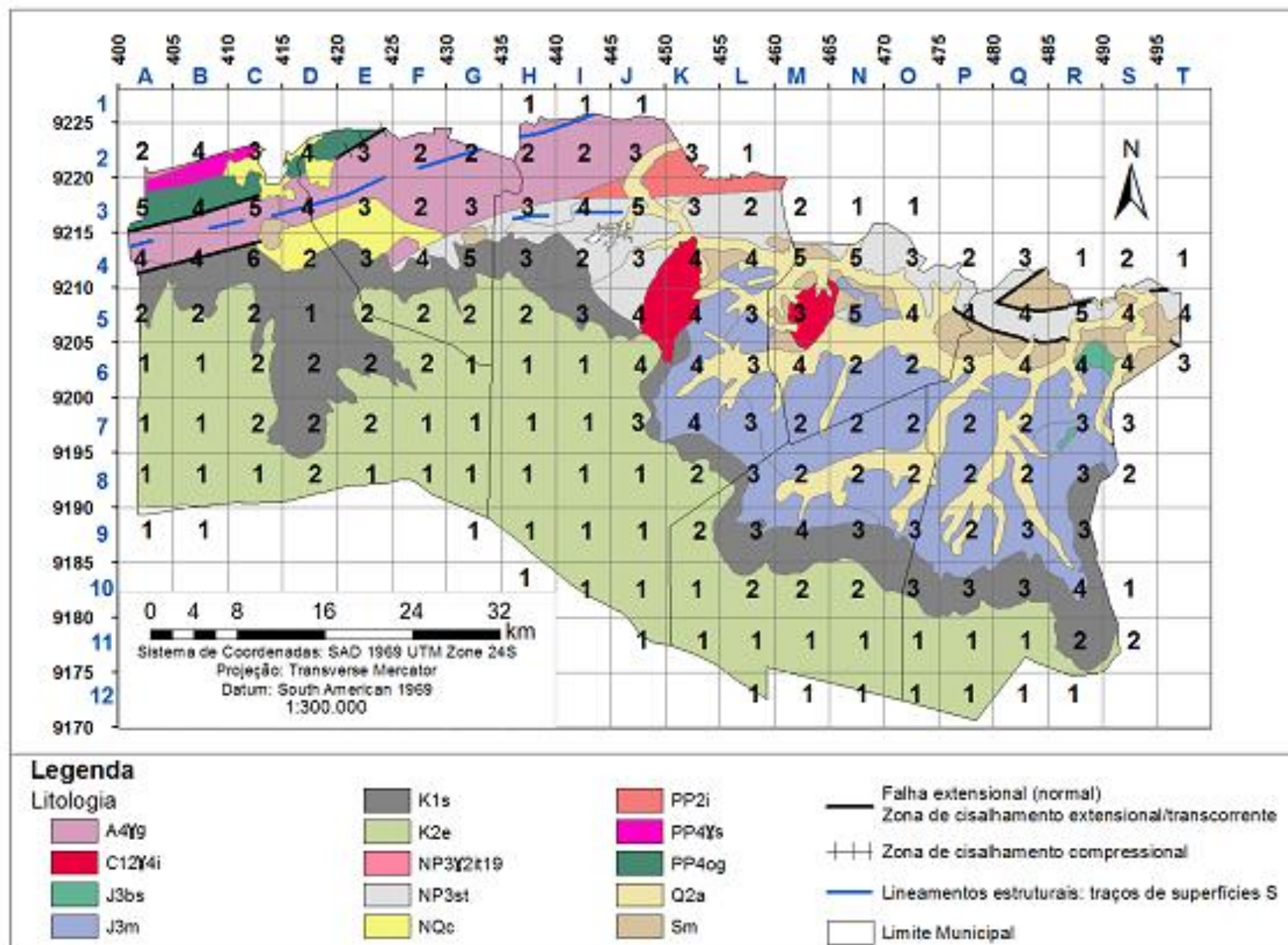


Figura 3.5 - Pontuações do Índice Geológico nas grades.

Tabela 3.1 - Síntese dos valores do Índice Geológico e a quantidade de quadrículas para os municípios delimitados pelo Geopark Araripe, CE.

Índice Geológico	Quantidade de quadrículas
1	55
2	48
3	33
4	26
5	08
6	01

3.5.1.2 Sub-índice Relevô

O Sub-índice Relevô apresentou variação entre 1 e 7 pontos. A quadrícula relacionada aos tipos de formas de relevô de maior expressão foi a C4, no município de Santana do Cariri. Nessa região há uma escarpa erosiva e o limite entre duas unidades morfoesculturais, a Chapada do Araripe e a Depressão Sertaneja, e morfoestruturais da Bacia Sedimentar do Araripe e Cinturões Móveis Neoproterozoicos. Os padrões do relevô são formados por 5 tipos: topo tabular (Dt) e aguçado dissecado (Da) do Patamar Sertanejo, topo tabular (Dt) da Chapada do Araripe, pediplano degradado inumado (Pgi) da Chapada do Araripe e pediplano retocado inumado (Pri) do Patamar Sertanejo. O Pgi é uma superfície de aplanamento parcialmente conservada e não dissecada, cobertas por Latossolos nos topos da chapada. Enquanto o Pri, consiste em uma superfície elaborada durante fases sucessivas de retomada de erosão, preservando suas características de aplanamento, com processos que geram sistemas de planos inclinados, às vezes levemente côncavos nas depressões pediplanadas (IBGE, 2009). Pode apresentar cobertura detrítica, indicando remanejamentos sucessivos. Os maiores valores estiveram relacionados aos maiores índices de dissecação do relevô (Dt31, Dt32, Da32, DEa22, DEa23).

Os valores de 5 e 6 pontos foram atribuídos predominantemente na escarpa erosiva e nos limites entre as unidades morfoesculturais e morfoestruturais e nas rupturas de declive assim como a maior pontuação (7). As áreas de maior concentração foram os municípios de Santana do Cariri, seguido por Nova Olinda, Crato e Barbalha (**Fig. 3.6**). Não há grandes valores na Depressão Sedimentar (Cariri) que possui os maiores índices para dissecação. Ainda a pontuação nos Geossítios variou entre 3 e 5 pontos, com Pedra Cariri e Parque dos Pterossauros apresentando maior expressividade para a geomorfologia (**Tab. 3.2**).

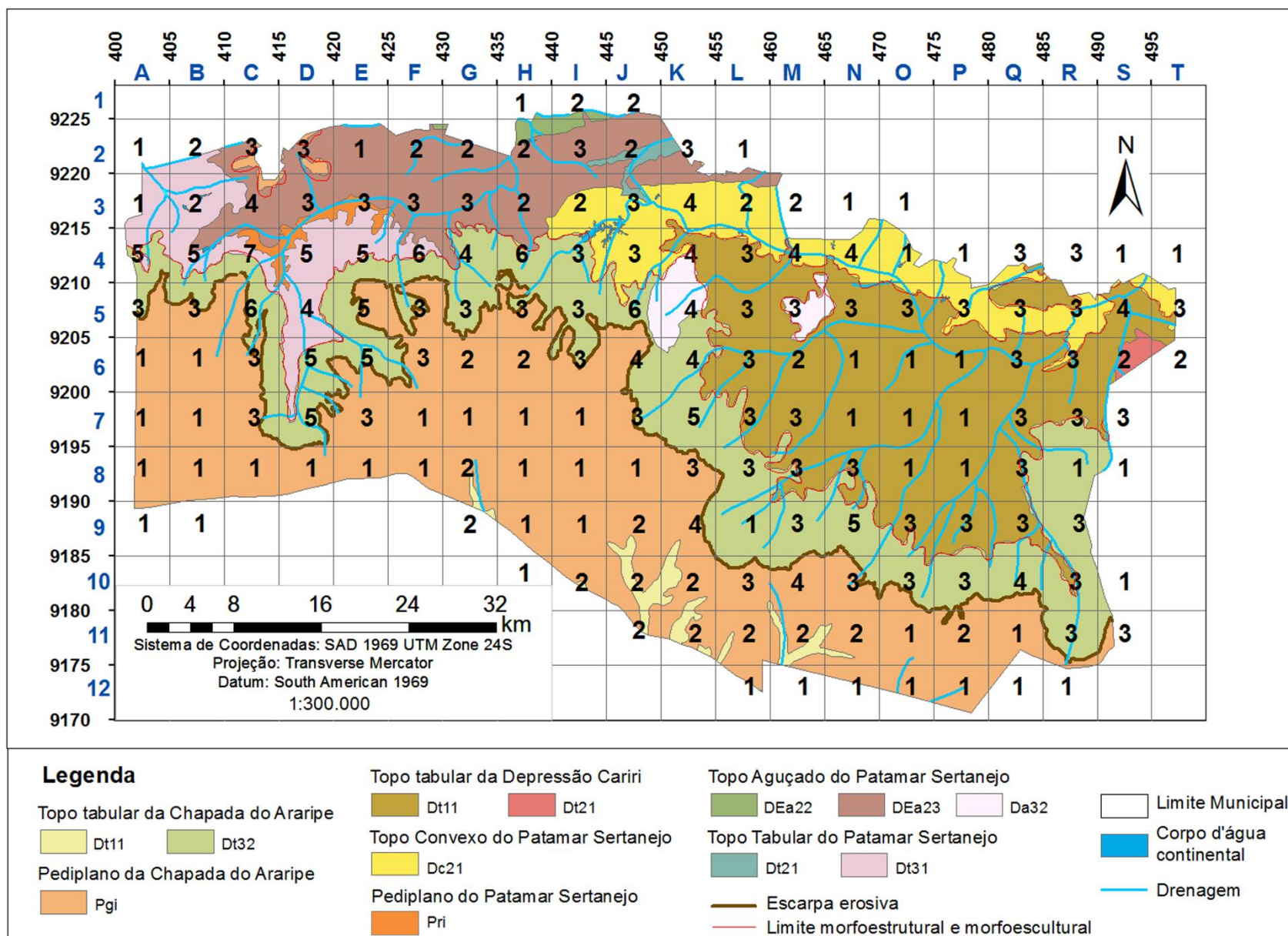


Figura 3.6 - Pontuações do Sub-índice Relevo nas grades.

Tabela 3.2 - Síntese dos valores do Sub-índice Relevo e a quantidade de quadrículas para os municípios delimitados pelo Geopark Araripe, CE.

Sub-índice Relevo	Quantidade de quadrículas
1	54
2	31
3	60
4	15
5	06
6	04
7	01

3.5.1.3 Sub-índice Hidrografia

Os valores obtidos para o Sub-índice Hidrografia variaram entre 0 a 8 pontos. A maior hidrografia (Q6) e (S5) ocorre no curso dos rios Salgado e Batateiras que englobam os municípios de Missão Velha, Juazeiro do Norte e Crato na porção norte. O município de Missão Velha foi o que apresentou as maiores pontuações para a hidrografia superficial.

Com relação aos Geossítios, Cachoeira de Missão Velha evidenciou o maior sub-índice com 6 pontos, destoando dos demais Geossítios que apresentaram uma pontuação que variou de 1 e 3 pontos

A pontuação de 7 ainda foi observada em Juazeiro do Norte (O5), perto do Rio Batateiras e Riacho dos Carás, no seu limite com Missão Velha (P6) e na cidade de Santana do Cariri (D5) nas proximidades do Rio Cariús, do limite da escarpa erosiva e entre as unidades morfoesculturais do topo da Chapada do Araripe e Depressão Sertaneja. A menor pontuação para a hidrografia esteve presente no alto da Chapada do Araripe (**Fig. 3.7**) (**Tab. 3.3**).

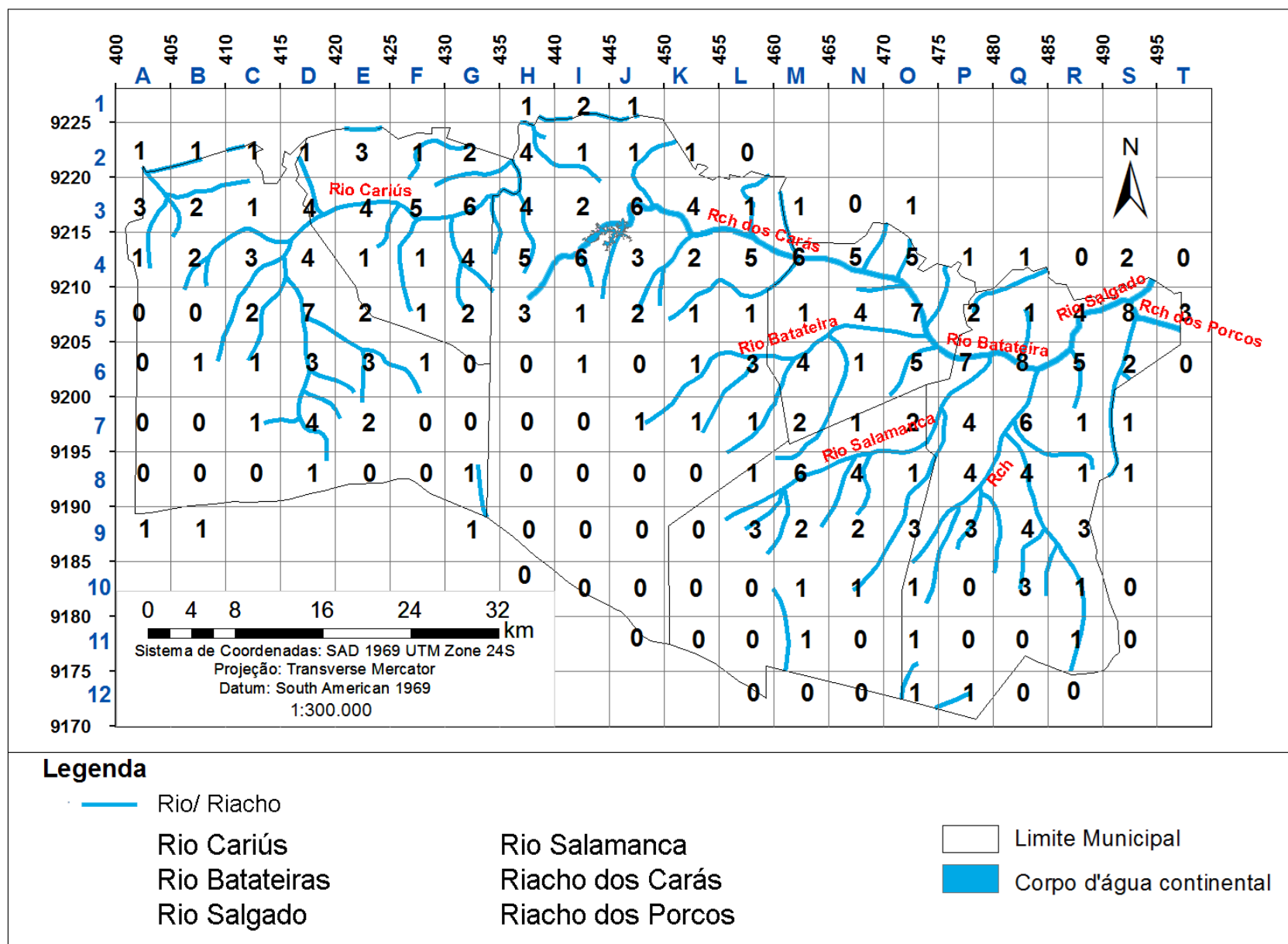


Figura 3.7 - Pontuações do Sub-índice Hidrografia nas grades.

Tabela 3.3 - Síntese dos valores do Sub-índice Hidrografia e a quantidade de quadrículas para os municípios delimitados pelo Geopark Araripe, CE.

Sub-índice Hidrografia	Quantidade de quadrículas
0	48
1	57
2	18
3	14
4	16
5	07
6	06
7	03
8	02

3.5.1.4 Índice Geomorfológico

Após a soma dos Sub-índices Relevo e Hidrografia, os valores para o Índice Geomorfológico foram determinados, variando entre 1 e 12 pontos (**Tab. 3.4**).

Tabela 3.4 - Síntese dos valores do Índice Geomorfológico e a quantidade de quadrículas para os municípios delimitados pelo Geopark Araripe, CE.

Índice Geomorfológico	Quantidade de quadrículas
1	28
2	30
3	18
4	31
5	12
6	16
7	13
8	9
9	8
10	2
11	3
12	1

Os destaques estão nas quadrículas Q6, S5, O5, H4, M4, D5 e C4. Os fatores que influenciaram no valor do Índice Geomorfológico estão diretamente ligados à drenagem superficial dessas áreas. A grade C4 foi a mesma encontrada para o maior valor do Índice Geológico, havendo uma similaridade de altos valores para a geologia e geomorfologia.

3.5.1.5 Índice Paleontológico

A maior quantidade de achados fossilíferos georreferenciados registrados encontram-se na quadrícula E4 com extensão para as quadrículas D4, D5 e E5, todos localizados nos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri. São encontrados fósseis nas Formações Crato (309), Romualdo (266) e Ipubi (248). Com a grande extração de calcário laminado são evidenciados diversos fósseis com a retirada da rocha.

Na região do Crato, próximo ao Geossítio Batateiras (K6) e em Missão Velha (R7, R8, R10, R11) também foram encontrados registros fósseis. Sua diversidade de achados fósseis não é tão expressiva em comparação a Santana do Cariri e Nova Olinda. São provenientes das Formações Missão Velha (31), Brejo Santo (3) e Rio da Batateira (3) compostos em sua maioria por vegetais e em menor quantidade por peixes, artrópodes e moluscos. Os demais Geossítios que não apresentaram valor paleontológico georreferenciado foi atribuído o valor de 0 (**Fig. 3.8**) (**Tab. 3.5**).

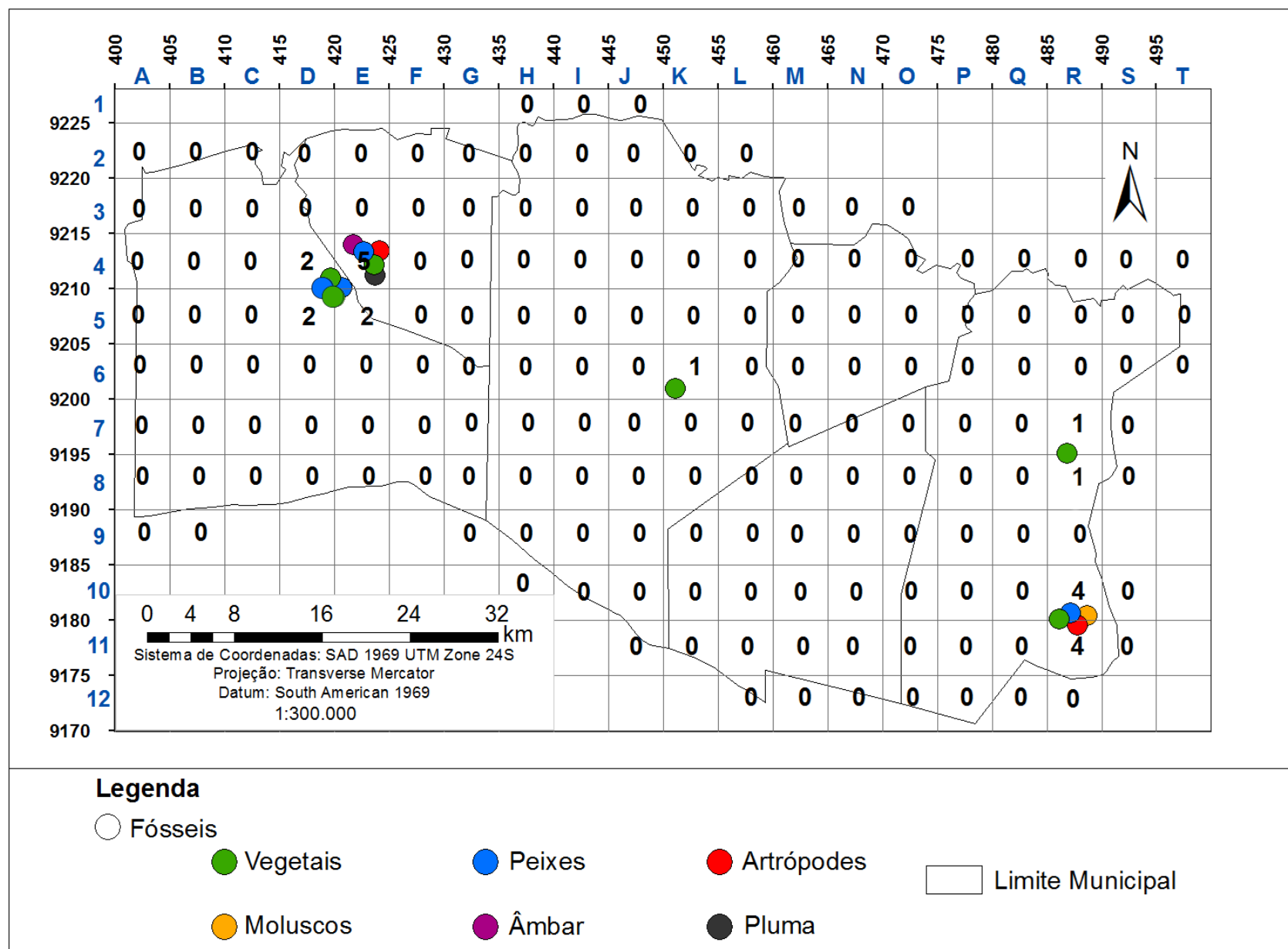


Figura 3.8 - Pontuações do Índice Paleontológico nas grades.

Tabela 3.5 - Síntese dos valores do Índice Paleontológico e a quantidade de grades para os municípios delimitados pelo Geopark Araripe, CE.

Índice Paleontológico	Quantidade de quadrículas
0	162
1	03
2	03
4	02
5	01

3.5.1.6 Índice Pedológico

O Índice Pedológico variou entre 1 e 4 pontos, com a maior diversidade ocorrendo em locais concentrados nas quadrículas A4, B4 e C4, na cidade de Santana do Cariri, nas proximidades dos Geossítios Parque dos Pterossauros e Pedra Cariri e do município de Nova Olinda. Os tipos de solos predominantes nas grades de maior Geodiversidade de solos são representados pela ordem Vertissolo. Ainda foram observadas nessas quadrículas de maior valor, os solos da ordem Neossolo, Nitossolo e em menor número, o Latossolo. A distribuição ao longo das áreas para o Índice Pedológico foi bastante homogênea para a primeira ordem dos solos.

Os municípios Juazeiro do Norte, Barbalha e Missão Velha apresentam apenas 3 das 5 ordens de solos para a área estudada, com predominância do Argissolo e Neossolo. A pontuação 1 foi atribuída no curso do Rio Salgado com predomínio do Neossolo e no alto da Chapada do Araripe com o Latossolo. Com relação aos Geossítios, Pedra Cariri, Parque dos Pterossauros e Riacho do Meio apresentaram os maiores valores com 3 pontos (**Fig. 3.9**) (**Tab. 3.6**).

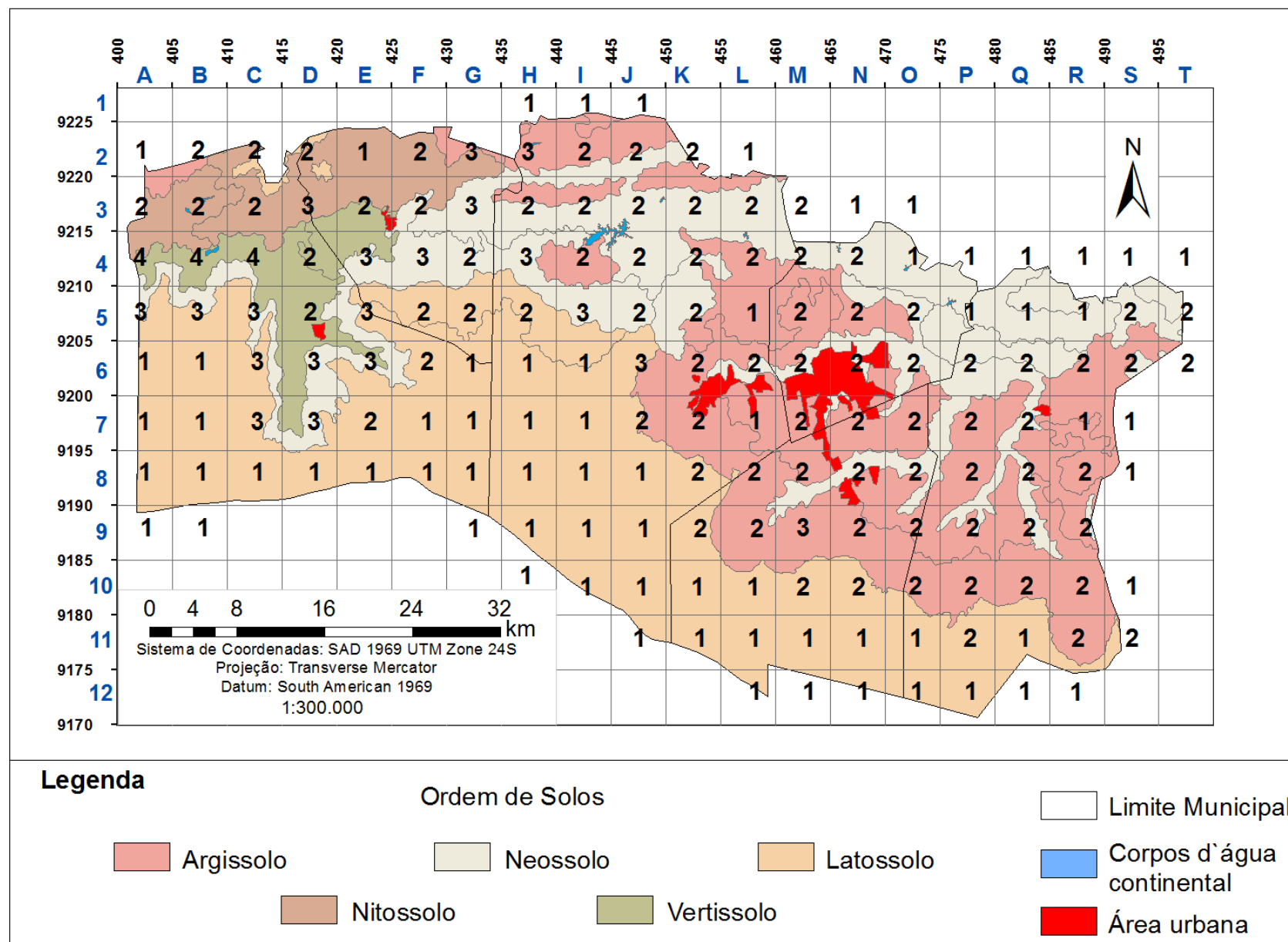


Figura 3.9 - Pontuações do Índice Pedológico nas grades.

Tabela 3.6 - Síntese dos valores do Índice Pedológico e a quantidade de quadrículas para os municípios delimitados pelo Geopark Araripe, CE.

Índice Pedológico	Quantidade de quadrículas
1	69
2	80
3	19
4	03

3.5.1.7 Índice de Recursos Minerais

Os valores do Índice de Recursos Minerais variaram entre 0 e 4 pontos. Ocorre em todo o território uma intensa atividade da mineração, com a presença de 163 pontos de extração. Apesar do grande quantitativo de locais de exploração, há um agrupamento do mesmo mineral na maioria do território.

O recurso mineral calcário é o mais representativo, contando com diversas quadrículas preenchidas. A maior variedade de tipos de recursos minerais, no entanto, ocorreu nas quadrículas K4, K5, K6 e M5, com pontuação de 4, todos no município do Crato. Foram registradas a presença de calcário, areia, arenito, argila e água mineral.

Com relação aos municípios de maior expressão em recursos minerais é possível destacar as cidades de Santana do Cariri, Nova Olinda, Crato e Barbalha com grande expressividade para a ocorrência de calcário e gipsita. Os pontos de extração dos georecursos estão concentrados nas mediações dos Geossítios, com maior destaque para Pedra Cariri. Além desse, o Parque dos Pterossauros, Ponte de Pedra, Colina do Horto e Riacho do Meio também merecem destaque para mineração (**Fig. 3.10**) (**Tab. 3.7**).

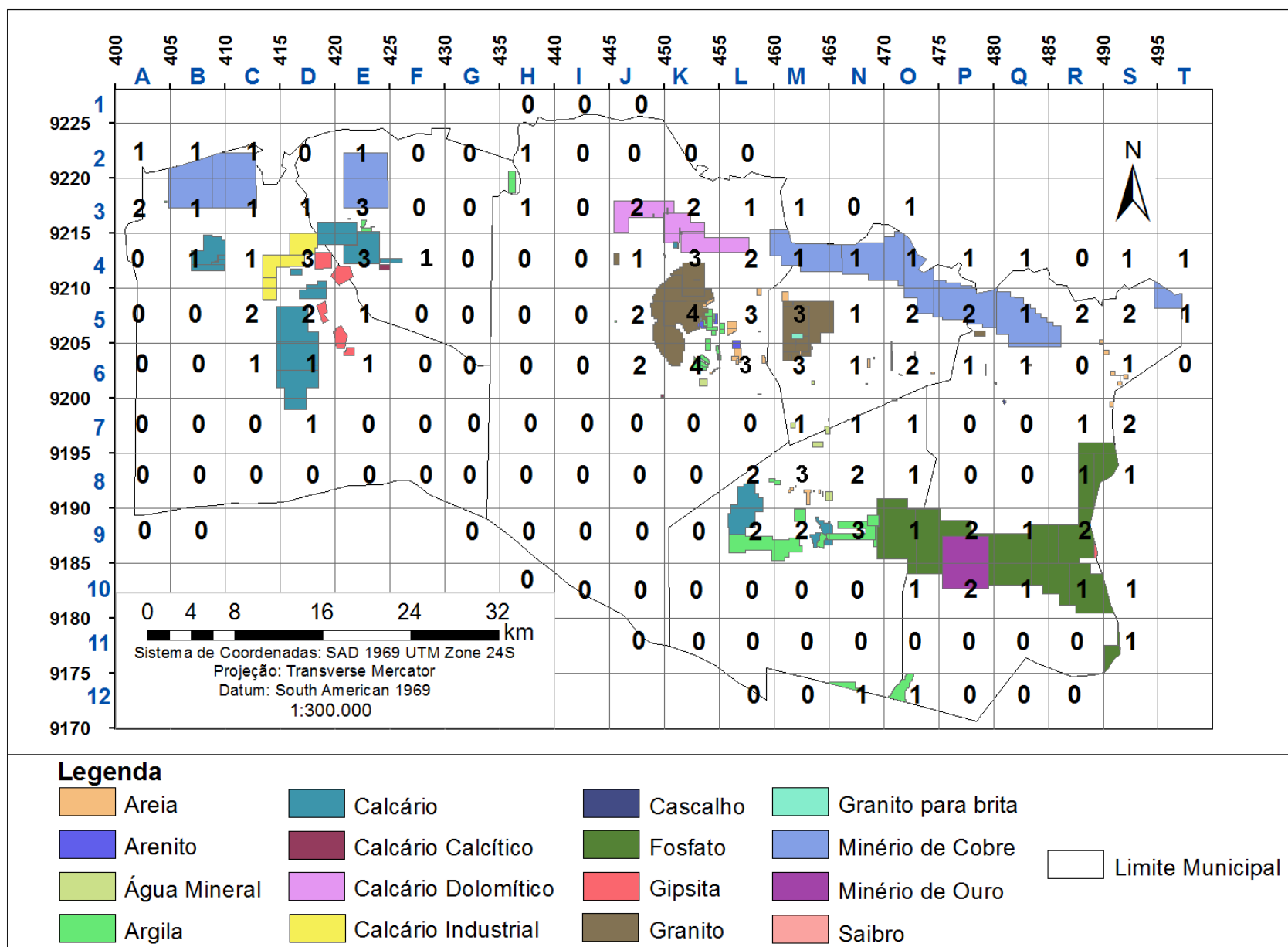


Figura 3.10 - Pontuações do Índice de Recursos Minerais nas grades.

Tabela 3.7 - Síntese dos valores do Índice de Recursos Minerais e a quantidade de quadrículas para os municípios delimitados pelo Geopark Araripe, CE.

Índice de Recursos Minerais	Quantidade de Quadrículas
0	88
1	50
2	21
3	10
4	02

3.5.2 Índice de Geodiversidade

Os valores para o IG variaram entre 3 e 21 pontos. O intervalo de 3 pontos foi estabelecido entre as classes, exceto na representação da classe muito alta devido à grande pontuação em poucas grades, sendo adotado o valor acima de 15 como muito alta. Para a quantificação da Geodiversidade, 5 classes foram estabelecidas. Essa classificação torna a distribuição de vários elementos sintetizados em um único mapa demonstrando as áreas com alta e baixa Geodiversidade (**Tab. 3.8**) (**Fig. 3.11**).

Tabela 3.8 - Relação das classes de Geodiversidade e a quantidade de quadrículas para os municípios delimitados pelo Geopark Araripe, CE

Classes de Geodiversidade	IG	Quantidade de quadrículas
Muito Alta	> 15	31
Alta	12-14	29
Média	9-11	33
Baixa	6-8	25
Muito Baixa	< 5	53

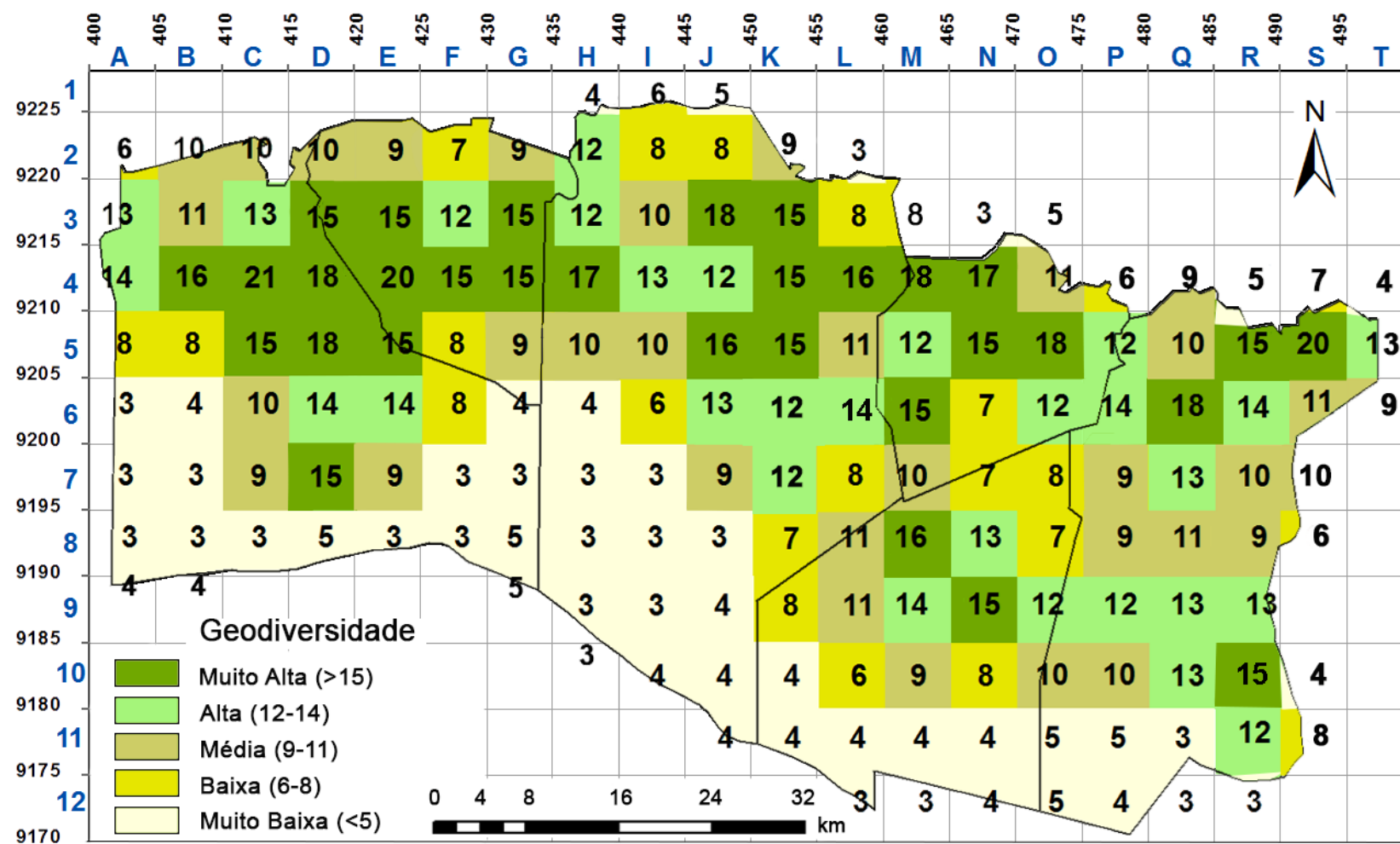


Figura 3.11 – Pontuações do IG e sua divisão em classes.

A Geodiversidade para a área estudada teve predominância da classe muito baixa e baixa em grande parte no alto da Chapada do Araripe, totalizando 35,6%. A Geodiversidade possui um valor equivalente entre as classes média, alta e muito alta, representando 19,3%, 17% e 18,1% respectivamente. Nestas quadrículas, a Formação Exu torna-se menos evidente e os valores passam a apresentar uma Geodiversidade maior. As classes alta e muito alta correspondem a aproximadamente 35,1% do território, onde há grande predomínio na Depressão Sertaneja e também em áreas com grande potencial hídrico (**Fig. 3.12**).

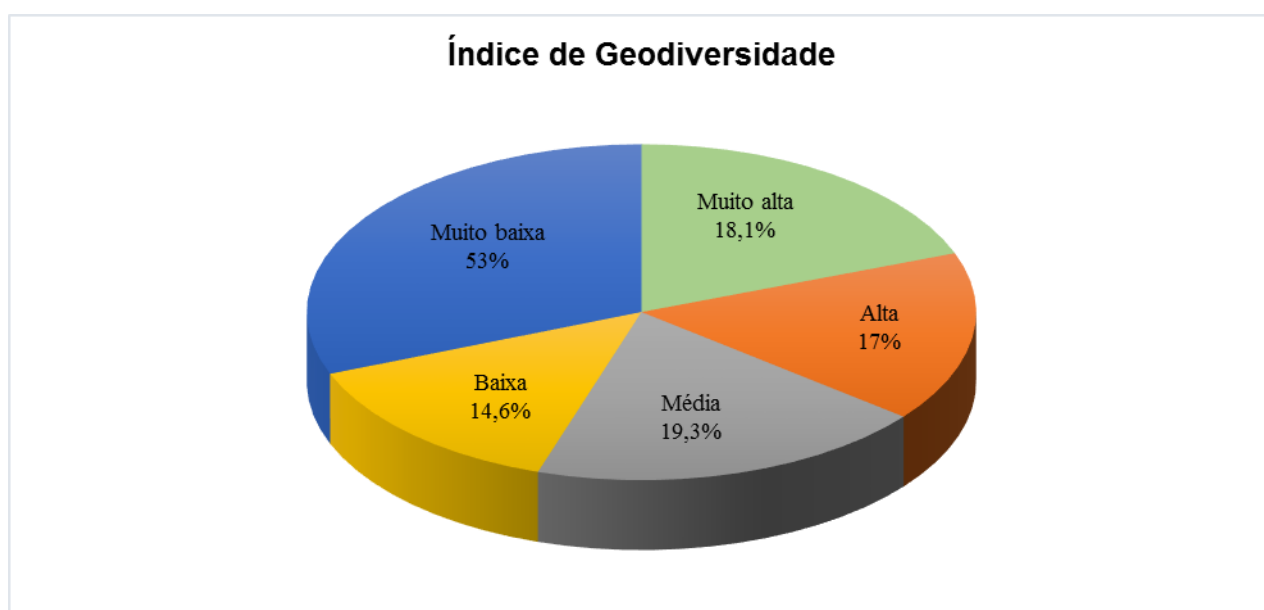


Figura 3.12 - Distribuição percentual das classes de Geodiversidade.

3.5.3 Geodiversidade nos Geossítios do Geopark Araripe

O IG para os Geossítios do Geopark Araripe variou entre 9 e 20 pontos, sendo classificados em Geodiversidade média, alta e muito alta. Os Geossítios Batateiras, Floresta Petrificada e Ponte de Pedra são representativos da classe de Geodiversidade média (9 – 11 pontos). Os valores nos Geossítios Cachoeira de Missão Velha, Colina do Horto, Pontal da Santa Cruz e Riacho do Meio foram classificados como alta Geodiversidade (12 – 14 pontos). Para a alta Geodiversidade foram destinados os Geossítios Pedra Cariri (20 pontos) e Parque dos Pterossauros (15 pontos).

Dos Geossítios analisados, seis apresentam Geodiversidade alta e muito alta (acima de 11%) compreendendo 66,67% do total. Destacam-se os Geossítios Pedra Cariri e Parque dos Pterossauros. Em contrapartida apenas três dos nove Geossítios (Batateiras, Floresta

Petrificada e Ponte de Pedra), correspondendo aos 33,33% restantes, demonstraram a Geodiversidade média (8%) (**Fig. 3.13**).

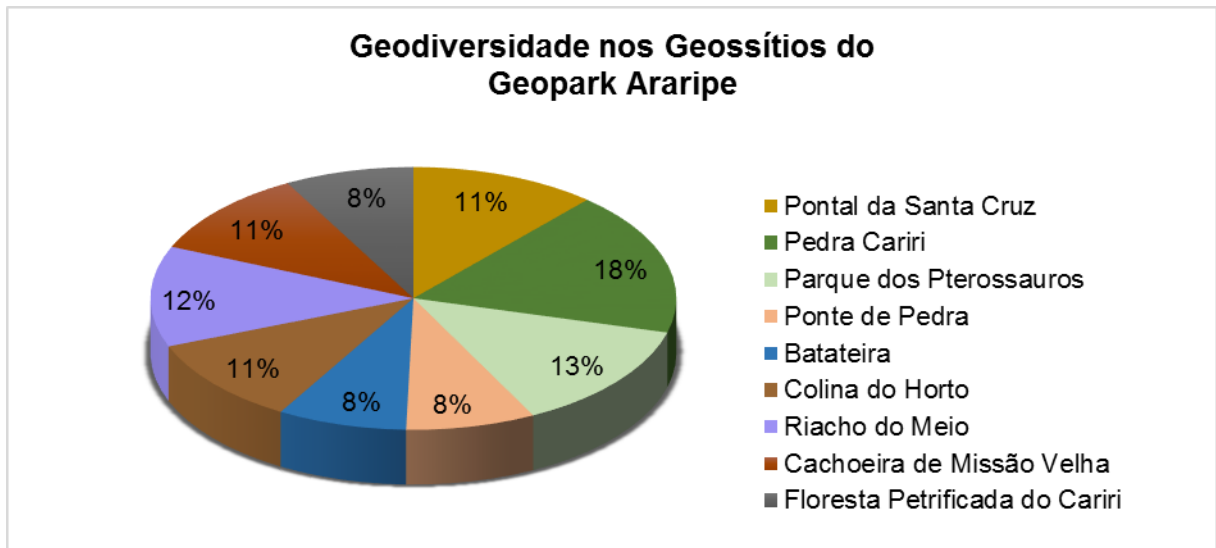


Figura 3.13 - Distribuição percentual das classes de Geodiversidade nos Geossítios do Geopark Araripe.

O índice que determinou o maior valor para o IG na área delimitada pelo Geopark Araripe foi o Geomorfológico com 55,56% tanto com relação aos aspectos de relevo quanto a hidrografia. O Índice Geológico com suas estruturas e litologias estiveram com 20,47% (entre 4 – 6 pontos). Enquanto o menor valor foi estabelecido para o índice pedológico que apresentou para os maiores valores o percentual de 12,87%. A distribuição dos índices individuais para cada Geossítio revela os critérios que enquadraram cada sítio na média, alta e muita alta Geodiversidade (**Fig. 3.14**)

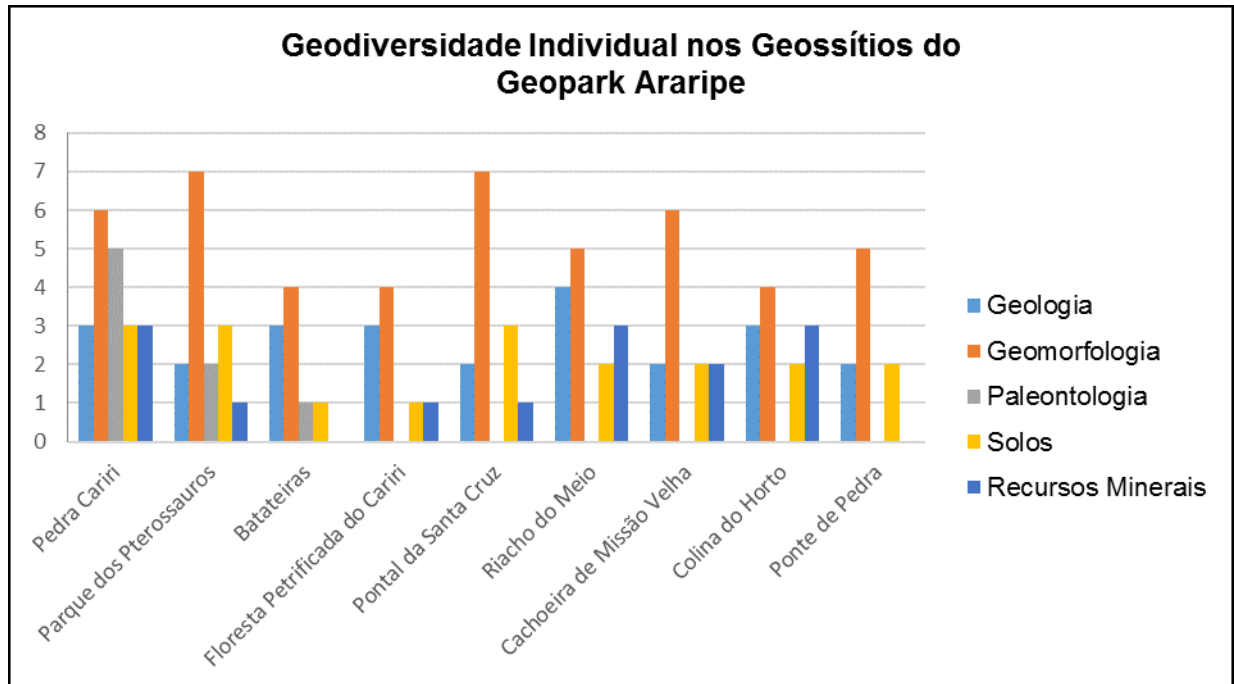


Figura 3.14 - Geodiversidade Individual nos Geossítios do Geopark Araripe.

3.5.4 Análise Ambiental e a Geodiversidade

A exploração e a organização do espaço urbano são condicionadas pelos recursos naturais ou por valores que uma área pode oferecer. Entendendo que a Geodiversidade é a base para o desenvolvimento da Biodiversidade, a degradação dos recursos naturais, provocada principalmente pelo uso intensivo e, às vezes, abusivo do solo tem crescido na área delimitada pelos municípios do Geopark Araripe. Sendo assim, a grande Geodiversidade esteve associada aos lugares mais antropizados: no Geossítio Pedra Cariri, no norte de Santana do Cariri e no aglomerado urbano conhecido como Crajubar, nas cidades do Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha. Nesse aglomerado urbano ainda são encontrados os Geossítios Riacho do Meio, Batateiras e Colina do Horto (**Fig. 3.15**).

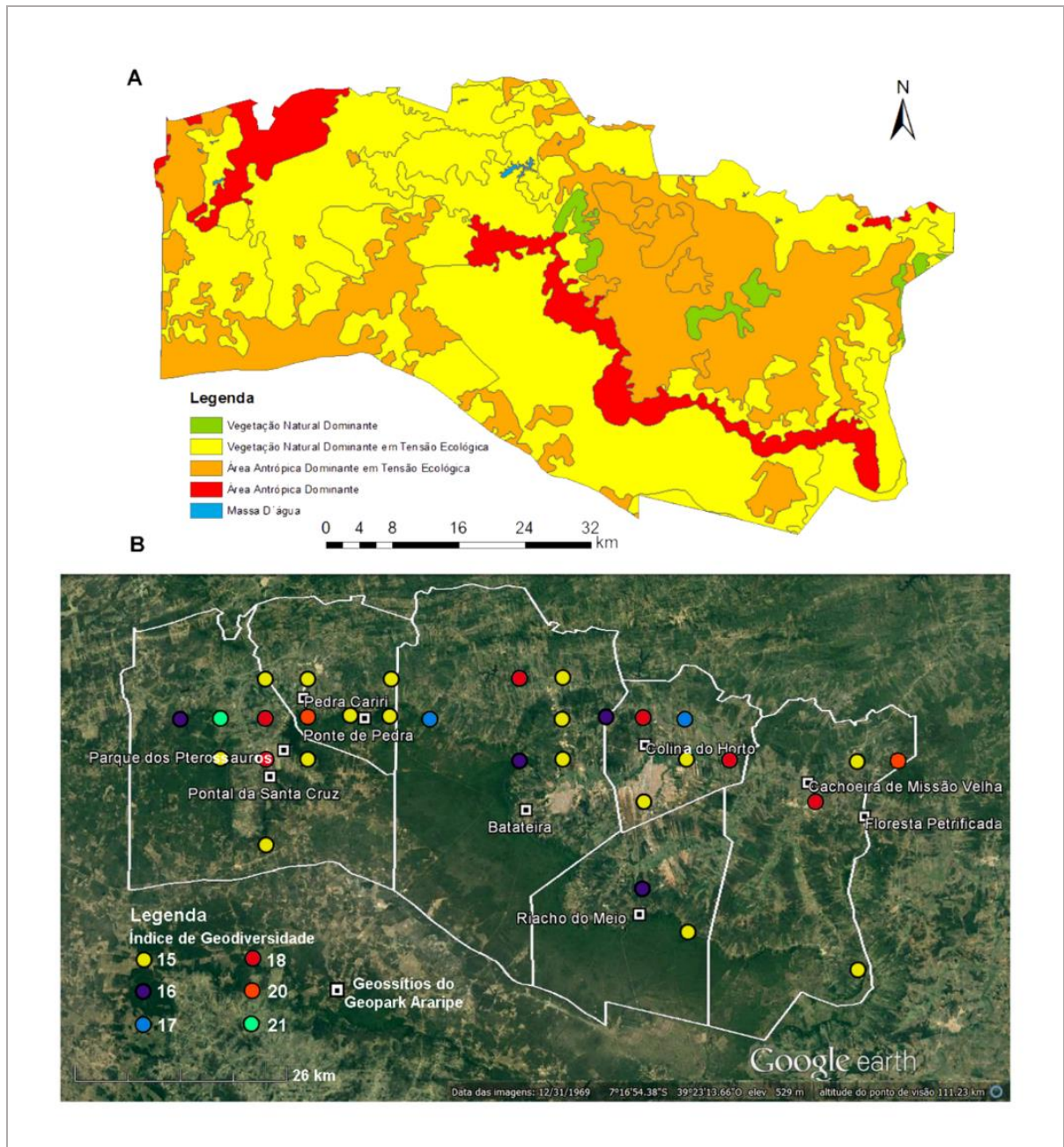


Figura 3.15 - Relação entre as áreas antrópicas e a vegetação com a classe de Geodiversidade muito alta. **A.** Distribuição da antropização na vegetação natural. **B.** Localização do IG muito alto nos seus municípios e Geossítios.

Como o Geossítio Pedra Cariri, em Nova Olinda, apresentou o maior IG dentre os sítios e está localizado em uma zona com grande incidência da mineração, suas imagens foram comparadas a fim de avaliar a degradação ambiental entre os anos de 2008 (**Fig. 3.16 A, B, C**) e 2016 (**Fig. 3.16 D, E, F**). Nesta região ainda há o domínio da vegetação (**Fig. 3.15**).

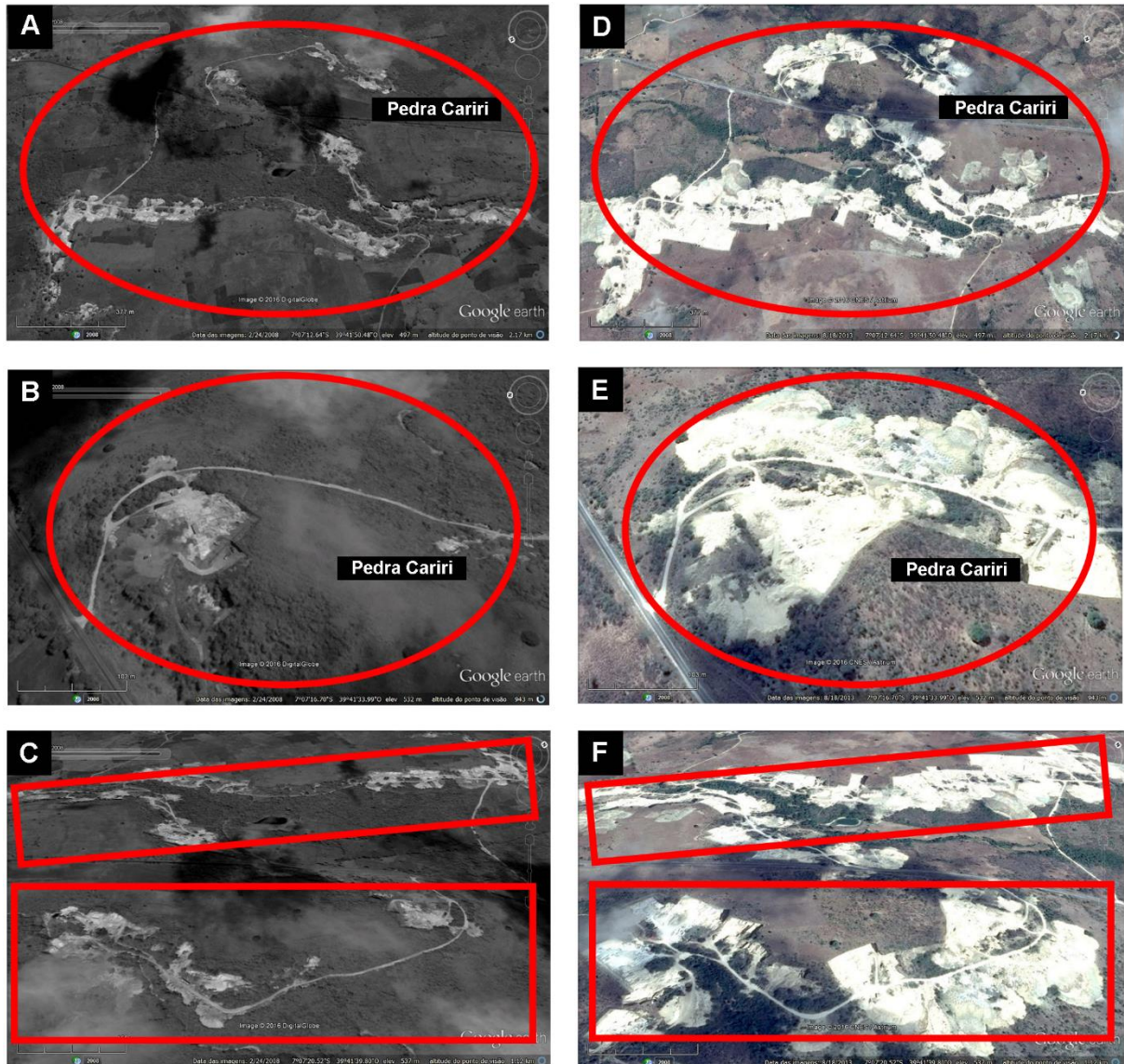


Figura 3.16 - Comparação da degradação no Geossítio Pedra Cariri, em Santana do Cariri, causada pela extração de calcário laminado e gipsita destacada em vermelho. **A, B e C** em 2008; **D, E e F** em 2016.

As principais jazidas minerais de calcário laminado localizam-se nos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri (VIDAL; PADILHA, 2003). Na tentativa de diagnosticar os problemas da produção de calcário laminado na região e propor soluções, em 2003, técnicos do Centro de Tecnologia Mineral (Cetem) e da Companhia de Desenvolvimento do Estado do Ceará (Codece) visitaram as pedreiras locais. Efetuaram um levantamento e apontaram dentre vários problemas, agressão ambiental e do patrimônio fossilífero. Para repassar os problemas detectados foram criadas entre 2005 e 2009 uma rede de cooperação com parcerias locais, estaduais e federais (APL – Arranjo produtivo local). As

atividades do projeto buscaram viabilizar o desenvolvimento regional através da extração e beneficiamento de calcários, principalmente como rocha ornamental.

Foi possível observar um aumento exponencial com o tempo nos danos ambientais nas proximidades do Geossítio Pedra Cariri. Verificou-se que apenas a área do Geossítio se manteve preservada, já seu entorno, que deveria estar sendo protegido e utilizado de modo sustentável, vem sendo rapidamente degradado. Um dos objetivos para criação de um Geoparque é a preservação do Patrimônio Geológico (UNESCO, 2010), que nesse caso não está sendo cumprido, devido à crescente atividade de mineração.

O processo de urbanização está diretamente relacionado com a demanda expressiva dos setores produtivos (LENCIONI, 2008). Com o aumento da urbanização nas cidades brasileiras, os territórios cresceram de forma intensa e desorganizada. O uso e ocupação de determinadas regiões estão ocasionando sérios problemas ambientais (MONTE-MÓR, 1994). A partir dos anos 1970, no Cariri, houve uma ocupação mais intensiva das atividades urbanas nos territórios dos municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, associada à histórica relação de interdependência e complementaridade entre eles, aliada à proximidade física entre os núcleos urbanos destes municípios. Isso promoveu a formação do aglomerado urbano que se convencionou chamar de Crajubar (QUEIROZ, 2014).

As transformações econômicas nos municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, homogeneizaram a estrutura produtiva de ambas, produzindo uma nova dimensão no espaço (QUEIROZ, 2013). As construções residenciais, industriais e pavimentação de estradas modificaram a paisagem natural. Aqui foi possível observar que os três Geossítios inseridos nos municípios do Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha estão sob grande risco ambiental com domínio antrópico bastante acentuado, apresentando a segunda maior aglomeração de alta Geodiversidade dentre todo o território. Ao analisar imagens aéreas por meio do Google Earth de 2004 e 2006 até 2016 é possível perceber a grande degradação e transformação ambiental que essa região foi submetida (**Fig. 3.17**).

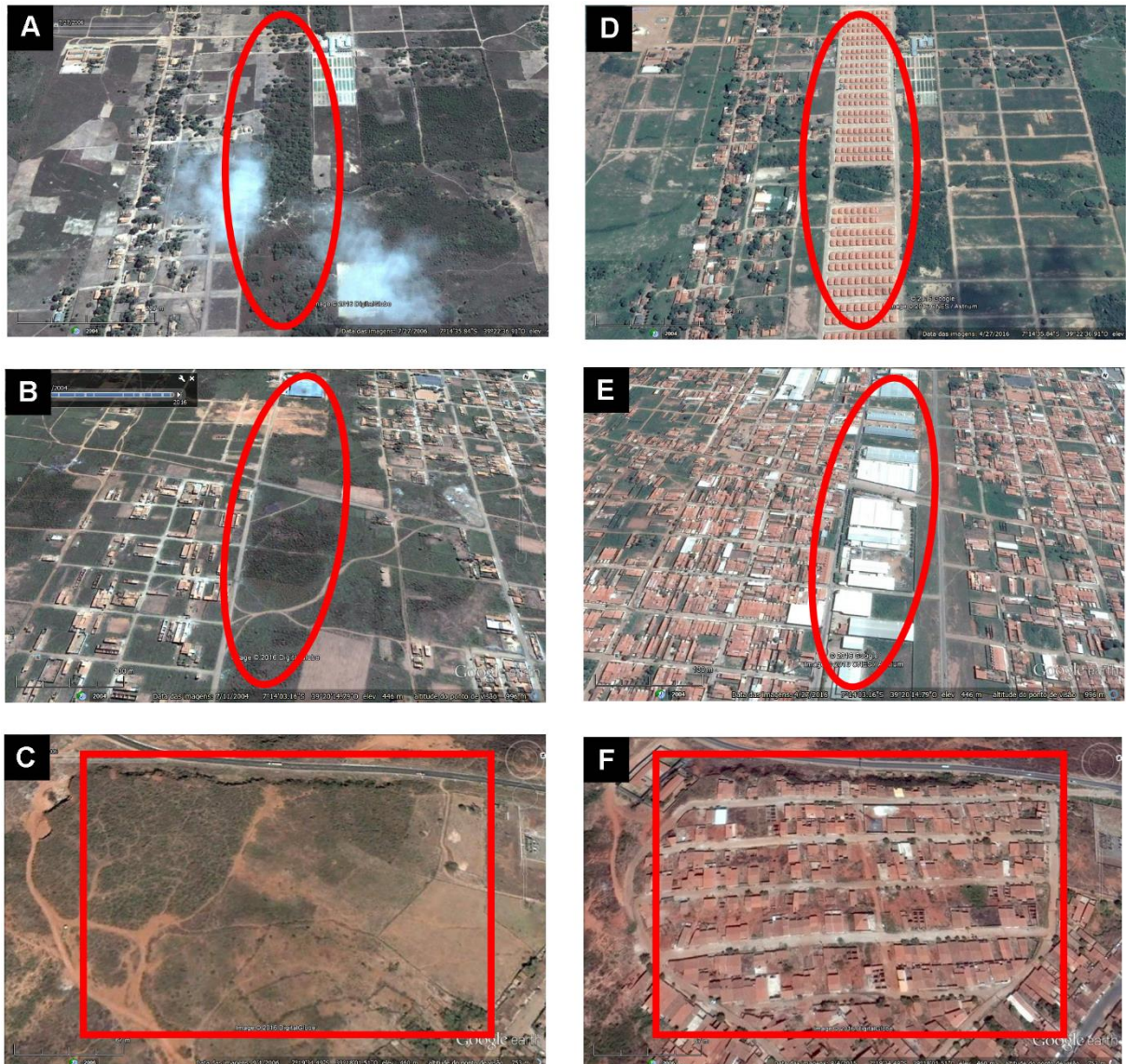


Figura 3.17 - Comparação da degradação ambiental em Crajubar, destacadas em vermelho: **A** e **B** em 2004; **C** em 2006; **D**, **E** e **F** em 2016. **A** e **D**: Cidade do Crato com o surgimento de casas padronizadas em grande escala; **B** e **E**: Juazeiro do Norte com aparecimento de grandes indústrias comerciais acompanhadas do crescimento urbano; **C** e **F**: Barbalha com a evolução da aglomeração urbana em uma área, anteriormente, livre do domínio antrópico.

Os Geossítios que fazem parte dessa massa urbana são: Batateiras (**Fig. 3.18**) Riacho do Meio (**Fig. 3.19**) e Colina do Horto (**Fig. 3.20**). Seus IG foram classificados de médio a alto e a análise comparativa ao longo dos anos realizada. Além das jazidas minerais entre Santana do Cariri e Nova Olinda, outras áreas de importância mineral são as Pedreiras do Rio Batateiras (**Fig. 3.18**), na localidade conhecida como Cachoeira, no Bairro

do Lameiro, cidade do Crato e as pedreiras de Santa Rita e Caldas (**Fig. 3.19**) que ficam próximas ao município de Barbalha (VIANA; NEUMANN,1999). A extração de granito também tem causado impactos ambientais em regiões próximas ao Geossítio Colina do Horto, com distância mínima aproximada de 2,06 km e máxima de 3,25 km, não ultrapassando a grade utilizada para a avaliação da Geodiversidade neste estudo (**Fig. 3.20D**). No Geossítio Riacho do Meio também é possível verificar pequena distância entre a degradação ambiental causada pela mineração do calcário e argila e as áreas do parque (**Fig. 3.19D**).

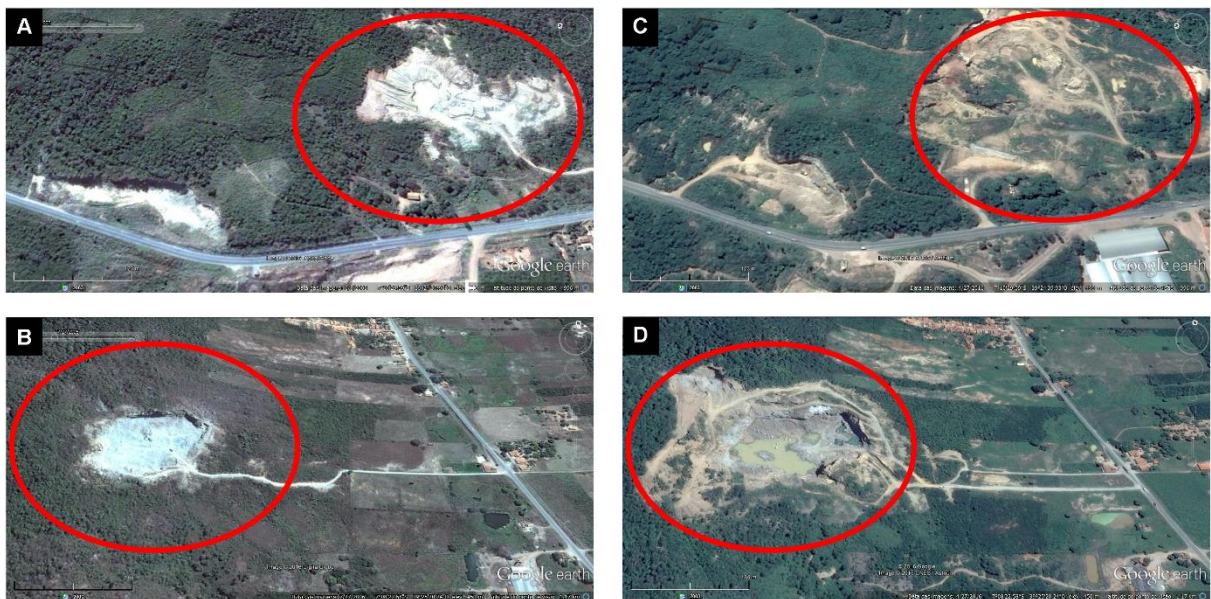


Figura 3.18 - Comparação da degradação ambiental em áreas próximas ao Rio Batateiras, destacadas em vermelho, onde há a pedreira do Rio Batateira, na cidade do Crato: **A** em 2003; **B** em 2006; **C** e **D** em 2016.

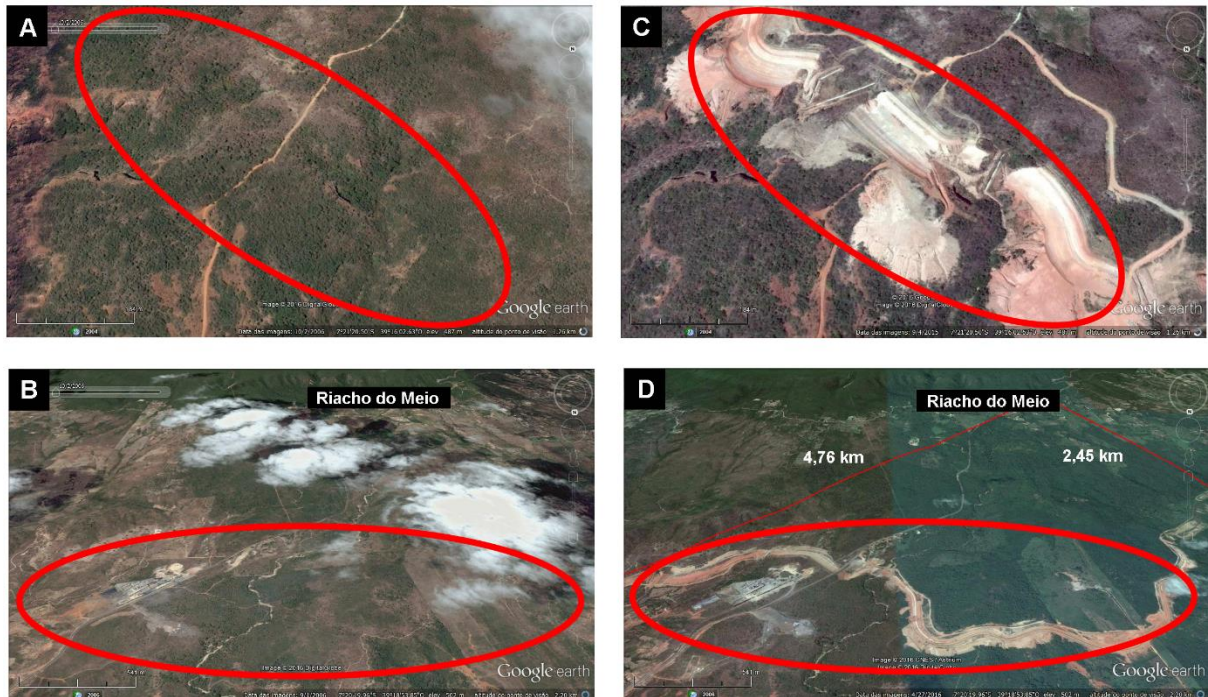


Figura 3.19 - Comparação das áreas próximas ao Geossítio Riacho do Meio no município de Barbalha, onde há extração de calcário, destacadas em vermelho: **A** e **B** em 2006; **C** e **D** no ano de 2016. Em **D** é possível visualizar a distância entre o Geossítio e a zona de extração mineral de argila e calcário.

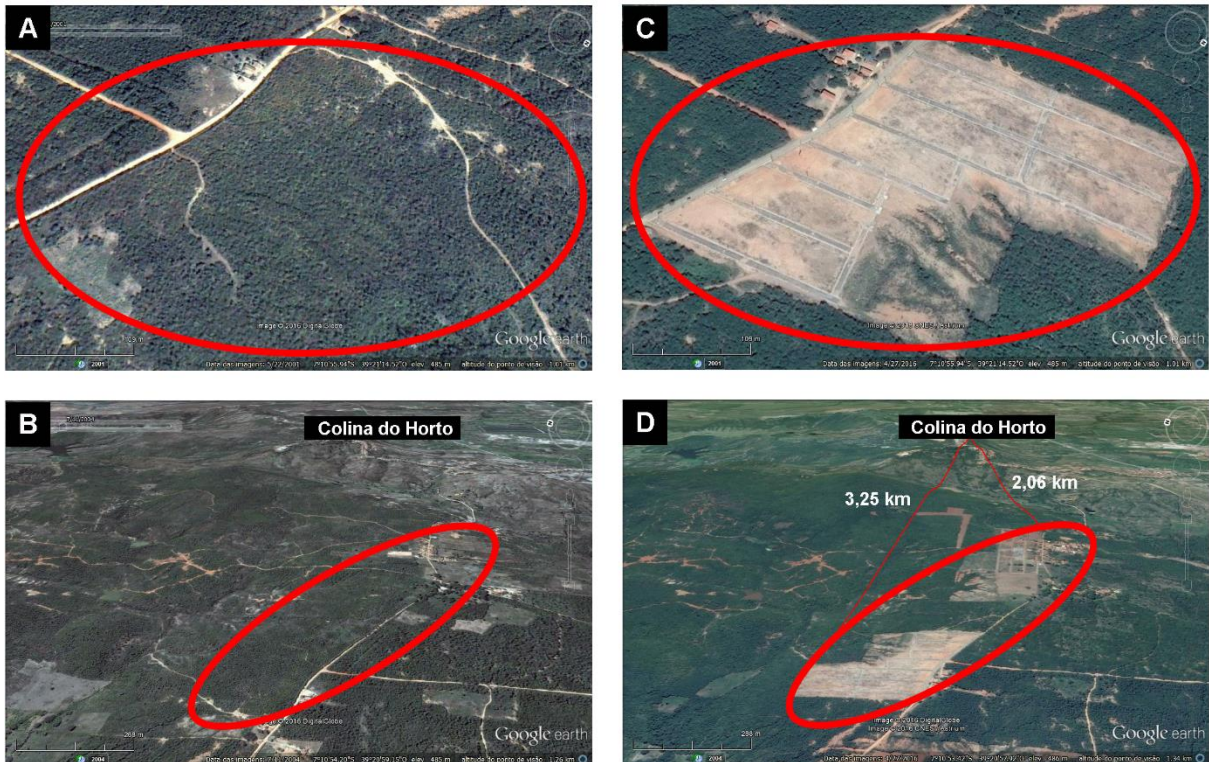


Figura 3.20 - Comparação da degradação ambiental das áreas próximas ao Geossítio Colina do Horto, destaque em vermelho: **A** em 2001; **B**, 2004; **C** e **D** em 2016. Em **D** é destacada a distância entre o Geossítio e a degradação ambiental.

3.6 Discussão

A geomorfologia e geologia foram os aspectos que apresentaram maior significância para a determinação do IG. Enquanto o Índice Pedológico apresentou pequena influência no valor do IG, já que sua distribuição foi considerada homogênea ao longo do território e alcançou na maior parte das áreas o valor de 2 pontos. Na quantificação da Geodiversidade do Paraná, também foi encontrada pouca influência do Índice Pedológico no âmbito da quantificação final do IG (PEREIRA et al. 2013), apesar do seu valor ter alcançado uma variação de até 6 pontos para a diversidade de solos. Assim como verificado aqui, também foi associada a alta Geodiversidade para o Estado às unidades geomorfológicas e litoestratigráficas do Índice Geológico. Ao passo que uma outra análise para o estado de Pernambuco encontrou além de diversidade geomorfológica e geológica uma grande influência dos solos para aumento do IG, atingindo valores que chegaram até 8 pontos (FERREIRA, 2014).

Uma feição que confere valor estrutural ao Índice Geológico é a presença de falhas, estas atuam modelando a estrutura dos sedimentos (ROSS, 1992). Esse aspecto já foi atribuído previamente ao alto valor de Geodiversidade geológica para o município de Araripina, em Pernambuco, atingindo 6 pontos (ARRUDA; BARRETO, 2015). A presença de falhas e zonas de cisalhamento conferiram aumento no índice, além do afloramento de duas Formações/Grupo na área. Esta tendência também foi acompanhada pelo presente estudo, que encontrou a mesma variação para o Índice Geológico, com a alta Geodiversidade relacionada à presença de falhas, zonas de cisalhamento e lineamentos estruturais. No entanto, um dos maiores valores esteve associado aos locais com a presença de até três Formações/Grupos geológicos, aqui representadas pelo Grupo Santana e pelas Formações Exu e Mauriti com 6 pontos e Formações Missão Velha, Brejo Santo e Mauriti com 4 pontos.

O Grupo Santana possui uma alta diversidade litológica sendo subdividido nas Formações Crato, Ipubi e Romualdo (ASSINE, 2007). Os maiores valores para o IG geológico, encontrados por Arruda e Barreto (2015), estiveram associados a esse Grupo aflorante no estado de Pernambuco, que possui também maior representatividade fossilífera. Ao contabilizar as Formações para área do Geopark Araripe, o maior valor também foi predominante para aquelas que compõem o Grupo Santana. Ainda, as áreas de maior Geodiversidade geológica foram encontradas em baixas e médias altitudes, exceto no norte de Santana do Cariri em regiões falhadas e com geomorfologia marcada por elevados índices de dissecação na Depressão Sertaneja e com a presença de Planaltos.

A avaliação da Geodiversidade por Melleli (2014) em uma área protegida na Itália foi classificada em três classes: baixa, média e alta. Apresentou a Geodiversidade alta associada às formas de relevo e no Geossítio Gran Dolina, onde a geomorfologia representada pelo Monte Subásio, atribuíram grandes pontuações nas delimitações do parque. Aqui a Geodiversidade foi classificada em cinco classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta, como proposto por Pereira et al. (2013) e empregado por Arruda e Barreto (2015) e Ferreira (2014). Apesar da diferença na distribuição das classes para determinação da Geodiversidade, as áreas com maior IG também estão associadas aos Geossítios de grande valor geomorfológico. Todos os nove Geossítios analisados aqui estão delimitados por limites morfoestruturais, morfoesculturais e rupturas de declive com destaque para os Geossítios Cachoeira de Missão Velha, que ainda apresentou grande influência da hidrografia, Pontal da Santa Cruz e Pedra Cariri com escarpas serranas e vales encaixados como encontrado por Arruda e Barreto (2013) e Parque dos Pterossauros.

O Índice Paleontológico apresentou grande contribuição para o aumento do IG na região do Geopark Araripe. A Bacia Sedimentar do Araripe é conhecida mundialmente pela grande quantidade de fósseis muito bem preservados (e.g. KELLNER, 1996; KELLNER; TOMIDA, 2000; VILA NOVA et al. 2011), tendo as Formações Crato e Romualdo sido elencadas como dois importantes *Lagerstätten* (MARTILL; FREY, 1998; SAYÃO; KELLNER, 2000; MARTILL, 2007). Em especial os principais afloramentos fossilíferos encontram-se justamente nos municípios de Santana do Cariri e Nova Olinda, que abrigam os Geossítios Parque dos Pterossauros e Pedra Cariri respectivamente. Além desses, outras duas importantes localidades fossilíferas ocorrem no município de Missão Velha, e são representadas pelos icnofósseis das Formações Mauriti e Missão Velha (FAMBRINI et al., 2012), representadas pelos Geossítios Cachoeira de Missão Velha e Floresta Petrificada. Ainda, a Formação Brejo Santo que aflora nas proximidades do município homônimo apresentou Geodiversidade muito alta. Pereira et al. (2013) associou os maiores valores de 8 pontos para o Índice Paleontológico às áreas de maior IG na Bacia Sedimentar do Paraná da Era Paleozoica. Um estudo na Bacia do Rio Xingu encontrou alto IG em sítios com alto potencial fossilífero nas formações geológicas contidas nas bacias do Amazonas, Paraná e Parecis. (SILVA; RODRIGUES; PEREIRA, 2014). Na bacia do Amazonas ocorre o predomínio de rochas sedimentares do Mesozoico (SILVA; RODRIGUES; PEREIRA, 2014), como as encontradas para este estudo provenientes do Cretáceo. Na Bacia do Parecis ocorre ainda predomínio de rochas Cenozoicas e na Bacia do Paraná sedimentos do Paleozoico (SILVA; RODRIGUES; PEREIRA, 2014).

O Índice de Ocorrências Minerais exploráveis também foi um dos fatores que influenciou nas áreas de maior Geodiversidade, tendo os municípios de Santana do Cariri e Nova Olinda como destaque. Com o IG do Paraná, Pereira et al. (2013), observou altas concentrações de recursos minerais também estabelecidas em áreas de alta Geodiversidade com valores de 10 pontos concentrados no Cinturão Orogênico do Atlântico. Seu sub-índice correspondeu à contabilização das ocorrências de recursos mineralógicos potencialmente explorados e exploráveis. Apesar da pequena pontuação do IG para os recursos minerais de 0 a 4 pontos, neste estudo, a concentração do mesmo mineral ao longo de uma grande porção do território evidenciou sua riqueza em pontos específicos. Em maior proporção a pequena distribuição dos minerais calcário e gipsita em 3 e 11 quadriculas, respectivamente, com pontuação de 1 foi observado por Arruda e Barreto (2015). Aqui, ocorre em uma área do Araripe dissecado e Depressão Sertaneja e nas escarpas serranas com limites morfoestruturais como encontrado por Arruda e Barreto (2015).

Na análise quantitativa da Geodiversidade dos componentes geológico e geomorfológico as áreas que apresentaram maior Geodiversidade do Sub-índice Relevô, estiveram relacionadas aos maiores índices para dissecação na Depressão Sertaneja e nas regiões mais baixas da Chapada do Araripe. Estudos anteriores apontaram maiores índices de dissecação do relevo associados à alta Geodiversidade (MELLELI, 2014), assim como observado para a Península Ibérica (BENITO-CALVO et al. 2009). Esse índice refere-se a alta rugosidade do terreno, relacionado a maior intensidade de erosão e diversidade geomorfológica. Como a Depressão Sedimentar apresentou os menores índices para dissecação do relevo, para essa feição morfoescultural foi encontrada a menor Geodiversidade com pequena variação geomorfológica do Sub-índice Relevô, assim como observado anteriormente na porção pernambucana da Bacia do Araripe (ARRUDA; BARRETO, 2015), refletindo uma homogeneidade para esta feição em grande parte da Bacia.

Segundo Assine (2007), o alto da Chapada do Araripe é formado predominantemente pela Formação Exu composta por arenitos. Essa característica influenciou na baixa Geodiversidade geológica encontrada, sendo considerada afossilífera (VALENÇA; NEUMMAN; MABESOONE, 2003). Foi determinado o menor valor de 1 a 2 pontos para essa região que apresenta a maior altitude do território, igualmente encontrado por Arruda e Barreto (2015), mostrando que as grandes altimetrias para a Bacia Sedimentar do Araripe estão relacionadas a baixos índices de Geodiversidade geológica.

O alto da Chapada do Araripe possui solos da ordem latossolo que são muito resistentes à erosão e caracterizados pela alta profundidade e permeabilidade (DANTAS et al., 2014). De acordo com Lima et al. (2014), a ineficácia do acúmulo de água superficial, favorece a manutenção topográfica do relevo, isso teria ocasionado uma Geodiversidade muito baixa essa área. No entanto, o escoamento da água superficial da Chapada, fazem desses locais excelentes aquíferos, além de irrigar a região no sopé da Chapada, como ocorre no Geossítio Batateiras. De acordo com Manosso e Ondicol (2012), com baixos valores dos atributos geológicos e geomorfológicos é esperado a ausência de recursos minerais, bem como fósseis e baixa diversidade pedológica, uma vez que há uma complementaridade entre o Índice Geológico, Geomorfológico e a Geodiversidade.

Na avaliação do IG para a Amazônia legal Maranhense, Silva e Barreto (2014), encontraram a alta Geodiversidade geomorfológica relacionadas às rupturas de declive como também foi encontrado por Arruda e Barreto (2015) nas encostas da Chapada do Araripe, representado pelo Planalto do Araripe Dissecado, próxima aos distritos de Araripina, Rancharia e Gergelim. A alta Geodiversidade em Pernambuco por Ferreira (2014) está concentrada no Sertão do Estado, com os maiores valores relacionados ao Índice Geomorfológico. Isso se explica por dois motivos, um diz respeito à sua grande área e o outro à alta diversidade de domínios geológicos e geomorfológicos. Essa região apresenta três domínios morfoestruturais, dez planaltos sedimentares e duas depressões. Possui ainda extensas rupturas de declive, com grande variação altimétrica, chegando a até cerca de 400m de desnivelamento entre as unidades. Essas configurações, associadas aos intensos processos denudacionais pretéritos e atuais, geram uma região de múltiplas paisagens e formas de relevo. Como há uma estreita associação entre as rupturas de declive e as áreas de grande rugosidade do relevo, aqui foi determinada uma Geodiversidade alta e muito alta nessas regiões. Ao analisar a sobreposição do mapa de altimetria com o do IG, é possível constatar essa correlação, por exemplo, ao longo da escarpa erosiva nas encostas da Chapada do Araripe, região dissecada, bem como na área de planaltos na porção norte de Santana do Cariri.

Relevos escarpados marcam o contato entre depressões e planaltos, mudando a conformação do território (ROSS, 1992). Com relação ao Sub-índice Relevo, Pereira et al. (2013) encontrou os altos valores relacionados aos limites entre as morfoesculturas e morfoestruturas da Bacia Sedimentar do Paraná e o Cinturão Orogênico Atlântico. Aqui os maiores valores também estiveram associados aos limites das morfoesculturas e morfoestruturas da Bacia do Araripe, Coberturas Sedimentares e dos Cinturões Móveis Neoproterozoicos.

Para avaliação da Geodiversidade Benito-Calvo et al. (2009) utilizou um processo de classificação baseado em mapas morfométricos, morfoclimáticos e geológicos para a Península Ibérica. Encontrou uma estreita relação entre os valores do Índice Geológico e Geomorfológico, como também foi determinado por Melleli (2014). Neste trabalho, foi encontrada a mesma quadrícula com maior valor para o Índice Geológico e Sub-índice Relevo, mostrando que a geologia e a geomorfologia estão, intimamente, associados. Ainda os maiores valores para o Índice Geológico e Geomorfológico coincidem ao longo de todo o território.

Benito-Calvo et al. (2009) ainda observou, altas porcentagens em todas as unidades geológicas em zonas semi-áridas associadas à bacia hidrográfica do rio Guadalquivir. Sabendo que o clima é um fator essencial que altera e condiciona o meio ambiente, neste trabalho as zonas com clima semi-árido foram as que apresentaram a maior diversidade para o Índice Geológico. Além disso, para a hidrografia dos grandes rios Salgado e Batateiras, localizados em Missão Velha, foi atribuído o maior valor no leito do seu curso, assim como foi observado para o rio Paraná (PEREIRA et al. 2013). Essa alta Geodiversidade está relacionada a hierarquia fluvial de quarta ordem estabelecida para o território, mais a confluência dos rios dentro da mesma grade.

Ao analisar a Geodiversidade da Bacia do Rio Xingu foram encontrados altos valores em áreas que não apresentavam nenhum tipo de proteção legal e com grande potencial fossilífero. O ponto mais significativo ocorreu onde está sendo construída a Usina Hidrelétrica de Belo Monte (SILVA et al., 2013), que segundo Gorayeb (2009), sua implantação acarretará mudanças drásticas no meio ambiente. Neste trabalho, os locais que apresentaram maiores IG também estão associados às áreas de impactos negativos antrópicos com a extração de calcário laminado e gipsita. Ainda, a alta e muito alta Geodiversidade e degradação também esteve presente em locais de grande representatividade paleontológica como no Geossítio Pedra Cariri.

No final da década de 90 já se discutia que a grande degradação ambiental, bem como do Patrimônio fossilífero advindos da mineração na região da Pedra Cariri com o assoreamento dos riachos e aumento de zonas de erosão. Nas imagens aéreas analisadas neste estudo, observou-se que nesse intervalo de tempo o aumento da degradação pela extração de calcário laminado modificou a paisagem. Foram áreas que apresentaram maior IG e também de degradação ambiental. Ainda não existem estudos quantitativos quanto a produção de rejeitos da Pedra Cariri, estimando-se uma produção de 850 toneladas de resíduos por ano (VIDAL; FERNANDES, 2007), mostrando que a situação atual é bastante agravante e devastadora para a Biodiversidade e os georecursos.

Segundo Viana e Neumann (1999), as principais jazidas minerais estão concentradas em três localidades: entre Nova Olinda e Santana do Cariri, ao longo do Rio Batateiras, na cidade do Crato e nas pedreiras Santa Rita e Caldas, próximas a Barbalha. Essas regiões, de acordo com o IBGE (2016), não apresentam mais a vegetação natural dominante e em algumas regiões que apresentaram ocorrências de vegetação estão sob o domínio antrópico. Foi evidenciado neste estudo que, a vegetação natural dominante é bastante escassa, concentrada no município do Crato, Barbalha e Missão Velha, próxima às áreas de domínios antrópicos, expondo o meio ambiente à degradação dos georecursos.

A rede de cooperativas criada na região da mineração entre Santana do Cariri e Nova Olinda (APL), identificaram com o seu levantamento: mineração em áreas não legalizadas, falta de licenciamento ambiental, ocorrências fossilíferas dentro da unidade onde era extraído o calcário e descarte dos rejeitos no meio ambiente com o mau aproveitamento dos rejeitos da Pedra Cariri. As ações visavam, dentre outras, a redução das áreas degradadas pela mineração (SDLRCE, 2016). No entanto, em 2008, o problema da degradação ambiental como se pode observar nas imagens, manteve-se constante até a atualidade de forma bastante acentuada e próximo ao Geossítio de maior Geodiversidade de todo o Geopark Araripe.

Na extração da gipsita, há necessidade de remoção do capeamento argiloso superficial que recobre a camada mineral (MME, 2009). A presença de gipsita ocorre em camadas descontínuas, com espessura variável entre 5 e 20 m intercaladas em folhelhos e margas para produção de gessos cerâmicos, médicos, para construção, além de fornecimento agrícola na correção de solos (DNPM, 1996). A atividade produz impactos ao meio ambiente, como a poluição atmosférica por gases e partículas sólidas, causada pela detonação de explosivos e emissão gerada pelos motores diesel que acionam os equipamentos de lavra (MME, 2009). Além disso, a extração de gipsita altera a topografia superficial do relevo com a escavação e o seu rejeito fica normalmente em desuso (ARRUDA, 2013). Silva (2010) propôs a exploração dos argilominerais que recobrem as camadas de gipsita para obtenção de pigmentos inorgânicos para a indústria de cerâmica, representando uma alternativa de mineração sustentável na região.

Outro problema ambiental enfrentado na região refere-se a crescente urbanização que vem ocorrendo na área formada pelos municípios do Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha desde a década de 70 (QUEIROZ, 2013). O desenvolvimento da economia nessa região não foi acompanhado por um planejamento que visasse às questões e os problemas relacionados ao forte crescimento regional. Tais mudanças estão relacionadas à conjuntura da industrialização, do comércio e do turismo religioso que formaram um aglomerado urbano

em torno dessas cidades (QUEIROZ, 2014). Segundo Magalhães, Peulvast e Bétard (2010), as condições climáticas propiciadas pela Bacia Sedimentar do Araripe tornaram a urbanização do Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, ainda mais caótica. Aqui, ao analisar as imagens aéreas é possível confirmar que o aumento populacional continuou a crescer e degradar de forma intensiva o meio ambiente. A paisagem foi tão modificada a ponto de não favorecer o reconhecimento visual devido a retirada da vegetação, surgimento de estradas e aumento das construções residenciais e industriais.

De acordo com Lopes (2008) o mapeamento do uso e cobertura do solo promove a identificação e localização de áreas exploradas de forma inadequada auxiliando a tomada de decisões pelos órgãos fiscalizadores. Dessa forma, o sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas são fundamentais na interpretação das transformações ocorridas no tempo e no espaço (FAUSTINO; RAMOS; SILVA, 2014). Neste estudo, o mapeamento das áreas de cobertura vegetal degradadas pelo homem mostraram áreas de grande prioridade para a Geoconservação. Esses locais com alto IG forneceram uma análise eficiente quando comparadas às imagens históricas sobre a evolução da degradação territorial.

3.7 Conclusão

Apesar da grande influência de todos os componentes na Geodiversidade, o Índice Geomorfológico e Geológico são grandes determinantes da alta Geodiversidade encontrada e estão envolvidos com a diversidade dos solos, relevo, fóssil e mineração.

A alta e muito alta Geodiversidade estão associadas às falhas, zonas de cisalhamento, lineamento estruturais e variedades estratigráficas na parte geológica. Com relação à hidrografia se destacam o curso dos grandes rios como o Salgado e Batateiras. No relevo sobressaem as rupturas de declive com baixa e média altitudes, mais os índices de dissecação e os limites morfoestruturais e morfoesculturais, bem como as áreas nas encostas da Chapada do Araripe e a Depressão Sertaneja. Com relação aos recursos minerais, o calcário foi o mais representativo e o que apresentou a maior degradação ambiental.

Além dessas características, o alto IG e a degradação ambiental estão sempre contornando os Geossítios e os locais com grande riqueza fóssil e de recursos minerais. Mostrando que os Geossítios não estão retardando nem tornando estável os impactos ambientais, ocorrendo grandes mudanças antrópicas ao redor dessas áreas a ponto de não ser mais possível encontrar a vegetação dominante sem a influência antrópica. A

paleontologia é de extrema importância para essas áreas já que apresentam os maiores IG, podendo contribuir para a conservação do território devido ao seu grande patrimônio fossilífero.

A média Geodiversidade esteve no limite entre a Formação Exu e o Grupo Santana quando interceptam a escarpa erosiva e começam a aparecer os Geossítios, os grandes rios e as falhas. No alto da Chapada do Araripe e na Depressão Sedimentar são os dois locais com nenhum ou menor índice de dissecação, atribuído o IG baixo e muito baixo.

Importantes iniciativas e planejamento ambiental podem ser implementadas apoiadas nos mapas elaborados neste estudo. Podem ser identificadas as áreas que apresentam grandes riscos ambientais dentro e fora dos Geossítios e nas áreas mais devastadas pelo homem. Como os locais com grande IG são os mais afetados, a importância de medidas de Geoconservação nessas áreas são de extrema importância para a conservação desse Patrimônio Geológico conhecido mundialmente.

3.8 Referências Bibliográficas

ARRUDA, K. E. C. **Geodiversidade do município de Araripina-PE, Nordeste do Brasil**. 2013. 178 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE. 2013.

ARRUDA, K. E. C.; BARRETO, A. M. F. Índice de geodiversidade do município de Araripina - PE, Brasil. **Estudos Geológicos**, Recife, v. 25, n. 1, p. 103-107, 2015.

ASSINE, M. L. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 22, n. 3, p. 289-300, 1992.

ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 15, p. 371-389, 2007.

BENITO-CALVO, A. *et al.* Assessing regional geodiversity: the Iberian Peninsula. **Earth Surface Processes and Landforms**, Reino Unido v. 34, n. 10, p.1433-1445, 2009.

BRILHA, J. B. R. **Patrimônio geológico e geoconservação**: a conservação da natureza na sua vertente geológica, São Paulo: Palimage, 2005. 190 p.

BRITO NEVES, B. B. A Bacia do Araripe no contexto geotectônico regional. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIA INTERIORES DO NORDESTE, 1. 1990. Crato, Ceará. **Anais...** Crato – CE: DNPM, 1990. p. 21-33.

CARCAVILLA URQUI, L.; LÓPEZ MARTÍNEZ, J.; DURÁN VALSERO, J. **Patrimonio geológico y geodiversidad**: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2007. 360 p. (Serie Cuadernos del Museo Geominero, n. 7).

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Banco de dados Geobank**. Disponível em: <<http://geobank.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 05 abr. 2015.

DANTAS, M. E.; ARMESTO, R. C. G; ADAMY, A. A Origem das Paisagens. In: SILVA, C.R. (Ed.). **Geodiversidade do Brasil**: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2008. p. 33-56.

DANTAS, M. *et al.* Origem das paisagens. In: BRANDÃO, R. L.; FREITAS, L. C. B. (Eds.). **Geodiversidade do Estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014. p. 35-60.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Avaliação Ambiental da Região do Cariri**. Série de Recursos Minerais, Fortaleza, v. 7, p. 58, 1996.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 2. ed. Brasília, 2006. 286 p.

FAUSTINO, A. B.; RAMOS, F. F.; SILVA, S. M. P. Dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (RN) com base em Sensoriamento Remoto e SIG: uma contribuição aos estudos ambientais. **Sociedade e Território**, Natal, v. 26, n. 2, p. 18-30, 2014.

FERREIRA, B. **Geodiversidade do Estado de Pernambuco, NE do Brasil**. 2014. 254 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Departamento de Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco. 2014.

GEOPARK ARARIPE. **Geossítios do Geopark Araripe**. Disponível em: <<http://geoparkararipe.org.br/>>. Acesso em: 04 out. 2015.

GORAYEB, I. S. Considerações sobre a problemática com insetos hematófagos vetores de doenças. In: SANTOS, M. S. B.; SONIA, M. S. B; HERNANDEZ, F. M. (Orgs.). **Painel de especialistas. Análise crítica do estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte**, 2009.

HERZOG, A.; SALES, A.; HILLMER, G. **O Geopark Araripe**: Uma pequena história da evolução da vida, das rochas e dos continentes. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas temáticos**. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/tematicos>>. Acesso em: 03 mai. 2016.

KELLNER, A. W. A. Reinterpretation of a remarkably well preserved soft tissue from the Early Cretaceous of Brazil. **Journal of Vertebrate Paleontology**, Chicago, v. 6, n. 4, p. 718-722, 1996.

KELLNER, A. W. A.; TOMIDA, Y. Description of a new species of Anhangueridae (Pterodactyloidea) with comments on the pterosaur fauna from the Santana Formation (Aptian-Albian), northeastern Brazil. **National Science Museum Monographs**, New Zealand, v. 17, p. 1-135, 2000.

LENCIONE, S. Concentração e centralização das atividades urbanas: uma perspectiva multiescalar. Reflexões a partir do caso de São Paulo. **Revista de Geografia Norte Grande**, Chile, n. 39, p. 7-20, 2008.

LIMA, F. J. *et al.* **Ensaio de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 6, 2014.

LOPES, L. H. M. Uso e cobertura do solo no município de Tailândia-PA utilizando o TM/LANDSAT e técnica de classificação não-supervisionada. **Engevista**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 126-132, 2008.

MAGALHÃES, A. O.; PEULVAST, J. P.; BÉTARD, F. **Geodinâmica, perigos e riscos ambientais nas margens úmidas de planaltos tropicais**: Levantamento preliminar na região do Cariri oriental (Ceará, Brasil), 2010. In: VI SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, Coimbra, 2010. 136 p.

MANOSSO, F. C.; ONDICOL, R. P. Geodiversidade: considerações Sobre Quantificação e Avaliação da Distribuição Espacial. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 35, p. 90-100, 2012.

MARTILL, D. M. The age of the Cretaceous Santana Formation fossil Konservat Lagerstätte of north-east Brazil: A historical review and an appraisal of the biochronostratigraphic utility of its palaeobiota. **Cretaceous Research**, Amsterdam, v. 29, p. 1-26, 2007.

MARTILL, D. M.; FREY E. A new pterosaur Lagerstätte in NE Brazil (Crato Formation; Aptian, Lower Cretaceous): preliminary observations. **Oryctos**, France, v. 1, p. 79-85, 1998.

MELLELI, L. Geodiversity: a new quantitative index for natural protected areas enhancement. **GeoJournal of Tourism and Geosites**, Romania, v. 13, n. 1, p. 27-37, 2014.

MME. Ministério de Minas e Energia. Desenvolvimento de estudos para elaboração do plano duodecenal de geologia, mineração e transformação mineral. **Perfil da Gipsita**. 2009, p. 30.

MONTE-MÓR, R. L. Urbanização extensiva e novas lógicas de povoamento: um olhar ambiental. In: SANTOS, M.; SOUZA, M. A. A.; SILVEIRA, M. L. (Orgs.). **Território**: globalização e fragmentação. São Paulo: Hucitec: Anpur, 1994. p.169-181.

NEUMANN, V. H. M. L. **Estratigrafia, Sedimentologia, Geoquímica y Diagénesis de los Sistemas Lacustres Aptiense-Albiense de la Cuenca de Araripe (Nordeste do Brasil)**. 1999. 233 f. Tese (Doutorado em Estratigrafia y Paleontología) - Departamento da Geoquímica, Petrologia y Prospección Geológica, Universidad de Barcelona. 1999.

PEREIRA, D. *et al.* Geodiversity assessment of Paraná State (Brazil): an innovative approach. **Environmental Management**, Pensilvânia, v. 52, p. 541-552, 2013.

PONTE, F. C.; PONTE-FILHO, F. C. **Estrutura Geológica e Evolução Tectônica da Bacia do Araripe**. Recife: DNPM, 1996. 68 p.

QUEIROZ, I. S. **A metrópole do Cariri: institucionalização no âmbito estadual e a dinâmica urbano-regional da aglomeração do Crajubar**. 2013. 205 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Urbano). Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, 2013.

QUEIROZ, I. S. Região metropolitana do Cariri cearense, a metrópole fora do eixo. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 3, p. 93-104, 2014.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo, **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH-USP, São Paulo, n. 6, p.17-29, 1992.

SAYÃO, J. M.; KELLNER, A. W. A. Description of a pterosaur rostrum from the Crato Member, Santana Formation (Aptian-Albian) northeastern Brazil. **Boletim do Museu Nacional**, v. 54, p. 1-8, 2000.

SDLRCE. Secretaria do Desenvolvimento Local e Regional do Estado do Ceará. **Arranjo produtivo local de pedras ornamentais em Nova Olinda e Santana do Cariri**. Disponível em:<http://conteudo.ceara.gov.br/content/aplicacao/sdlr/_includes/PDFs/APL%20%20Carir0-%20Pedras.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2016.

SILVA, S. A. B. **Estudos para a utilização dos argilominerais das jazidas de gipsita do Araripe PE para produção de pigmentos naturais**. 2008. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco.

SILVA, J. P.; BARRETO, H. N. Mapeamento dos índices de geodiversidade da Amazônia legal maranhense. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 10, n. 1, p. 55-60, 2014. Edição Especial.

SILVA, J. P. *et al.* Geodiversity assessment of the Xingu drainage basin. **Journal of Maps**, Londres, v. 9, p. 1-9, 2013.

SILVA, J. P.; RODRIGUES, C.; PEREIRA, D. I. Mapping and Analysis of Geodiversity Indices in the Xingu River Basin, Amazonia, Brazil. **Geoheritage**, Colorado, v. 7, n. 4, p. 337-150, 2014.

STANLEY, M. Geodiversity. **Earth Heritage**, Reino Unido, v. 14, p. 15-18, 2000.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, Colorado, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, 1952.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, Massachusetts, v. 8, n. 6, p. 913-920, 1957.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura. **Application Guidelines for Membership of the Global Geoparks Network**. Genebra: UNESCO, 2010. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/sc_geoparcs_2010guidelines.pdf>. Acesso em: 16 jan 2015.

VALENÇA, L. M. M.; NEUMANN, V. H.; MABESOONE, J. M. An overview on Calloviane Cenomanian intracratonic basins of northeast Brazil: onshore stratigraphic record of the opening of the southern Atlantic. **Geological Acta**, Barcelona, v. 1, p. 261-275, 2003.

VIANA, M. S.; NEUMANN, V. H. L. 1999. O Membro Crato da Formação Santana, CE. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Eds.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: DNPM/CPRM – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 1977. v. 1, p. 113-120.

VIDAL, F. W. H.; FERNANDES, T. W. G. Inovação tecnológica para valorização da pedra Cariri - CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 6., 2007. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. p. 298-305.

VILA NOVA, B. C. *et al.* Controlled excavations in the Romualdo Formation Lagerstatte (Araípe Basin, Brazil) and pterosaur diversity: remarks based on new findings. **Palaio**, Tulsa, Oklahoma, v. 26, n. 3, p. 173-179, 2011.

XAVIER-DA-SILVA, J. Metodologia de Geoprocessamento. **Revista de Pós-Graduação em Geografia**, Rio de Janeiro, p. 25-34, 1997.

XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro: Ed. Jorge Xavier da Silva, 2001. 228 p.

XAVIER-DA-SILVA, J. *et al.* Índice de geodiversidade: aplicações de SGI em estudos de biodiversidade. In: GARAY, I.; DIAS, B. (Org.). **Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2001. p. 299-316.

CAPÍTULO 4

4.1 Discussão Geral e Conclusões

O IG é uma ferramenta de extrema importância para o gerenciamento de áreas que apresentam riquezas abióticas. Além de tornar a fácil compreensão dos territórios com alta Geodiversidade, reúne informações que estão espalhadas em diversos locais em um único estudo. Áreas prioritárias para conservação da natureza são quantificadas para que o uso da terra seja melhor planejamento promovendo a Geoconservação com uma gestão eficiente dos recursos naturais.

A Geodiversidade é o ponto de partida para a variabilidade dos elementos abióticos e também da Biodiversidade. Promover a manutenção de paisagens únicas garante a sobrevivência de diferentes formas de plantas e animais (Biodiversidade). Nos Geossítios há uma condição necessária para promover áreas protegidas, uma vez que a Geodiversidade está diretamente ligada aos parques. Uma avaliação qualitativa dos Geossítios já é bem definida na literatura. Essa avaliação quantitativa mostra uma perspectiva imparcial, numérica e visual sobre a situação real do papel dos Geossítios na manutenção e conservação do Patrimônio Geológico.

A Paleontologia é um dos aspectos de grande relevância para a sociedade e para o conhecimento da evolução histórica da área e da Biodiversidade. Os fósseis assim como a Biodiversidade são condicionados pela Geodiversidade. A utilização do Patrimônio Paleontológico pode auxiliar na preservação de áreas que estão degradadas pelo homem. Essa abordagem assegura o avanço do conhecimento sobre a identificação da Geodiversidade para o desenvolvimento do patrimônio natural. Prever a evolução e transformações do uso da terra ao longo dos anos em área com a Geodiversidade muito alta para que se possa planejar a gestão adequada.

O desenvolvimento das técnicas computacionais gerou, para as investigações ambientais, novas possibilidades analíticas. Proporcionou a varredura minuciosa de

uma área geográfica contida em uma base de dados em uso, por um SIG (XAVIER-DA-SILVA, 1997, 2001). Logo, Ferramentas de análise espacial são utilizadas para obter um conjunto de dados digitais que enquadrar a área em cinco classes de Geodiversidade. Este estudo pode auxiliar na implementação de um modelo computacional para a Geodiversidade em diferentes escalas e grades, para melhor definição dos parâmetros que definem a Geodiversidade e a degradação ambiental em cada território, permitindo a identificação da variabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

- ARAI, M. Revisão estratigráfica do Cretáceo Inferior das Bacias Interiores do Nordeste do Brasil. **Geociências UNESP**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 7-15, 2006.
- ARAÚJO, E. L. S. **Geoturismo**: conceitualização, implementação e exemplo de aplicação no Vale do Rio Douro no setor Porto Pinhão. 2005. 219 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) - Escola de Ciências, Universidade do Minho. Portugal, 2005.
- ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa, Canadá: WDL Publications, 1989. 295 p.
- ARRUDA, K. E. C.; BARRETO, A. M. F. Índice de geodiversidade do município de Araripina - PE, Brasil. **Estudos Geológicos**, Recife, v. 25, n. 1, p. 103-107, 2015.
- ASSINE, M. L. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 22, n. 3, p. 289-300, 1992.
- ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 15, p. 371-389, 2007.
- BACCI, D. C. *et al.* Geoparque: estratégia de geoconservação e projetos educacionais. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, São Paulo, v. 5, p. 7-15, 2009. Publicação Especial.
- BENITO-CALVO, A. *et al.* Assessing regional geodiversity: the Iberian Peninsula. **Earth Surface Processes and Landforms**, Reino Unido v. 34, n. 10, p.1433-1445, 2009.
- BRAUN, O. P. G. **Estratigrafia dos sedimentos da parte interior da região nordeste do Brasil** (Bacias do Tucano-Jatobá, Mirandiba e Araripe). Rio de Janeiro: DGM/DNPM, 1966.
- BRILHA, J. B. R. **Patrimônio geológico e geoconservação**: a conservação da natureza na sua vertente geológica, São Paulo: Palimage, 2005. 190 p.
- BRITO NEVES, B. B. A Bacia do Araripe no contexto geotectônico regional. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIA INTERIORES DO NORDESTE, 1. 1990. Crato, Ceará. **Anais...** Crato – CE: DNPM, 1990. p. 21-33.
- BURNETT, M. R. *et al.* The influence of geomorphological heterogeneity on biodiversity. I. A patch-scale perspective. **Conservation Biology**, Washington, v. 12, n. 2, p. 363-370, 1998.
- BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon Press, 1986. 193 p.
- CPRM. COMPANHIA DE RECURSOS MINERAIS. PROJETO REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. **Aquífero Missão Velha**. 2012. Disponível em:
<http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/pdf/PDF_RIMAS/VOLUME1_Aquifero_Missao_Velha.pdf>. Acesso em: 10 jan 2016.
- CARCAVILLA URQUI, L.; LÓPEZ MARTÍNEZ, J.; DURÁN VALSERO, J. **Patrimonio geológico y geodiversidad**: investigación, conservación, gestión y relación con los

espacios naturales protegidos. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2007. 360 p. (Serie Cuadernos del Museo Geominero, n. 7).

CARVALHO, M. S. S.; SANTOS, M. E. C. M. Histórico das Pesquisas Paleontológicas na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 28, p. 15-35, 2005.

CASTRO, D. L.; CASTELO-BRANCO, R. M. G. Caracterização da arquitetura interna das bacias do Vale do Cariri (NE do Brasil) com base em modelagem gravimétrica 3-D. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2-3, p. 130-144, 1999.

COGERH. COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. Calendário das chuvas no Estado do Ceará. Fortaleza: COGERH, 2015. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/app/pagina/show/167>>. Acesso em: 05 jan. 2016.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Banco de dados Geobank**. Disponível em: <<http://geobank.cprm.gov.br/>> Acesso em: 05 abr. 2015.

CUMBE, A. N. F. **O patrimônio geológico de Moçambique**: proposta de metodologia de inventariação, caracterização e avaliação. 2007. 273 f. Dissertação (Mestrado em Patrimônio Geológico e Geoconservação) – Departamento de Ciências da Terra, Universidade do Minho, Braga, 2007.

DANTAS, M. E.; COELHO NETTO, A. L. O impacto do ciclo cafeeiro na evolução da paisagem geomorfológica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. IBGE, **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 15, p. 65-72, 1995.

DANTAS, M. E.; ARMESTO, R. C. G; ADAMY, A. A Origem das Paisagens. In: SILVA, C.R. (Ed.). **Geodiversidade do Brasil**: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2008. p. 33-56.

DANTAS, M. *et al.* Origem das paisagens. In: BRANDÃO, R. L.; FREITAS, L. C. B. (Eds.). **Geodiversidade do Estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2014. p. 35-60.

EBERHARD, R. **Pattern and process**: towards a regional approach to national state assessment of geodiversity. Technical series 2, Australian Heritage Commission and Environment Forest Taskforce, Environment Australia, Canberra, 1997. 102 p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 2. ed. Brasília, 2006. 286 p.

ENGERING, S.; BARRON, H. F. Doncaster geodiversity assessment. **British geological survey**. Commissioned Report, CR/07/025 N, Nottingham, 2007.

ERIKSTAD L.; BAKKESTUEN V. Terrain diversity as indicator of geodiversity and biodiversity in different scales. In: PARKES, M.A. (Ed.). **Natural and Cultural Landscapes** : The Geological Foundation. Royal Irish Academy, Dublin, Ireland, 2004. 78 p.

FAMBRINI, G. L. *et al.* Análise de fácies da Formação Brejo Santo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleodeposicionais. **Estudos Geológicos**, Recife, v. 22, n. 1, p. 131-155, 2012.

FARA, E. *et al.* Controlled excavation in the Romualdo Member of the Santana Formation (early Cretaceous, Araripe Basin, northeast Brazil): stratigraphic, palaeoenvironmental and palaeoecological implications. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 218, p. 145-160, 2005.

FARIAS, J. A. M.; SILVA, J. F. R.; COELHO, L. S. Recursos hídricos superficiais. In: BRANDÃO, R. L.; FREITAS, L. C. B. (Eds.). **Geodiversidade do Estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2014. p. 63-74.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2005.

FERREIRA, B. **Geodiversidade do Estado de Pernambuco, NE do Brasil**. 2014. 254 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Departamento de Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, Pernambuco. 2014.

FREITAS, F. I.; HESSEL, M. H.; NOGUEIRA NETO, J. A. Troncos fósseis da Formação Missão Velha na porção leste da Bacia do Araripe, Ceará. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 21, n. 2, p. 193-206, 2008.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade de solos**: mesorregião do sul cearense. Fortaleza, 2012. 280 p.

GASPARY, J.; ANJOS, N. F. R. **Estudo Hidrogeológico de Juazeiro do Norte – Ceará**. 3. ed. Recife, SUDENE: Série Hidrogeologia, 1964. 25 p.

GEOPARK ARARIPE. Geossítios do Geopark Araripe. Disponível em: <<http://geoparkarape.org.br/>>. Acesso em: 04 out. 2015.

GRAY, M. **Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature**. Chichester, UK: Wiley, 2004. 434 p.

GRAY, M. Geodiversity and geoconservation: what, why, and how? **The George Wright Forum**, Amsterdam, Netherlands, v. 22, n. 3, p. 4-12, 2005.

GONÇALVES, S. C.; MARTINS-LOUÇÃO, M. A.; FREITAS, H. Arbuscular mycorrhizas of *Festuca brigantina*, na endemic serpentinophyte from Portugal. **South African Journal of Science**, Pretoria, v. 9, n 11-12, p. 571-572, 2001.

HERZOG, A.; SALES, A.; HILLMER, G. **O Geopark Araripe: Uma pequena história da evolução da vida, das rochas e dos continentes**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2008.

HJORT, J.; LUOTO, M. Geodiversity of high-latitude landscapes in northern Finland. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 115, n. 1-2, p. 109-116, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de Geomorfologia**, n. 5, 2 ed. 2009, 175 p.

ICMBIO. INSTITUTO CHICO MENDES. **Planos de Manejo**. 2004. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomasbrasil/brasil/caatinga/unidades-de-conservacao-caatinga/2122-flona-araripe-apodi>>. Acesso em: 03 jan. 2016.

IPECE. INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Caracterização Territorial – Meio Ambiente**. Fortaleza: IPECE, 2015. Disponível em: <<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/index.htm>>. Acesso em: 07 jan. 2016.

JÁCKOVÁ, K.; ROMPORTL, D. The relationship between geodiversity and habitat richness in Šumava National Park and Křivoklátsko PLA (Czech Republic): a quantitative analysis approach. **Journal of Landscape Ecology**, Czech Republic, v. 1, n. 1, p. 23-38, 2008.

KELLNER, A. W. A. Membro Romualdo da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE. Um dos mais importantes depósitos fossilíferos do Cretáceo brasileiro. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BORN, M. L. C. B. (Eds.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: DNPM/CPRM/SIGEP, 2002. p. 121-130.

KELLNER, A. W. A.; GALLO, V.; SARAIVA, A. S. F.; SAYÃO, J. M.; SILVA, H. P. On the fossil locality Ladeira do Berenga (Santana Formation, Araripe Basin) in Piauí, Northeastern Brazil. **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 3, p. 111-116, 2002.

KOZŁOWSKI, S. Geodiversity. The concept and scope of geodiversity. **Przegląd Geologiczny**, Warszawa, v. 52, n. 8/2, p. 833-837, 2004.

LARWOOD, J.; MURPHY, M. Inclusive management – Geodiversity and Biodiversity working together. In: PARKES, M. A. (Ed.). **Natural and Cultural Landscapes** - The Geological Foundation, M.A. Dublin: Royal Irish Academy, 2004. p. 161-164.

LIMA, F. F. *et al.* **Araripe Geopark: Stories of a Land, a Culture and na Enviroment**. Ceará State Government Crato, Ceará, 2013. 167 p.

LOPES, L. S. O.; ARAÚJO, J. L. L. Princípios e estratégias de geoconservação. Observatorium. **Revista Eletrônica de Geografia**, Uberlândia, Minas Gerais, v. 3, p. 66-78, 2011.

MABESOONE, J. M.; TINOCO, I. M. Paleoeology of Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 14, n. 2, p. 87-118, 1973.

MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte, MG: Fundação Biodiversitas, 2008. v. 2, 1420 p.

MAGALHÃES, A. O.; OLIVEIRA, V. P. V. Uso e ocupação da terra no alto curso do Rio da Batateira - município do Crato/CE: impactos ambientais, potencialidades e limitações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13, 2009. Viçosa. **Anais....** Viçosa: UFV, 2009.

MARTILL, D. M. The age of the Cretaceous Santana Formation fossil Konservat Lagerstätte of north-east Brazil: A historical review and an appraisal of the biochronostratigraphic utility of its palaeobiota. **Cretaceous Research**, Amsterdam, v. 29, p. 1-26, 2007.

MELLELI, L. Geodiversity: a new quantitative index for natural protected areas enhancement. **GeoJournal of Tourism and Geosites**, Oradea, Romênia, v. 13, n. 1, p. 27-37, 2014.

MOCHIUTTI, N. F. *et al.* Os Valores da Geodiversidade: Geossítios do Geopark Araripe/CE. **Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ)**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 1, p. 173-189, 2012.

NASCIMENTO, M. A.; 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. 82 p.

NEUMANN, V. H. M. L.; CABRERA, L. Una nueva propuesta estratigrafica para La tectonosecuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, nordeste de Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5., 1999, São Paulo. **Boletim...** São Paulo: Rio Claro. UNESP, 1999. p. 279-285.

NEUMANN, V. H. M. L. *et al.* Ambiente sedimentar e facies da seqüência lacustre aptiana-albiana da bacia do Araripe, NE do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6.; SIMPÓSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR, 2., 2002, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: UNESP, 2002. p. 37-51.

NICHOLS, W. F.; KILLINGBECK, K. T.; AUGUST, P. V. The influence of geomorphological heterogeneity on biodiversity. II. A landscape perspective. **Conservation Biology**, Washington, v. 12, n. 2, p. 371-379, 1998.

NIETO, L. M. El Patrimonio Geológico: Cultura, Turismo y Medio Ambiente. In: MONDEJAR, G. M; JIMENEZ A. D. R. (Eds.). **Actas de la V Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España**, p. 117-123. 2004.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1989. 421 p.

OLIVEIRA, G. R. *et al.* First turtle from the Ipubi Formation (Early Cretaceous), Santana Group, Araripe Basin, Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 61-66, 2011.

PEREIRA, D. *et al.* Geodiversity assessment of Paraná State (Brazil): an innovative approach. **Environmental Management**, Pensilvânia, v. 52, p. 541-552, 2013.

RAND, H. M.; MANSO, V. A. V. 1984. Levantamento gravimétrico e magnetométrico da Bacia do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, 1984. v. 4, p. 2011-2016.

RGG. REDE GLOBAL DE GEOPARQUES. Earth Sciences - UNESCO Global Geoparks. Canadá: RGG, 2016. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks/>>. Acesso em: 01 jun 2016.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo, **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 6, p.17-29, 1992.

RSNC. ROYAL SOCIETY FOR NATURE CONSERVATION. Online. Jordânia: RSNC, 2009. Disponível em: RSNC – Royal Society for Nature Conservation. Online. Disponível em: <<http://www.rscn.org.jo/orgsite/ContactUs/tabid/269/language/en-US/default.aspx>>. Acesso em: 20 jun. 2015.

RUCHKYS, U. A. **Patrimônio geológico e geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**: potencial para a criação de um geoparque da UNESCO. 2007. 211 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2007.

RUCHKYS, U. A. *et al.* **Inclusão pela etnocartografia**: análise da geodiversidade e de seus valores culturais com comunidades tradicionais em pedra-sabão de região do Quadrilátero Ferrífero – Minas Gerais. [Belo Horizonte]: [s. n.], 2013. Projeto submetido ao edital 07/2013 da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – Fapemig: “Apoio a Projetos de Extensão em Interface com a Pesquisa”.

RUCHKYS, Ú.A.; MACHADO, M.M.M. Oficinas de sensibilização para conservação de sítios geológicos do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. **Terrae Didactica**, São Paulo, v. 8, p. 18-29, 2012.

SANTOS, E. J.; NUTMAN, A. P.; BRITO NEVES, B. B. Idades SHRIMP U-Pb do Complexo Sertânia: implicações sobre a evolução tectônica da Zona Transversal, Província Borborema. **Geologia USP (Série Científica)**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2004.

SARAIVA, A. A. F. *et al.* Concreções Calcárias da Formação Santana, Bacia do Araripe: uma proposta de classificação. **Estudos Geológicos**, Recife, v. 17, n. 1, p. 40-58, 2007.

SERRANO, E.; RUIZ-FLAÑO, P. Geodiversity: a theoretical and applied concept. **Geographica Helvetica**, Suíça, v. 62, n. 3, p. 140-147, 2007.

SERRANO, E.; RUIZ-FLAÑO, P.; ARROYO, P. Geodiversity assessment in a rural landscape: Tiermes-Caracena area (Soria, Spain). **Memorie Descrittive Della Carta Geologica d'Italia**, Roma, v. 87, p. 173-180, 2009.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Chicago: University of Illinois, 1963.

SHARPLES, C. **Concepts and Principles of Geoconservation**. Austrália: Tasmanian Parks & Wildlife Service, 2002. 79 p.

SILVA, C. R. **Geodiversidade do Brasil**: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM – Companhia de Recursos Minerais, 2008. 264 p.

SILVA, J. P.; BARRETO, H. N. Mapeamento dos índices de geodiversidade da Amazônia legal maranhense. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 10, n. 1, p. 55-60, 2014. Edição Especial.

SILVA, J. P. *et al.* Geodiversity assessment of the Xingu drainage basin. **Journal of Maps**, Londres, v. 9, p. 1-9, 2013.

SILVA, J. P.; RODRIGUES, C.; PEREIRA, D. I. Mapping and Analysis of Geodiversity Indices in the Xingu River Basin, Amazonia, Brazil. **Geoheritage**, Colorado, v. 7, n. 4, p. 337-150, 2014.

SILVEIRA, A. C. *et al.* Análise de efetividade de manejo do Geopark Araripe - Estado do Ceará. **Geociências**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 117-128, 2012.

SOUZA, M. J. N.; LIMA, F. A. M.; PAIVA, J. B. Compartimentação Topográfica do Estado do Ceará. **Revista Agrônômica**, Fortaleza, p. 6-11, 1979.

STANLEY, M. Geodiversity Strategy. **ProGeo News**, Großbeeren, Alemanha, v. 1, p. 6-9, 2001.

UNESCO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA. **Application Guidelines for Membership of the Global Geoparks Network**. Genebra: UNESCO, 2010. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/sc_geoparcs_2010guidelines.pdf>. Acesso em: 16 jan 2015.

VALENÇA, L. M. M. 1987. **Estudo dos sedimentos que capeiam a chapada do Araripe (CE-PE)**. 1987. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, 125 p.

VALENÇA, L. M. M.; NEUMANN, V. H.; MABESOONE, J. M. An overview on Calloviane Cenomanian intracratonic basins of northeast Brazil: onshore stratigraphic record of the opening of the southern Atlantic. **Geological Acta**, v. 1, n. 3, p. 261-275, 2003.

VIANA, M. S. S.; CAVALCANTI, V. M. M. Faciologia das formações Missão Velha e Brejo Santo na região de Missão Velha, Ceará. IN: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 13., 1989, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBG, 1989. p. 166-169

VIANA, M. S. S.; NEUMANN, V. H. L. 2002. Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE, riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT BORN, M. L. C. (Eds.) 2002. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. 554 p.

XAVIER-DA-SILVA, J. Metodologia de Geoprocessamento. **Revista de Pós-Graduação em Geografia**, Rio de Janeiro, p. 25-34, 1997.

XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2001. 228 p.

XAVIER-DA-SILVA, J.; CARVALHO FILHO, L. M. Geodiversity: Some simple geoprocessing indicators to support environmental biodiversity studies. **Directions Magazine**, p. 1-4, 2004.

APÊNDICE

CÁLCULO DO ÍNDICE DE GEODIVERSIDADE

QUADROS	GEOLÓGICO	GEOMORFOLÓGICO (RELEVO+HIDROGRAFIA)	PALEONTOLÓGICO	PEDOLÓGICO	OCORRÊNCIAS DE RECURSOS MINERAIS	ÍNDICE DE GEODIVERSIDADE
A2	2	1+1=2	0	1	1	6
A3	5	1+3=4	0	2	2	13
A4	4	5+1=6	0	4	0	14
A5	2	3+0=3	0	3	0	8
A6	1	1+0=1	0	1	0	3
A7	1	1+0=1	0	1	0	3
A8	1	1+0=1	0	1	0	3
A9	1	1+1=2	0	1	0	4
B2	4	2+1=3	0	2	1	10
B3	4	2+2=4	0	2	1	11
B4	4	5+2=7	0	4	1	16
B5	2	3+0=3	0	3	0	8
B6	1	1+1=2	0	1	0	4
B7	1	1+0=1	0	1	0	3
B8	1	1+0=1	0	1	0	3
B9	1	1+1=2	0	1	0	4
C2	3	3+1=4	0	2	1	10
C3	5	4+1=5	0	2	1	13
C4	6	7+3=10	0	4	1	21
C5	2	6+2=8	0	3	2	15
C6	2	3+1=4	0	3	1	10
C7	2	3+1=4	0	3	0	9
C8	1	1+0=1	0	1	0	3
D2	4	3+1=4	0	2	0	10
D3	4	3+4=7	0	3	1	15
D4	2	5+4=9	2	2	3	18
D5	1	4+7=11	2	2	2	18
D6	2	5+3=8	0	3	1	14
D7	2	5+4=9	0	3	1	15
D8	2	1+1=2	0	1	0	5
E2	3	1+3=4	0	1	1	9
E3	3	3+4=7	0	2	3	15
E4	3	5+1=6	5	3	3	20
E5	2	5+2=7	2	3	1	15

E6	2	5+3=8	0	3	1	14
E7	2	3+2=5	0	2	0	9
E8	1	1+0=1	0	1	0	3
F2	2	2+1=3	0	2	0	7
F3	2	3+5=8	0	2	0	12
F4	4	6+1=7	0	3	1	15
F5	2	3+1=4	0	2	0	8
F6	2	3+1=4	0	2	0	8
F7	1	1+0=1	0	1	0	3
F8	1	1+0=1	0	1	0	3
G2	2	2+2=4	0	3	0	9
G3	3	3+6=9	0	3	0	15
G4	5	4+4=8	0	2	0	15
G5	2	3+2=5	0	2	0	9
G6	1	2+0=2	0	1	0	4
G7	1	1+0=1	0	1	0	3
G8	1	2+1=3	0	1	0	5
G9	1	2+1=3	0	1	0	5
H1	1	1+1=2	0	1	0	4
H2	2	2+4=6	0	3	1	12
H3	3	2+4=6	0	2	1	12
H4	3	6+5=11	0	3	0	17
H5	2	3+3=6	0	2	0	10
H6	1	2+0=2	0	1	0	4
H7	1	1+0=1	0	1	0	3
H8	1	1+0=1	0	1	0	3
H9	1	1+0=1	0	1	0	3
H10	1	1+0=1	0	1	0	3
I1	1	2+2=4	0	1	0	6
I2	2	3+1=4	0	2	0	8
I3	4	2+2=4	0	2	0	10
I4	2	3+6=9	0	2	0	13
I5	3	3+1=4	0	3	0	10
I6	1	3+1=4	0	1	0	6
I7	1	1+0=1	0	1	0	3
I8	1	1+0=1	0	1	0	3
I9	1	1+0=1	0	1	0	3
I10	1	2+0=2	0	1	0	4
J1	1	2+1=3	0	1	0	5
J2	3	2+1=3	0	2	0	8
J3	5	3+6=9	0	2	2	18

J4	3	3+3=6	0	2	1	12
J5	4	6+2=8	0	2	2	16
J6	4	4+0=4	0	3	2	13
J7	3	3+1=4	0	2	0	9
J8	1	1+0=1	0	1	0	3
J9	1	2+0=2	0	1	0	4
J10	1	2+0=2	0	1	0	4
J11	1	2+0=2	0	1	0	4
K2	3	3+1=4	0	2	0	9
K3	3	4+4=8	0	2	2	15
K4	4	4+2=6	0	2	3	15
K5	4	4+1=5	0	2	4	15
K6	4	4+1=5	1	2	4	12
K7	4	5+1=6	0	2	0	12
K8	2	3+0=3	0	2	0	7
K9	2	4+0=4	0	2	0	8
K10	1	2+0=2	0	1	0	4
K11	1	2+0=2	0	1	0	4
L2	1	1+0=1	0	1	0	3
L3	2	2+1=3	0	2	1	8
L4	4	3+5=8	0	2	2	16
L5	3	3+1=4	0	1	3	11
L6	3	3+3=6	0	2	3	14
L7	3	3+1=4	0	1	0	8
L8	3	3+1=4	0	2	2	11
L9	3	1+3=4	0	2	2	11
L10	2	3+0=3	0	1	0	6
L11	1	2+0=2	0	1	0	4
L12	1	1+0=1	0	1	0	3
M3	2	2+1=3	0	2	1	8
M4	5	4+6=10	0	2	1	18
M5	3	3+1=4	0	2	3	12
M6	4	2+4=6	0	2	3	15
M7	2	3+2=5	0	2	1	10
M8	2	3+6=9	0	2	3	16
M9	4	3+2=5	0	3	2	14
M10	2	4+1=5	0	2	0	9
M11	1	2+1=3	0	1	0	5
M12	1	1+0=1	0	1	0	3
N3	1	1+0=1	0	1	0	3
N4	5	4+5=9	0	2	1	17

N5	5	3+4=7	0	2	1	15
N6	2	1+1=2	0	2	1	7
N7	2	1+1=2	0	2	1	7
N8	2	3+4=7	0	2	2	13
N9	3	5+2=7	0	2	3	15
N10	2	3+1=4	0	2	0	8
N11	1	2+0=2	0	1	0	4
N12	1	1+0=1	0	1	1	4
O3	1	1+1=2	0	1	1	5
O4	3	1+5=6	0	1	1	11
O5	4	3+7=10	0	2	2	18
O6	2	1+5=6	0	2	2	12
O7	2	1+2=3	0	2	1	8
O8	2	1+1=2	0	2	1	7
O9	3	3+3=6	0	2	1	12
O10	3	3+1=4	0	2	1	10
O11	1	1+1=2	0	1	0	4
O12	1	1+1=2	0	1	1	5
P4	2	1+1=2	0	1	1	6
P5	4	3+2=5	0	1	2	12
P6	3	1+7=8	0	2	1	14
P7	2	1+4=5	0	2	0	9
P8	2	1+4=5	0	2	0	9
P9	2	3+3=6	0	2	2	12
P10	3	3+0=3	0	2	2	10
P11	1	2+0=2	0	2	0	5
P12	1	1+1=2	0	1	0	4
Q4	3	3+1=4	0	1	1	9
Q5	4	3+1=4	0	1	1	10
Q6	4	3+8=11	0	2	1	18
Q7	2	3+6=9	0	2	0	13
Q8	2	3+4=7	0	2	0	11
Q9	3	3+4=7	0	2	1	13
Q10	3	4+3=7	0	2	1	13
Q11	1	1+0=1	0	1	0	3
Q12	1	1+0=1	0	1	0	3
R4	1	3+0=3	0	1	0	5
R5	5	3+4=7	0	1	2	15
R6	4	3+5=8	0	2	0	14
R7	3	3+1=4	1	1	1	10
R8	3	1+1=2	1	2	1	9

R9	3	$3+3=6$	0	2	2	13
R10	4	$3+1=4$	4	2	1	15
R11	2	$3+1=4$	4	2	0	12
R12	1	$1+0=1$	0	1	0	3
S4	2	$1+2=3$	0	1	1	7
S5	4	$4+8=12$	0	2	2	20
S6	4	$2+2=4$	0	2	1	11
S7	3	$3+1=4$	0	1	2	10
S8	2	$1+1=2$	0	1	1	6
S10	1	$1+0=1$	0	1	1	4
S11	2	$3+0=3$	0	2	1	8
T4	1	$1+0=1$	0	1	1	4
T5	4	$3+3=6$	0	1	2	13
T6	3	$2+0=2$	0	2	2	9
