



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

**CENTRO DE CIÊNCIAS**

**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**CURSO DE GEOLOGIA**

**DÉBORA NOGUEIRA LOPES**

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DOS SOLOS POR DIFRAÇÃO DE RAIO-X  
DA MINA DE ITATAIA - CE**

**FORTALEZA - CEARÁ**

**2014**

DÉBORA NOGUEIRA LOPES

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DOS SOLOS POR DIFRAÇÃO DE RAIO-X  
DA MINA DE ITATAIA - CE**

Monografia de Graduação submetida à  
Coordenação do Curso de Geologia, da  
Universidade Federal do Ceará, como requisito  
parcial para obtenção do grau de Geólogo.

Orientador: Prof. Dr. José Nogueira de Araujo  
Neto

FORTALEZA – CEARÁ

2014



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

L851c Lopes, Débora Nogueira.  
Caracterização mineralógica dos solos por difração de raio-X da mina de Itaitaia-CE / Débora Nogueira Lopes. – 2014.  
59 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,  
Curso de Geologia, Fortaleza, 2014.

Orientação: Prof. Dr. José Nogueira de Araujo Neto.

1. Itaitaia. 2. Solos. 3. Difração de Raio-X. I. Título.

CDD 551

---

DÉBORA NOGUEIRA LOPES

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DOS SOLOS POR DIFRAÇÃO DE RAIO-X  
DA MINA DE ITATAIA - CE**

Monografia de Graduação submetida à  
Coordenação do Curso de Geologia, da  
Universidade Federal do Ceará, como requisito  
parcial para obtenção do grau de Geólogo.

Aprovada em: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ /2014.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>o</sup> Dr. José de Araujo Nogueira Neto

Universidade Federal do Ceará

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Tereza Falcão de Oliveira Neri

Universidade Federal do Ceará

---

Msc. Francisco Diones Oliveira Silva

Universidade Federal do Ceará

*A minha querida família, que permaneceu ao meu lado ao longo dessa caminhada.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo em minha vida.

A minha mãe, Rachel Nogueira, por todo o apoio e ensinamentos passados ao longo dessa jornada. Rafael Nogueira, irmão e amigo, que se fez presente em todos os momentos. Aos meus tios e tias que me apoiaram nessa jornada e de alguma forma contribuíram para que obtivesse êxito, em especial a Olga Nogueira e Roberto Brígido que estiveram presente de forma integral e fazem parte dessa conquista. Ao Prof. Dr. José Nogueira de Araujo Neto (Zeca) por toda a paciência e conhecimentos transmitidos.

Aos grandes amigos que conquistei durante esses 5 anos no Departamento de Geologia, pela amizade e ajuda em momentos difíceis. E a todos aqueles amigos que estiveram presente nessa caminhada.

A todos os professores do Departamento de Geologia, que tornaram possível a minha formação profissional, em especial ao Prof. Dr. Christiano Magini pelo apoio e incentivo durante a vida acadêmica. Ao Prof. Dr. Eduardo Anselmo Ferreira da Silva, da Universidade de Aveiro, por toda a atenção e ensinamentos, além do auxílio durante o relatório de graduação. E a Universidade Federal do Ceará (UFC), pela ajuda financeira para a execução dos trabalhos de campo.

Por fim, agradeço a todos aqueles que não foram citados, mas que de alguma forma contribuíram nessa jornada para a minha formação acadêmica. Muito obrigada!

## RESUMO

O local da pesquisa situa-se na Fazenda Itataia, em Santa Quitéria no Estado do Ceará. Enquadrando-se na Província Borborema, no Domínio Ceará Central, com um pacote de rochas supracrustais de natureza metassedimentar, sendo constituído predominantemente por mármore, xistos e gnaisses a duas micas, com granada e/ou silimanita, rochas calcissilicáticas e quartzitos metamorfizados em fácies anfibolito alto. Sendo, a jazida de natureza fósforo-uranífera, ocorrendo sob a forma de colofanito uranífero, e o corpo principal de minério tem comprimento de 800 metros e largura variável de 250 a 400 metros. O minério ocorre desde a superfície até a profundidade de aproximadamente 180m. Os estudos mineralógicos dos solos dessa região são escassos, entretanto, esse conhecimento é de grande importância, tanto na caracterização e classificação dos solos, como na elucidação de sua gênese, onde assume relevante importância a classificação do resíduo pesado das frações areia. A caracterização desses solos dados se deu com o auxílio do mapa dos solos do Estado do Ceará confeccionado pela Embrapa e com a contribuição da técnica de Difração de Raios-X (DRX) que corresponde a uma das principais técnicas de caracterização microestrutural de materiais cristalinos, onde, de todos os métodos da química analítica para a caracterização de matérias, somente a DRX é capaz de fornecer informações qualitativas e quantitativas dos minerais constituintes de uma mistura. Portanto, com base nesses dados tem-se que a área estudada está inserida em uma região com Argissolos vermelho/amarelo eutróficos, com inclusões de Luvisolos e Neossolos litólicos eutróficos, com predominância de três minerais: quartzo, fluorapatita, carbonato de cálcio e óxido de urânio, além da presença das principais classes de argilosminerais, como caulinita, vermiculita e montmorilonita.

**Palavras-chave:** Itataia, Solos, Difração de Raio-X

## ABSTRACT

The research site is located in Itataia Farm in Santa Quitéria in the state of Ceará. Fitting into the Province Borborema in Ceará Central Domain, with a package of supracrustal rocks of sedimentary nature, consisting dominantly by marbles, schists and gneisses the two-mica, with garnet and / or sillimanite, calcissilicáticas rocks and quartzites metamorphosed in amphibolite facies high. Being, the field of match-uranífera nature, occurring in the form of uranífero colofanito, and the main ore body has a length of 800 meters and variable width 250-400 meters. The ore occurs from the surface to a depth of approximately 180m. Mineralogical studies of soils in this region are scarce, however, this knowledge is of great importance both in characterization and classification of soils, such as the elucidation of its genesis, which assumes great importance ranking of the heavy residue of sand fractions. The characterization of these soils data was with the aid of the soil map of the State of Ceará made by Embrapa and the contribution of the technique of X-ray Diffraction (XRD), which represents one of the main techniques for microstructural characterization of crystalline materials, where, in all analytical chemistry methods for characterization of materials, XRD is only able to provide qualitative and quantitative information of the mineral constituents of a mixture. Porting, based on these data has been that the study area is included in a region with Argissolos red / yellow eutrophic, with inclusions of lithic Neosols luvisols and eutrophic, with a predominance of three minerals: quartz, fluoropatita, calcium carbonate and oxide uranium, and the presence of major classes of argilosminerias as kaolinite, vermiculite and montmorillonite.

**Keywords:** Itataia, Soils, x-ray Diffraction

## LISTA DE FIGURA

Figura 1.1 - Mapa de Localização .....	16
Figura 1.2 - Acesso a Fazenda Itataia.....	17
Figura 2.1 - Precipitação acumulada por ano no município de Santa Quitéria .....	20
Figura 2.2 - Açude de Itataia – Principal recurso hídrico local .....	21
Figura 2.3 – Caatinga hiperxerófila - Vegetação predominante na área de estudo .....	22
Figura 2.4 - Mapa Geomorfológico da região de Itataia .....	24
Figura 3.1 - Etapas Referentes a materiais e métodos.....	27
Figura 4.1 - Localização da Província Borborema no Brasil .....	31
Figura 4.2 - Subdivisão da Província Borborema .....	32
Figura 4.3 - Esboço geológico do Domínio Ceará Central.....	33
Figura 5.1 - Mapa Geológico Regional com localização da área de estudo.....	38
Figura 6.1 - Difratoograma de raios-X de amostra contendo caulinita que apresenta uma distância basal de primeira ordem de 7,1 Å que em termos de identificação por 2Th é de 12,45.....	46
Figura 6.2 - Difratoograma de raios-X de amostra contendo montmorilonita que apresenta uma distância basal de primeira ordem de 14,7 Å que em termos de identificação por 2Θ é de 6,1.....	46
Figura 6.3 - Difratoograma de raios-X de amostra contendo vermiculita que apresenta uma distância basal de primeira ordem de 14,3 Å que em termos de identificação por 2Θ é de 6,2.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Coordenadas UTM da área estudada.....	17
Tabela 6.1 - Constituintes mineralógicos dos predominantes na área estudada.....	44



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Å - ångström

DCC - Domínio Ceará Central

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral

DRX - Difração de Raio-X

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

Ga - Giga anos

INB - Indústrias Nucleares do Brasil S.A

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

Ma – Milhões de anos

NUCLEBRÁS - Empresas Nucleares Brasileiras S/A

SFIEC – Sistema Fundação Indaiatubana de Educação e Cultura

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

SUS – Sistema Único de Saúde

UTM - Universal Transversa de Mercator

ZCSP – Zona de Cisalhamento Senador Pompeu

°C - Grau Celsius

cal/cm<sup>2</sup> - Caloria por centímetro quadrado

cm – Centímetro

ha – Hectare

hab - Habitante

hab/km<sup>2</sup> - Habitante por quilômetro quadrado

kg – quilograma

km<sup>2</sup> - Quilometro Quadrado

km - Quilômetro

km/h - Quilometro por hora

m<sup>3</sup> - Metro cúbico

mm/ano - Milímetros por ano

h/ano - Hora por ano

m – metro

mm – milímetro

t - Tonelada

% - Porcentagem

⊖ - Teta

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - OBJETIVOS E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.....	14
1.1 Considerações Iniciais.....	14
1.2 Objetivos.....	14
1.3 Localização da Área Estudada.....	15
CAPITULO 2 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	19
2.1 Clima.....	19
2.2 Hidrografia.....	21
2.3 Vegetação.....	22
2.4 Geomorfologia.....	23
2.5 Solos.....	25
2.6 Aspectos Socioeconômicos.....	25
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODO.....	27
3.1 Etapa Pré-campo.....	27
3.2 Etapa de Campo.....	28
3.3 Etapa Pós-campo.....	28
CAPÍTULO 4 - GEOLOGIA REGIONAL.....	31
4.1 Província Borborema.....	31
4.2 Domínio Ceará Central (DCC).....	33
4.2.1 Embasamento Arqueano.....	34
4.2.2 Terrenos Acrescionários do Paleoproterozóico.....	35

4.2.3 Terreno Santa Quitéria.....	35
4.2.4 Coberturas Neoproterozóicas.....	35
CAPÍTULO 5 - GEOLOGIA DA REGIÃO DE ITATAIA.....	37
5.1 Introdução.....	37
5.2 Unidades Litoestratigráficas.....	37
5.3 Geologia Econômica.....	39
CAPÍTULO 6 - CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS E MINERALOGIA.....	40
6.1 Caracterização dos Solos.....	40
6.2 Mineralogia.....	43
CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES.....	47
CAPÍTULO 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXO I - Mapa de Amostragem da Região de Itataia (Santa Quitéria).....	55
ANEXO II - Amostras coletadas na área de estudo.....	57

## **CAPÍTULO 1 – OBJETIVOS E LOCALIZAÇÃO DA ÀREA**

### **1.1 Considerações Iniciais**

Na década de 70, a NUCLEBRÁS (Empresas Nucleares Brasileiras), atual INB (Indústrias Nucleares do Brasil) iniciaria os estudos na Jazida de Itataia, através de um programa de prospecção radiométrica, descobrindo as rochas fósforo-uraníferas, o que desde então acarretou inúmeros estudos em escala regional e de detalhes nessa área. A jazida localiza-se no centro-norte do Estado do Ceará, no município de Santa Quitéria, distando 211 km da capital, e corresponde a maior ocorrência de urânio fissil do Brasil, além de conter fosfato e mármore, é responsável por 46% do urânio prospectado no país. A mineralização é de natureza fósforo-urinífera, ocorrendo sob a forma de colofanito uranífero, e o corpo principal de minério ocorre, com dimensão de 800 metros de comprimento e largura variável entre 250 a 400 metros e profundidade de 180m.

Este presente trabalho foi submetido à Coordenação do Curso de Geologia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Geólogo. São abordados no Capítulo 1 os objetivos a cerca do trabalho e a localização da área de estudo. No Capítulo 2 abrange os aspectos fisiográficos da região, seguido pelos materias e métodos, no Capítulo 3, que foram utilizados ao longo dessa pesquisa. O Capítulo 4 aborda a caracterização geológica proposta para região e o Capítulo 5, aborda os estudos geológicos realizados pela NUCLEBRÁS que permitiram reconhecer para a região de Itataia um ambiente geotectônico, representado por metassedimentos que compõem o Grupo Itataia. Com base nos resultados obtidos na difração de Raio-X das caracterização mineralógicas dos solos dessa região, na qual, foram descritos no Capítulo 6 intitulado de Caracterização dos Solos e Mineralogia. E por fim, foram obtidas as conclusões a cerca dos resultados alcançados ao longo da pesquisa.

### **1.2 Objetivos**

Os estudos mineralógicos dos solos dessa região são escassos, entretanto, esse conhecimento reveste-se de grande importância, tanto na caracterização e classificação dos solos, quanto no conhecimento da sua origem, para a qual, no caso

específico de Itataia diversos minerais residuais e neoformados podem assumir relevância na concentração de fósforo e urânio.

Dada a dimensão e a importância regional e nacional da jazida, o presente trabalho pretende aprofundar os conhecimentos sobre a composição mineralógica através da caracterização das amostras de solos da fração argila de Itataia, por meio da técnica de Difração de Raios-X que determina as fases cristalinas presentes na amostras. Isto é possível porque na maior parte dos sólidos (cristais), os átomos se ordenam em planos cristalinos separados entre si por distâncias da mesma ordem de grandeza dos comprimentos de onda dos raios X (ALBERS et al., 2002)

A mineralogia das frações areia e silte são constituídas, em geral, por minerais resistentes ao intemperismo, como quartzo, além de outros minerais primários em quantidades variáveis, como olivinas, anfíbios, piroxênios, feldspatos e micas (BUCKMAN, 1976). A fração argila é constituída, via de regra, por minerais de natureza secundária, resultantes dos processos de alteração física, química e biológica, independentemente de terem sido formados *in situ* ou transportados (ALLEN & HAJEK, 1989).

### 1.3 Localização da Área Estudada

A região alvo da pesquisa situa-se na Fazenda Itataia (Figura 1.1), a cerca de 45 km a sudoeste da sede municipal, Santa Quitéria, na Microrregião de Santa Quitéria, na porção Centro Norte do Estado do Ceará. Possuindo limites geográficos com as cidades de Cariré, Groaíras, Forquilha, Sobral e Irauçuba, a norte, a leste, Canindé e Itatira, a sul, Boa Viagem, Monsenhor Tabosa e Catunda e a oeste, Hidrolândia, Pires Ferreira e Varjota. A ocorrência fosfóro-uranífera de Itataia está localizada a 211 km da capital do Estado do Ceará, Fortaleza, cujo acesso pode ser realizado por cerca de 167 Km em estrada cobertura asfáltica pela BR-020, até a localidade de São João da Macaoca, distrito de Madalena. Deste ponto percorre-se aproximadamente 28 Km pela CE-366 de revestimento asfáltico, até Lagoa do Mato, distrito de Itatira, para em seguida serem percorridos mais 16 Km de estrada de revestimento de terra até a sede da Fazenda Itataia (Figura 1.2).



Figura 1.1: Mapa de localização

Fonte: Autor

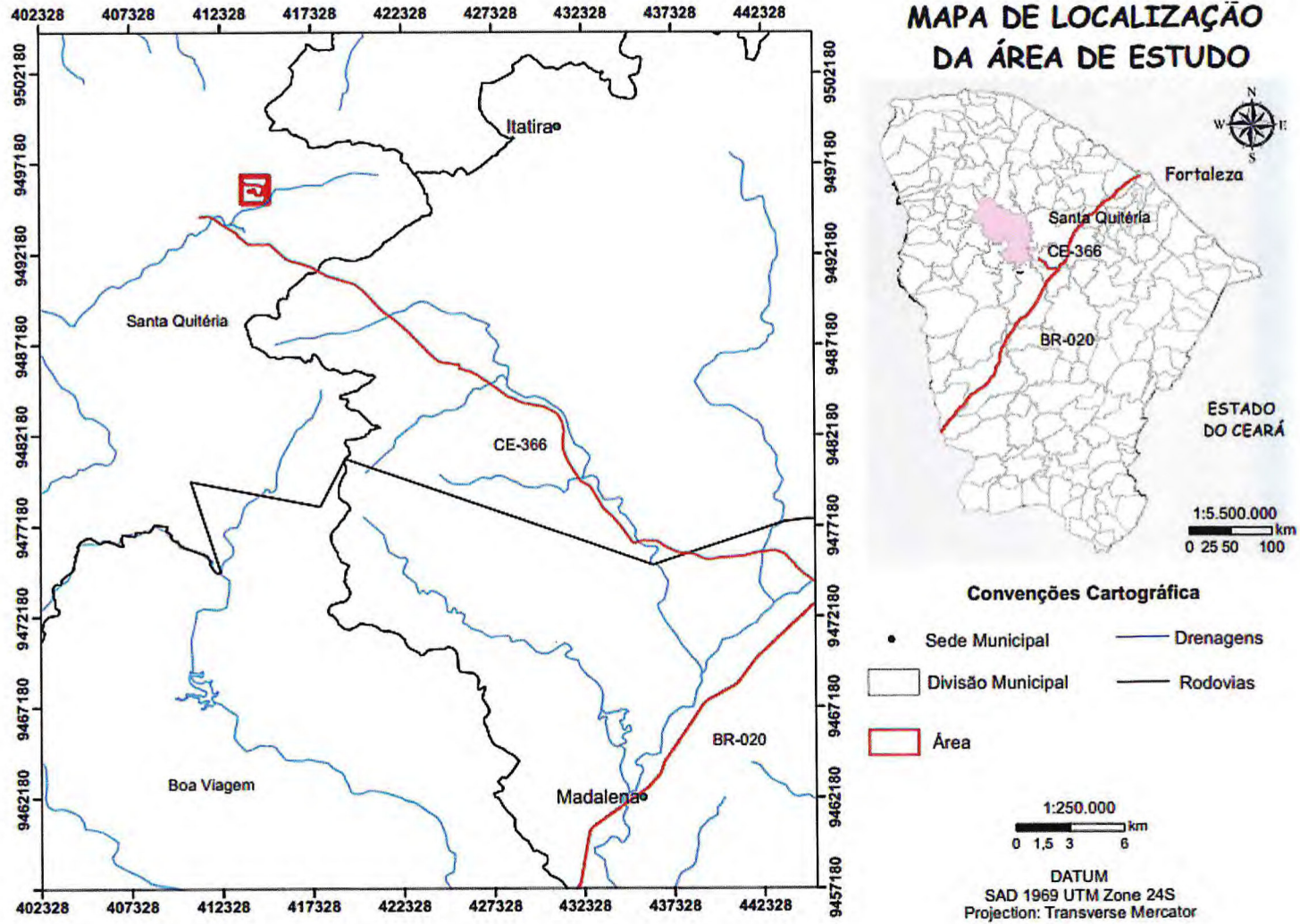


Figura 1.2: Acesso a Fazenda Itataia  
Fonte: Autor



As Indústrias Nucleares do Brasil S.A (INB) é detentora dos direitos minerários da jazida, que ocorre nos domínios da Fazenda Itataia, com 4.042 ha, propriedade da INB. A fazenda é toda cercada, possui um açude com capacidade de 2.300.000 m<sup>3</sup>, um campo de pouso com 1200 m de pista, para aeronaves de pequeno porte, e um acampamento composto de alojamento, escritório, laboratório e barracões de testemunhos de sondagens. Dispõe ainda de estações meteorológica e sismográfica.

A superfície total da área estudada é de 1,44 Km<sup>2</sup>, delimitada pelas seguintes coordenadas UTM:

Tabela 1.1: Coordenadas UTM da área estudada  
Fonte: Autor

VERTICE	UTM E (m)	UTM N (m)
1	9496400	413800
2	9496400	414800
3	9495200	414800
4	9495200	413800



As explorações mineiras futuras de maior interesse na região é a concentração fósforo - uranífera que ocorre sob a forma de um “corpo” principal situado na porção central desta, além de corpos menores posicionados a oeste e leste de tal ocorrência. Trata-se de um projeto inserido na Folha Itatira – SB.24-V-B-V (1:100.000), na qual, divide-se em duas unidades tectônicas conhecidas como Cinturão Dobrado de Jaguaribe e o Maciço de Santa Quitéria.

## CAPÍTULO 2 – ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

### 2.1 Clima

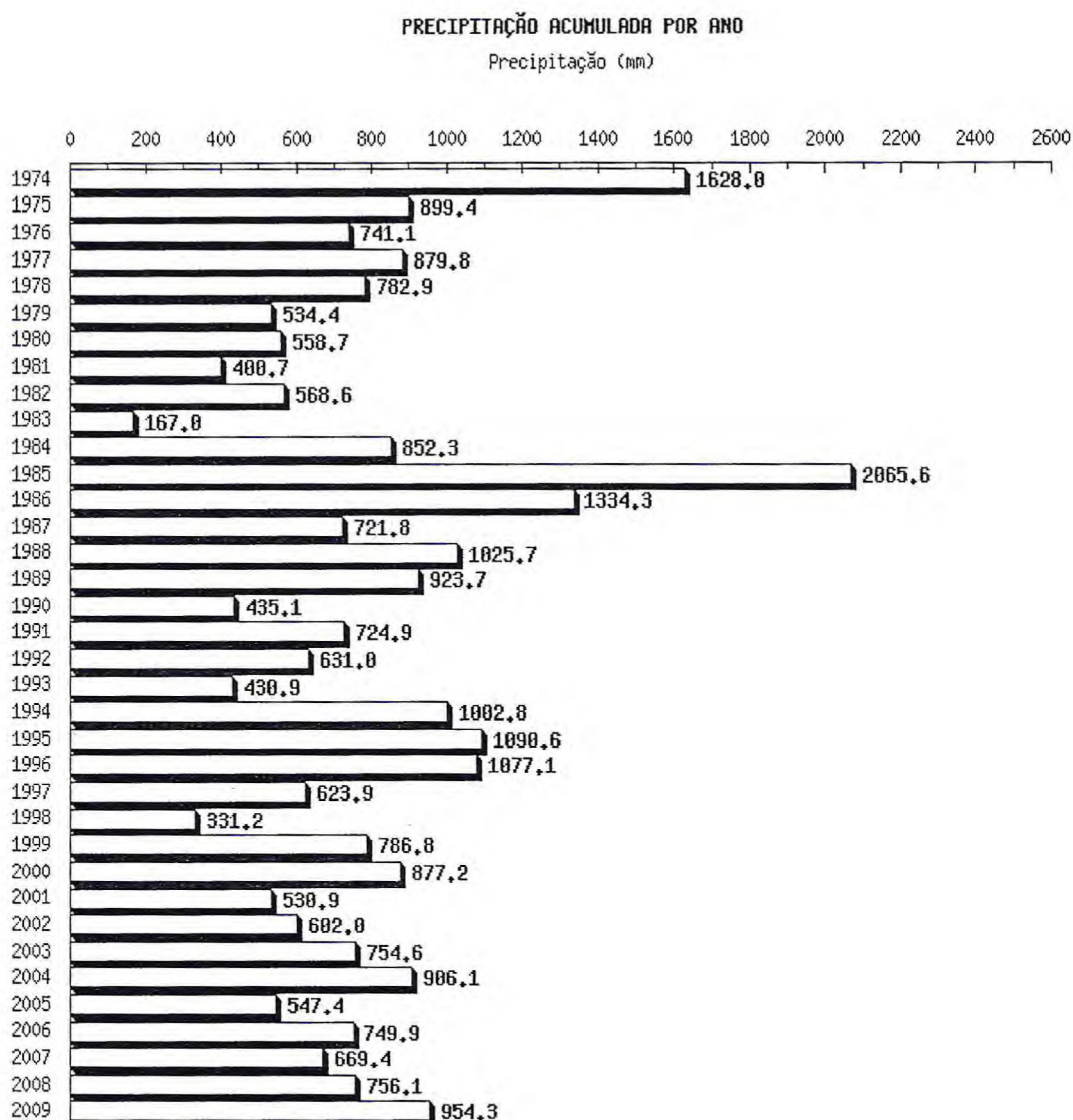
A classificação climática da área mineira de Itataia corresponde a proposta por Köppen em 1918. Pertencendo assim a classe Bsh (MENDONÇA *et al.*, 1980), onde, de acordo com esta classe, é enquadrado como um clima semi-árido quente, caracterizado por escassez de chuvas e grande irregularidade em sua distribuição, com baixa pluviosidade, forte insolação, índices elevados de evaporação, e temperaturas médias elevadas (por volta de 27°C). A umidade relativa do ar é normalmente baixa, e as poucas chuvas situam-se entre os limites de 250 mm a 750 mm por ano (Figura 2.1). Concentram-se num espaço curto de tempo, provocando enchentes torrenciais. Mesmo durante a época das chuvas (novembro a abril), sua distribuição é irregular, deixando de ocorrer durante alguns anos e provocando secas.

Segundo a Fuceme, o semiárido pode ser caracterizado em geral como uma região com precipitação média anual de 800 mm/ano, concentrado geralmente em apenas três meses, temperaturas médias anuais de 23° a 28°C, insolação média de 2800h/ano, evaporação de 2.000 mm/ano e umidade relativa do ar média girando em torno de 50%. O semiárido nordestino tem ainda como traço principal as frequentes secas que tanto podem ser caracterizadas pela ausência, escassez, pouca frequência e limitada quantidade, quanto pela simples má distribuição das chuvas durante o período do inverno. Não é rara a sucessão de anos seguidos de seca.

A natureza semiárida resulta principalmente da predominância de massas de ar estáveis empurradas para sudeste por ventos Alísios. Todo leste costeiro do semiárido consiste em uma faixa de montanhas estendendo-se do Rio Grande do Norte a Bahia. Quando as massas de ar Atlântico-Equatoriais carregadas de vapor de água são transportadas pelos ventos Alísios contra a costa nordeste do Brasil, são adiabaticamente umedecidas e precipitam anualmente cerca de 2000 mm de chuva. Esta é a área de mata atlântica, onde o sistema Atlântico-Equatorial perde a maior parte de sua umidade, enquanto que a caatinga está submetida ao efeito de massas de ar secas e estáveis. (ANDRADE & LINS, 1965)

Figura 2.1: Precipitação acumulada por ano no município de Santa Quitéria

Fonte: FUCEME



Essas adversidades climáticas constantes fazem da região, um lugar de convívio delicado, tendo em vista que as principais atividades econômicas da região estão ligadas diretamente aos recursos naturais.

As velocidades médias dos ventos, medidas em solo, são mais elevadas no período seco entre 7 a 18 Km/h do que no período chuvoso cujas médias variam entre 3 a 12 Km/h. Sendo o regime dos ventos caracterizado pela dominância das direções leste e sudeste durante a maior parte do ano.

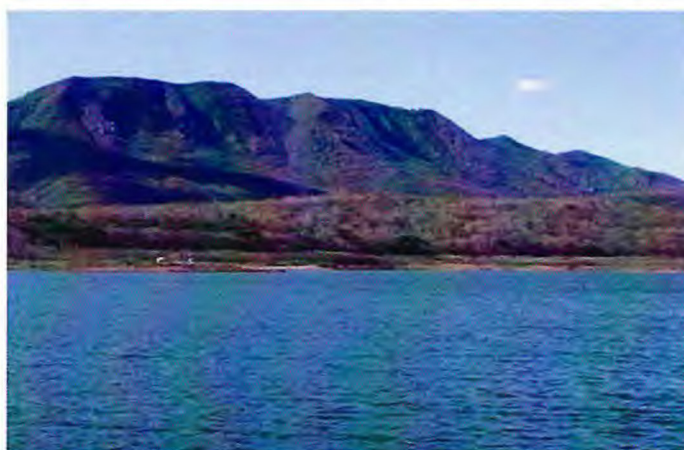
Os registros médios diários de radiação solar obtidos na estação meteorológica de Santa Quitéria exibem valores máximos no mês de outubro com 556-581 cal/cm<sup>2</sup> e mínimos no mês de maio com 395-410 cal/cm<sup>2</sup>.

## 2.2 Hidrografia

A área está totalmente inserida na bacia hidrográfica do rio Acaraú, que segundo a COGERH (2010) apresenta como drenagem de maior expressão o Rio Groaíras, um dos principais tributários do rio Acaraú. O Rio Acaraú está situado na parte norte do estado com sua nascente localizada na Serra das Matas em Monsenhor Tabosa, além deste, banha mais dezessete municípios até desaguar no Oceano Atlântico em Acaraú. Sua bacia hidrográfica abrange um total 27 municípios numa área de 14.500 km<sup>2</sup>, o que representa aproximadamente 10% da área do Estado.

A representação hidrográfica em destaque na região de Itataia caracteriza-se pelo escoamento superficial rápido, intensa evaporação, grande variação de deflúvios e pequena infiltração (MENDONÇA *et al.*, 1982). Como recurso hidrográfico o Açude Itataia (Figura 2.2) que possui capacidade de 2.300.000 m<sup>3</sup>, construído em 1982 com a finalidade de suprir as necessidades previstas durante o funcionamento da usina de tratamento/beneficiamento, em escala semi-industrial.

Figura 2.2: Açude de Itataia – Principal recurso hídrico local





### 2.3 Vegetação

De acordo com o mapeamento fitogeográfico da folha SB.24-V-B, realizado pelo convênio DNPM/RADAMBRASIL, para a NUCLEBRÁS 1984, a região de Itataia foi dividida em três sub-regiões fitoecológicas, que correspondem a: Estepe Tropical (Caatinga); Floresta Tropical (Floresta Ombrófila Aberta Tropical e Floresta Estacional Semi-Decidual Tropical); e Áreas Antrópicas

A maior porcentagem de cobertura vegetal é caracterizada por um conjunto de árvores e arbustos que apresenta grande resistência a seca, com fisionomia adaptada a tais condições e a comum presença de espinhos (MENDES, 1997). A caatinga (estepe tropical) hiperxerófila (Figura 2.3) pode ser encontrada nos setores mais secos, determinadas pelos fatores vitais como baixo índice pluviométrico, temperaturas elevadas durante a estação seca, provocando aridez e incapacitação do solo que é predominantemente raso e pedregoso ou com afloramentos cristalinos, o que inviabiliza a absorção de água. Neste ambiente podem ser encontrados entre outras espécies vegetais, o facheiro (*Pilosocereus piauhiensis*), a macambira (*Bromelia laciniosa*), marmeleiro (*Croton* ssp) e jurema (*Mimosa* ssp).

Figura 2.3: A caatinga hiperxerófila - vegetação predominante na área de estudo

Fonte: Pitombeira, 2011



## 2.4 Geomorfologia

O quadro geomorfológico do território cearense segundo o projeto RADAMBRASIL (1981) caracteriza-se pela individualização das seguintes feições morfológicas: relevo litorâneo, superfície aplainada das coberturas cenozoicas, pediplanos de rochas cristalinas, chapadas ou planaltos de estruturas sub-horizontais e maciços montanhosos cristalinos.

A jazida de Itataia está colocada na feição morfológica do pediplano profundamente arrasado de rochas pré-cambrianas, que abrange uma vasta região da área do depósito uranífero de Itataia. São encontradas na área duas grandes unidades morfológicas bem diferenciadas: a Depressão Sertaneja e os Planaltos Residuais (Ilustração 2.4).

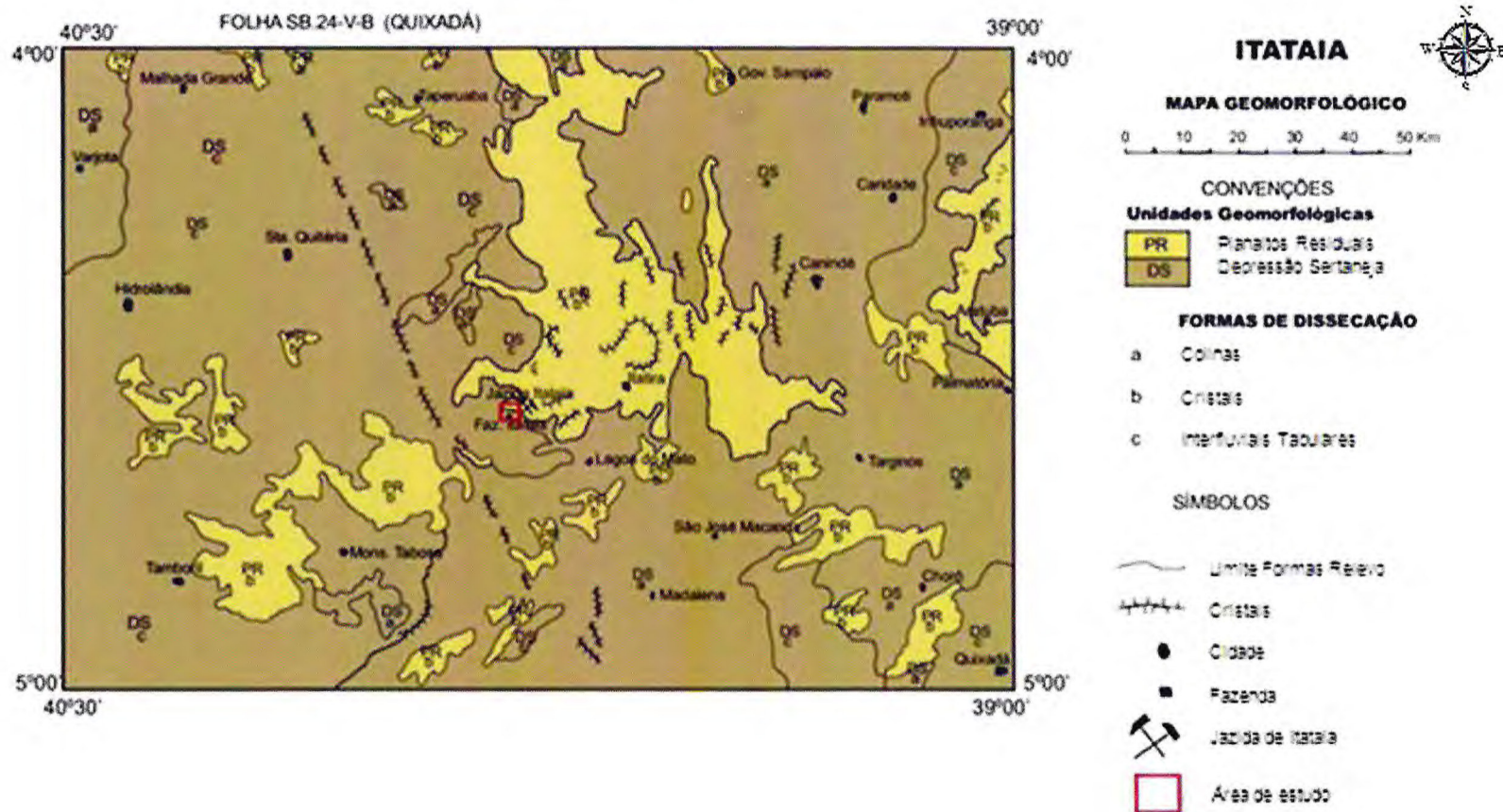
A Depressão Sertaneja apresenta uma extensa área plana de degradação esculpida em rochas gnáissico-migmatíticas, com leve dissecação, revestida indistintamente por caatingas com densidade e porte variados, justificando uma resposta biológica ao jogo de relações dos elementos naturais que se configuraram no tempo e no espaço regional. As cotas da área de estudo variam de 440 a 660 metros, onde as porções mais altas correspondem a elevações locais dentro dessa unidade morfológica. Tais elevações são sustentadas pela associação de rochas carbonáticas da Unidade Alcantil e ocorrem alinhadas preferencialmente na direção E-W, destacando-se na porção central da área o corpo principal mineralizado em fosfato e urânio (Nuclebrás, 1984).

Os Planaltos Residuais são áreas topograficamente mais elevadas, com altitudes variando entre 650 e 1085 metros. Ocorrem a sudoeste, na Serra da Mata Fome e a nordeste da área de estudo, na Serra do Céu com 1085 metros de altitude, sendo o divisor de água das bacias do Rio Curú e Acaraú. Segundo, Souza (1979), o embasamento e as propriedades geomorfológicas em consonância com os efeitos tectônicos pretéritos favoreceram os processos de dissecação dessas áreas. Além da altitude, esses sistemas podem ser diferenciados, pela exposição ou abrigo das vertentes aos ventos, proporcionando condições geoambientais diferenciadas.



Figura 2.4: Mapa geomorfológico da região de Itaitia

Fonte: NUCLEBRÁS, 1984



## 2.5 Solos

Segundo levantamento realizado pela RADAMBRASIL (1973) na região de Itataia encontra-se, preferencialmente os solos: Luvisolos, Planossolos, Cambissolos, e algumas associações de solos Neossolos Litólicos e Argissolo vermelho-amarelo Eutróficos de baixa permeabilidade. Prevalecendo na área estudada os caracterizados por Argissolos Vermelho/Amarelo Eutróficos, Neossolos Litólicos com inclusões de luvisolos e afloramento de rochas.

Onde, no Capítulo 6, são abordadas características detalhadas a respeito dos solos da área da jazida de Itataia.

## 2.6 Aspectos Socioeconômicos

O município de Santa Quitéria possui uma área de 4260,681 km<sup>2</sup>, integrando Microrregião Geográfica de Santa Quitéria, e segundo dados do IPECE (2012) possuía uma população de 42.822 habitantes, correspondendo a uma densidade demográfica de 10,05 hab/km<sup>2</sup>.

No que diz respeito à saúde, o Município é assistido pelo SUS, com tipos de prestador público (18) e privado (2). Os indicadores de saúde do Município mostram uma taxa de mortalidade infantil de 13,86/1000 hab contra 12,79/100 hab no Estado.

O município de Santa Quitéria, dispõe de 156 estabelecimentos de ensino, sendo 147 municipais, 5 estaduais e 4 particulares, compreendendo três níveis de escolaridade, envolvendo 15.622 alunos, dos quais 12.031, ou seja, 77% cursam o 1º grau e apenas 896 ou 5,73% estão matriculados no 2º grau. O abastecimento de água da cidade conta com 7.685 ligações reais e um volume produzido de 1.188,905 m<sup>3</sup>, quatro postos de vendas de produtos, 3 caixas de coleta e 5 postos de correio para atender a população (IPECE, 2012).

Os transportes rodoviários são dominantes, tanto para pessoas quanto para cargas e se fazem principalmente pelas estradas BR-020 e CE-257, numa distância de 220,2 km entre Fortaleza e Santa Quitéria. A rede rodoviária municipal tem 361 km em



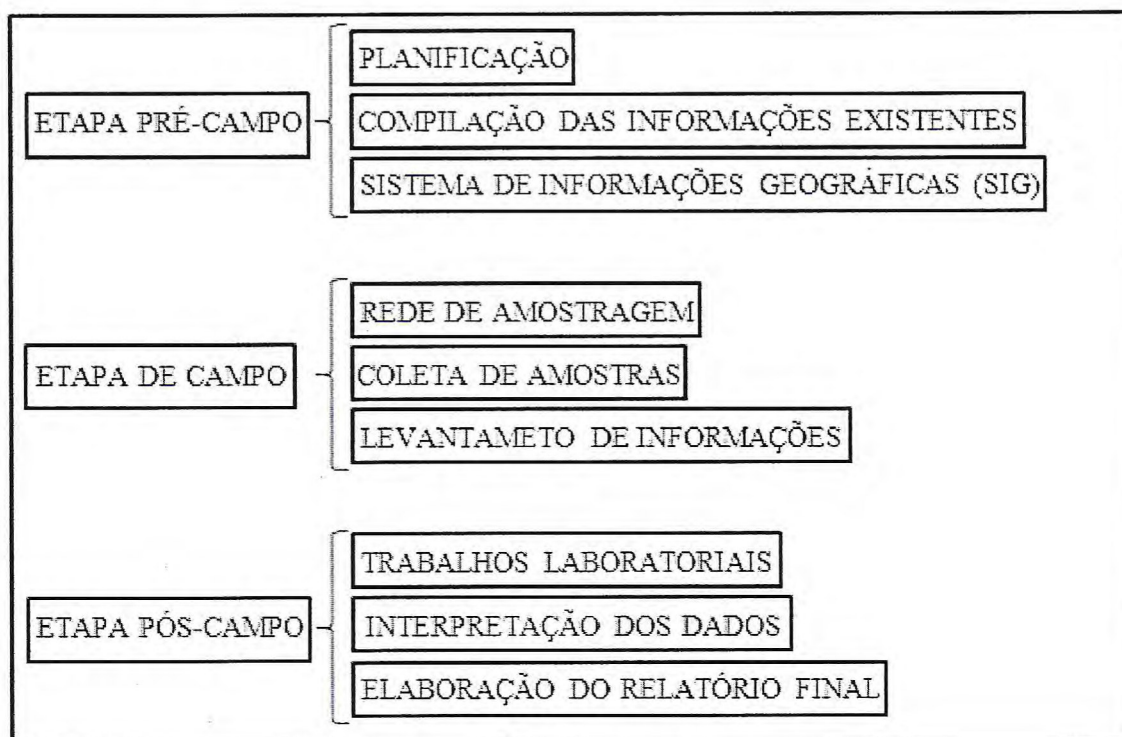
situação de leito natural. As empresas de Transporte Rodoviário que servem a cidade são: Rápido Sertanejo, Rápido Crateús e Horizonte.

A estrutura fundiária é semelhante àquela das demais regiões do nordeste brasileiro, caracterizada pela concentração de grandes extensões de terras improdutivas, nas mãos de poucos proprietários, ficando uma pequena parcela sobre o domínio de muitos proprietários, constituindo minifúndios onde se verifica o uso excessivo da terra, com o objetivo de subsistência em prazo curto (IPECE, 2012).

## CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA DE TRABALHO (MATERIAS E MÉTODO)

Este estudo decorreu em três etapas a fim de alcançar as metas pré-estabelecidas nos objetivos, contendo assim:

Figura 3.1: Etapas referentes a metodologia  
Fonte: autor



### 3.1 Etapa Pré-campo

Esta etapa consistiu no planejamento do trabalho a realizar, na definição do plano de ação para a realização do estudo, onde, se fez necessário, ajustes perante novas situações identificadas quando da realização dos trabalhos de campo.

Simultaneamente a este processo decorreu a revisão bibliográfica, onde se consultou as principais fontes versando sobre a área pesquisada, tais como artigos em periódicos científicos, livros, teses, dissertações e resumos em congresso, nacionais e internacionais. Esta consulta contribuiu para melhor consolidar o objeto de estudo assim como identificar as melhores abordagens metodológicas.

### 3.2 Etapa de Campo

Esta etapa foi subdividida em duas fases de campo. Na primeira, foi percorrida a poligonal definida de modo a permitir o reconhecimento da área estuda. A segunda ao seu turno teve o intuito de coletar amostras de solo, de acordo com o mapa da malha de amostragem quadrada, que foi determinada basicamente pelo tamanho e forma do alvo, onde a coleta das amostras se deu em intervalos regulares ao longo de linhas também regularmente espaçadas. A programação das estações de amostragem foi feita com o auxílio do mapa-base preliminar de trabalho e do mapa geológico.

Com base nas técnicas de amostragem de solos por distribuição aleatória estratificada dos pontos (ABNT, 2011), em que procede-se uma divisão regular da área, distribuindo-se os pontos de forma aleatória. Com esse esquema de amostragem, foram coletadas 42 amostras em estações definidas à aproximadamente 200m de distância entre elas em uma área de 1,44 km<sup>2</sup> (Anexo I), assegurando que todas as subáreas que compõe o local investigado que foram amostradas.

Cada amostra coletada contém um 1 kg, onde foram recolhidas por meio de escavações por pá com profundidades superiores a 15 cm, sendo acondicionadas em sacos previamente numerados. Seguindo assim o padrão de uniformidade e homogeneidade do processo de amostragem em toda a campanha, preenchendo fichas de campo e codificando as amostras coletadas (Anexo II) por uma letra "D", seguido da numeração da estação de coleta, onde essa distribuição foi utilizada com o intuito de acelerar os processos futuros de geração de mapas e processos laboratoriais.

### 3.3 Etapa Pós-campo

Após a realização dos trabalhos de campo, as 42 amostras de solo passaram por um processo de preparação (USEPA, 1989), antes das análises laboratoriais, sendo iniciado no laboratório Laboratório de Geotécnica do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará com os seguintes processos:

- 1) Secagem - processo fundamental, pois, amostras úmidas não podem ser peneiradas de maneira eficaz. Assim, as amostras foram acomodadas em recipientes

especiais e colocadas na estufa com temperatura controlada de 60° C por um período de 24 horas.

2) Moagem - processo necessário para reduzir o tamanho das massas das amostras de solo, facilitando a peneiração, objetivando uma verdadeira homogeneização e representatividade.

3) Peneiração – As amostras de solo após a secagem e a desagregação passaram por uma malha de peneiras de náilon para evitar contaminação, onde a agitação das peneiras se deu em vibradores mecânicos para garantir a homogeneidade do procedimento. Ao fim desse processo obteve-se porções de amostras com granulometria inferior a 2 milímetros (10 meshes).

Ao final desses processos as amostras já estavam devidamente preparadas para a etapa laboratorial, a análise de Difração de Raio-X (DRX), no Laboratório de Raio-X no Departamento da Física da Universidade Federal do Ceará, que corresponde a uma das principais técnicas de caracterização microestrutural de materiais cristalinos, capaz de fornecer informações qualitativas e quantitativas dos minerais constituintes de uma mistura. A interação dos raios X com os átomos da estrutura cristalina da amostra pode ou não resultar no fenômeno chamado de difração e o conjunto de picos que aparecem no difratograma são característicos para cada material. (BRINDLEY; BROWN, 1980)

Quando este feixe definido difrata em um cristal desconhecido, a medida dos ângulos de difração dos raios emergentes podem elucidar a distância dos átomos no cristal e, conseqüentemente, a estrutura cristalina. Estas informações são geradas pelo fenômeno físico da difração e também da interferência, ou seja, quando os raios incidem sobre um cristal, ocorre a penetração do raio na rede cristalina, a partir disso, teremos várias difrações e também interferências construtivas e destrutivas. Os raios X interagirão com os elétrons da rede cristalina e serão difratados. Para que as ondas difratadas interfiram construtivamente, é preciso que a diferença entre os caminhos percorridos pelos os feixes ou ondas de raios X, em dois ou mais planos hkl, seja um múltiplo inteiro do comprimento de onda; essa relação é conhecida como Lei de Bragg. (SCHULZE, 1989).



Para análise de solos por DRX, geralmente utiliza-se o método do pó, em que o comprimento de onda é mantido constante e se varia o ângulo de difração. Com resultado se obtém uma representação gráfica do arranjo atômico no retículo cristalino (CULLITY, 1978; BRINDLEY; BROWN, 1980; SCHULZE, 1989). A intensidade dos picos de difração fornece uma base para a estimativa da concentração dos minerais presentes na amostra, e é afetada pelos seguintes fatores: fator de polarização, fator de estrutura, fator de multiplicidade, fator de Lorentz, fator de absorção e fator de temperatura, os quais devem ser considerados para análise quantitativa (WHITTIG, 1965; HILL; HOWARD, 1987; CULLITY, 1978). Há vários fatores em relação à natureza física e química da amostra, como a descontinuidade nos cristais, variação na composição química e presença de substâncias amorfas que podem influenciar muito na intensidade de difração e, portanto, na validade da estimativa quantitativa dos minerais (WHITTIG, 1965; HILL; MADSEN, 2006).

A integração, o tratamento e a sistematização dos dados foram as últimas etapas a serem desenvolvidas neste trabalho que corresponde a confecção dos produtos de apresentação dos resultados e conclusões obtidas nesse estudo.

## CAPÍTULO 4 - GEOLOGIA REGIONAL

### 4.1 Província Borborema

A área estudada está situada na Província Borborema (ALMEIDA et., 1981) (Figura 4.1), no Domínio Ceará Central na qual se encontra no nordeste do Brasil. É constituída por terrenos pré-cambrianos de idade variando entre o Arqueano e o Neoproterozóico, intensamente deformados e metamorfizados ao final do Neoproterozóico durante a orogênese brasileira (BRITO NEVES, 1975; CABY et al., 1986).

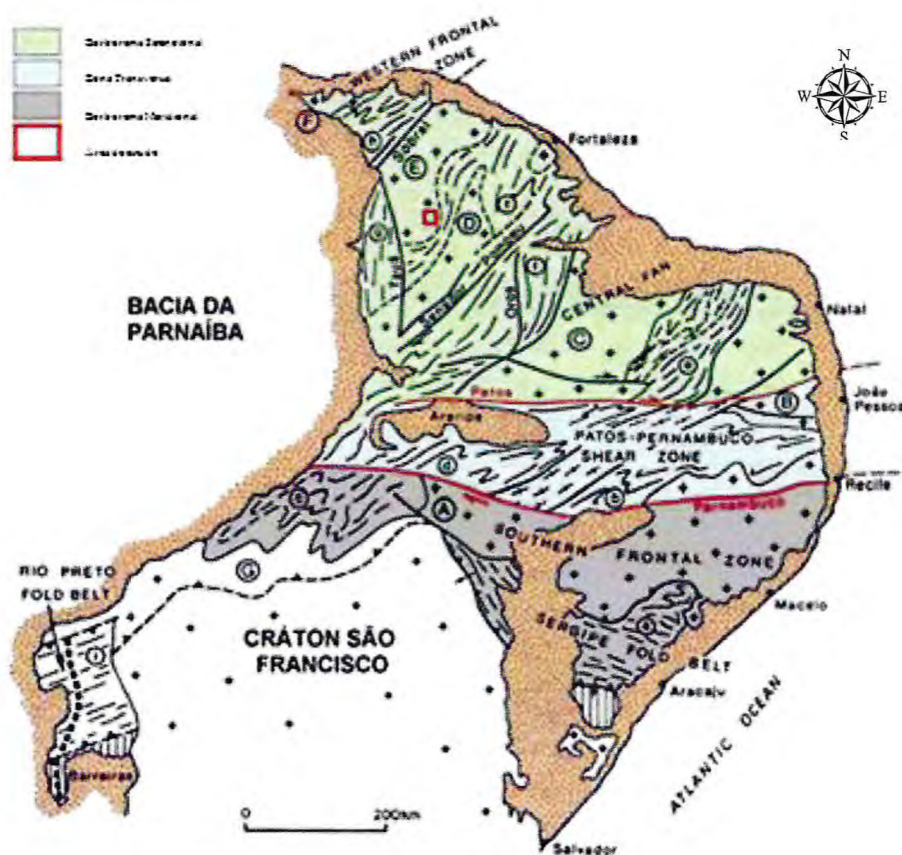
Figura 4.1: Localização da Província Borborema no Brasil  
Fonte: Schobbenhaus & Campos, 1984



A Província Borborema estende-se por baixo da bacia sedimentar da Parnaíba e inclui também a chamada faixa Araguaia, parte setentrional da Província Tectônica Tocantins (ALMEIDA et al., 1977), constituindo uma vasta região com mais

de 450.000 km<sup>2</sup>. A Província é formada por um conjunto de grandes segmentos crustais (geralmente limitados por extensas zonas de cisalhamento preferencialmente transcorrentes), os quais comportam proporções variadas de rochas do embasamento Paleoproterozoico (com núcleos arqueanos preservados), rochas supracrustais Meso- a Neoproterozoicas e granitoides Neoproterozoicos (VAN SCHMUS et al., 1998). Esse arcabouço foi recortado tardiamente por duas megatranscorrências destras (lineamentos Patos e Pernambuco), de direção E-W, que dividem a Província Borborema em três Sub - Províncias: Borborema Setentrional, Zona Transversal e Borborema Meridional. No sentido de leste para oeste, por sua vez, a Sub - Província Borborema Setentrional pode ser subdividida em quatro domínios tectono-metamórficos (Figura 4.2) separados por megazonas de cisalhamento dúcteis, a saber: Domínio Rio Grande do Norte, Domínio Orós - Jaguaribe, Domínio Noroeste Ceará e Domínio Ceará Central (BRITO NEVES et al, 2000), este último onde localiza-se a área estudada.

Ilustração 4.2: Subdivisão da Província Borborema  
Fonte: Trompette, 1994.









O DCC é produto de uma longa e complexa história geológica, iniciada no Arqueano, refletido por vários episódios de acreção crustal e ciclos orogenéticos com atividades magmáticas, metamórficas e deformacionais. É limitado a oeste pelo lineamento Transbrasiliano e a leste pelo Lineamento Senador Pompeu, que apresenta um significativo núcleo de rochas arqueanas reunidas no Maciço de Tróia (BRITO NEVES 1975, PESSOA et al., 1986 e FETTER 1999).

Segundo Fetter (1999), o DCC exhibe quatro principais unidades lito-estruturais, de acordo com a concepção mais aceita: 1) Embasamento Arqueano, 2) Terrenos Acrecionários do Paleoproterozóico, 3) Terreno Santa Quitéria e 4) Coberturas Neoproterozoicas.

#### *4.2.1 Embasamento Arqueano*

Os afloramentos de terrenos arqueanos do Ceará Central estão limitados à sua porção sul/sudeste, na região de Pedra Branca e Mombaça. Constituído por gnaisses cinza, derivados de protólitos plutônicos de natureza essencialmente tonalítica/granodiorítica, e rochas supracrustais formando associação do tipo greenstone-gnaisses (CABY & ARTHAUD, 1986; CABY et al., 1995)

A primeira datação disponível confirmando a idade destas rochas, antigamente inseridas na unidade denominada Complexo Pedra Branca, corresponde a uma isócrona Rb-Sr em rocha total de ortognaisses graníticos com idade de  $2540 \pm 60$  Ma (PESSOA et al., 1986).

Com aproximadamente 6.000 km<sup>2</sup>, recortado pela zona de cisalhamento dúctil de Sabonete-Inharé, o bloco apresenta limites ainda mal definidos, em grande parte por causa das grandes semelhanças litológicas que apresenta com os terrenos paleoproterozóicos vizinhos (FETTER, 1999).

#### *4.2.2 Terrenos Acrescionários do Paleoproterozóico*

Constituído por paragnaisses e ortognaisses diversos situados entre o Terreno Santa Quitéria e a Zona de Cisalhamento Senador Pompeu (ZCSP), correspondem ao Grupo Itatira e a uma parte do Grupo Ceará, formado por rochas paraderivadas, com quartzitos basais seguidos de xistos, gnaisses e carbonatos, fechando a sequência.

Estes terrenos evoluíram provavelmente a partir de uma série de terrenos do tipo arco de ilhas, em um intervalo de 50 Ma durante a orogênese Transamazônica (2.0 Ga), aparentemente, sem a participação de materiais mais antigos (FETTER, 1999).

#### *4.2.3 Terreno Santa Quitéria*

Está alinhado segundo a direção NE-SW, cobrindo uma área de 40.000 km<sup>2</sup> e representa significativa parte dos complexos granitóides do DCC. Interpreta-se esse complexo como sendo uma suíte magmática originada em ambiente de arco continental com sucessivos episódios magmáticos. Composto por migmatitos e granitóides que variam em composição de dioritos a granitos, o arco de Santa Quitéria também se encontra flanqueado por sequências de ante e retro-arco (FETTER, 2003). Essas sequências estão representadas respectivamente pelo Grupo Martinólope do Domínio Médio Coreá e pelo Grupo Independência.

Datações U-Pb realizadas (FETTER, 1999) resultaram em idades entre 637 e 623 Ma para granitóides deformados do Batólito Santa Quitéria, e ainda idades modelo (TDM) variando entre 0.86 a 1.92 Ga, sugerindo uma fonte mista para a origem dos granitóides. Castro (2004) obteve idades U-Pb similares para as rochas deste batólito, variando entre 620 a 611 Ma.

#### 4.2.4 Coberturas Neoproterozóicas

Composta por uma série de ocorrências de rochas supracrustais que apresentam metamorfismo em fácies anfibolito alto em pressões moderadas a elevadas e bandamento tectônico de transposição de baixo ângulo caracterizando um sistema de *nappes* neoproterozóicas alóctones sobre o embasamento paleoproterozóico subjacente (CABY & ARTAHUD 1986; CASTRO, 2004).

As coberturas são formadas por materiais de várias idades, mas, a deposição ocorreu no Neoproterozoico. As idades modelos de Nd ( $T_{DM}$ ) variam entre 2,28 e 2,47 Ga (VAN SCHMUS, 1998). Idade U-Pb em cristais de zircão apontam a deposição destas rochas num ambiente *rift* e a participação de materiais mais jovens do que as áreas fontes do Paleoproterozóico. Ainda foi sugerido por esses autores a correlação entre as rochas supracrustais da região de Independência (Ceará), Grupo Martinópolis (NW do Ceará) e o Grupo Seridó (Rio Grande do Norte e Paraíba).

Na região de Independência foi reconhecida uma zonação metamórfica do tipo barroviano invertida em grandes *nappes* do estilo himalaiano. O sentido de transporte das estruturas nessa região relacionadas a tectônica tangencial tem sido descrito para sul, ou SE-SW (CABY & ARTAHUD, 1986).

## CAPÍTULO 5 - GEOLOGIA DA REGIÃO DE ITATAIA

### 5.1 Introdução

Os estudos geológicos realizados pela NUCLEBRÁS (1984) permitiram reconhecer para a região de Itataia um ambiente geotectônico, representado por metassedimentos que compõem o Grupo Itataia, posicionado no Paleoproterozóico, relacionando-o ao Ciclo Transamazônico e com efeitos posteriores de remobilização nos ciclos tectônicos subsequentes.

### 5.2 Unidades Litoestratigráficas

A área da jazida de Itataia (Figura 5.1) contém duas unidades do Grupo Ceará. A mais antiga, do Paleoproterozóico (~2,1Ga), compreende terrenos granito-gnáissicos granodioríticos a tonalíticos, em parte migmatizados. Nesta unidade insere-se o Complexo Tamboril Santa Quitéria de Castro (2001), ao qual se associam vários corpos graníticos, pegmatóides brasileiros e rochas máficas e ultramáficas de idade indefinida. A segunda consiste de uma sequência supracrustal meso a Neoproterozóica composta por rochas metassedimentares terrígenas com predominância de xistos e gnaisses a duas micas, granada e sillimanita contendo intercalações lenticulares de gnaisses calcissilicáticos, quartzitos, anfíbolitos, leptinitos e camadas de mármore calcítico e dolomítico, referidas na literatura como Grupo Itataia (MENDONÇA et al.1982), no qual hospeda-se o depósito fósforo-uranífero.

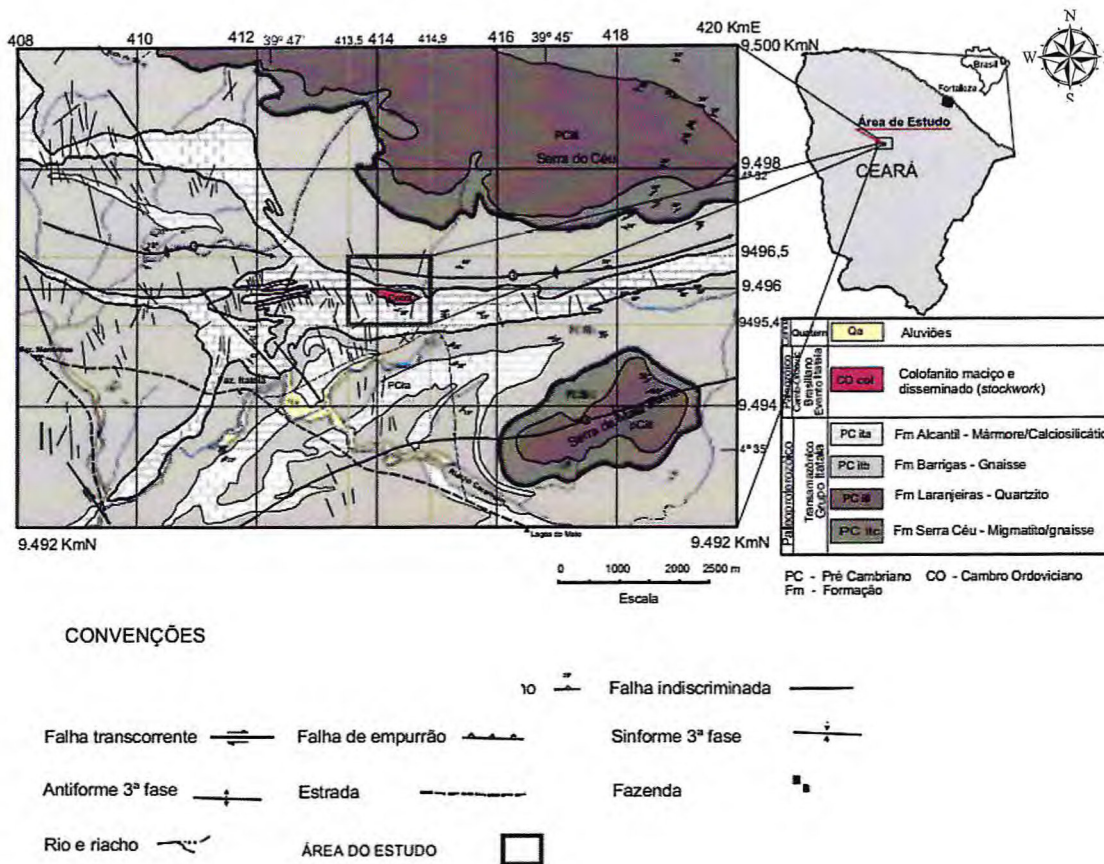
O Grupo Itataia agrupa um pacote de rochas supracrustais de natureza metassedimentar, sendo constituído predominantemente por mármore, xistos e gnaisses a duas micas, com granada e/ou sillimanita, rochas calcissilicáticas e quartzitos metamorfizados em fácies anfíbolito alto. Entretanto, verifica-se, localmente, ao meio das rochas metassedimentares terrígenas, níveis delgados de anfíbolitos e horizontes mais espessos de leptinitos, com algumas dezenas de metros. Estas rochas supracrustais têm sido agrupadas, normalmente, em quatro formações: I) Formação Serra do Céu, unidade mais inferior, com migmatitos, leptinitos e gnaisses; II) Formação Laranjeira com quartzitos puros e micáceos; III) Formação Barrigas, com gnaisses migmatios ou



não e, no topo; IV) Formação Alcantil, com mármore cristalinos e calcissilicática onde se concentram o minério fósforo-uranífero (MENDONÇA et al., 1983).

Figura 5.1: Mapa geológico regional com localização da área de estudo

Fonte: NUCLEBRÁS (1984)



Na Jazida de Itataia, segundo Mendonça et al. (1980 e 1985) são encontrados três dos principais tipos litológicos mineralizados em fosfato e urânio: o colofanito como minério principal, a brecha carbonosa e um epissienito. Mas, a mineralização também ocorre de modo disseminado nos mármore, calcissilicáticas e gnaisses, preenchendo fraturas e planos de foliação. A cronologia da origem do colofanito é ainda duvidosa. O posicionamento desse evento no Cambro-Ordoviciano é correlacionado à ocorrência de fragmentos rolados do colofanito nos conglomerados basais da Formação Serra Grande, de idade Siluro-Devoniana, ou preenchendo os interstícios de rochas pegmatóides e epissienitizadas no final do ciclo Brasiliano, de idade Eocambriana (NUCLEBRÁS, 1984).



### 5.3 Geologia Econômica

A Jazida de Itataia é de natureza fosfóro-uranífera que segundo Sfiec (2014), ocorre sob a forma de colofanito uranífero. As reservas lavráveis do corpo principal são da ordem de 8.882.000 t de  $P_2O_5$  e 79.319 t de  $U_3O_8$ , sendo 79.500.000 t de minério. O colofanito maciço exibe reservas que atingem um total de 19.300.000 t. As reservas de calcário associado ao minério são da ordem de 32.000.000 t. Além de ser a de maior teor de fosfato do país (11% de  $P_2O_5$ ) tem como subproduto a maior jazida de urânio brasileira. O mármore associado ao fosfato e urânio, com reservas de 300.000.000 m<sup>3</sup> pode ser lavrado para rochas ornamentais, cimento, cal, tintas e corretivo de solo.

A origem para a mineralização fosfóro-uranífera estaria relacionada a rochas sedimentares depositadas em zonas de plataforma marinha rasa e/ou restrita e o fosfato seria originalmente oriundo do reservatório oceânico. Neste contexto, a precipitação do fosfato ocorreria devido ao aumento da concentração de  $HPO_{4-2}$  como consequência da movimentação de águas frias do fundo oceânico em correntes ascendentes que se misturariam as águas superficiais mais quentes das bordas de bacias. A fonte do urânio, por sua vez, seria predominantemente terrígena, relacionada à lixiviação do embasamento continental preexistente e se depositaria em ambiente marinho confinado com fortes influências continentais. Logo, a mineralização seria de origem predominantemente sedimentar, com reconcentração por processos tectono-metamórficos e posterior enriquecimento por processos supergênicos (CASTRO et al., 2005).

## CAPÍTULO 6 - CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS E MINERALOGIA

### 6.1 Caracterização dos Solos

O solo pode ser definido como um material poroso originado de uma rocha por processos físicos, químicos e biológicos de desintegração, decomposição e recombinação dos materiais orgânicos e minerais (REICHARDT, 1985). As características dos solos variam de acordo com as condições ambientais que são determinadas pelos fatores de formações. Por isso, é comum existirem diferenças entre solos posicionados nas partes mais elevadas de uma paisagem, como no topo de uma colina.

Com base em dados referentes ao mapa dos solos do Estado do Ceará da EMBRAPA (1999) a área estudada está inserida em uma região com prevalência de Argissolos Vermelho/Amarelo Eutróficos, Neossolos Litólicos e com inclusões de luvissolos e afloramento de rochas.

Segundo a FUNCEME, o Argissolo Vermelho-Amarelo Equivalente Eutrófico é a classe de solo de maior expressão geográfica no Estado do Ceará, ocorrendo em todas as zonas fisiográficas sob variados tipos de clima, relevo e vegetação (JACOMINE *et al.*, 1973). Esta classe compreende solos com horizonte B textural, não hidromórficos e com argila de atividade baixa. Diferem da classe Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, essencialmente, por apresentar, além de média a alta saturação de bases (V%), baixa saturação com alumínio, menor acidez, bem como conteúdo mineralógico que encerra, comumente, quantidade significativa de minerais primários facilmente decomponíveis.

Os tipos de horizonte A que ocorrem nestes solos são chernozêmico, moderado e fraco. A coloração, quando úmida, varia de bruno-escuro a cinzento-escuro, estrutura, normalmente, granular, moderada a fracamente desenvolvida, de consistência ligeiramente duro a duro, quando seco e friável, quando úmido. Transita, normalmente, de maneira plana ou ondulada e clara ou gradual, para o Bt (EMBRAPA, 1999).

O horizonte B apresenta coloração, normalmente, variando do vermelho-amarelado ao vermelho, estrutura, geralmente, em blocos subangulares, moderada a

fracamente desenvolvida, consistência ligeiramente duro a duro, quando seco e friável, quando úmido; geralmente apresenta cerosidade.

São moderadamente ou bem drenados, excetuando-se os solos rasos ou com plintita, que apresentam drenagem moderada/ imperfeita. São moderadamente ácidos a ácidos, raramente neutros, ou mesmo alcalinos, como nota-se em alguns perfis de solos rasos.

O material originário é constituído, predominantemente, de saprolito de gnaisses e migmatitos do Pré-Cambriano Indiviso, de granitos e anortositos (Plutônicas Ácidas) e de micaxistos do Pré-Cambriano (A), entre outras rochas menos frequentes.

Muitas vezes este material é influenciado por cobertura de material retrabalhado. Os solos da zona do Litoral são, geralmente, oriundos de um recobrimento pouco espesso de materiais areno-argilosos ou argilo-arenosos, possivelmente do Terciário sobre o Pré-Cambriano (FUNCEME).

Os Luvisolos também presente na forma de inclusões nessa área, conforme RADAMBRASIL (1973) são solos com horizonte B textural, não hidromórficos e com argila de atividade alta. São de alta fertilidade natural, com alta saturação e soma de bases, reação moderadamente ácida a praticamente neutra, ou mesmo moderadamente alcalina, bem como conteúdo mineralógico que encerra quantidade significativa de minerais primários facilmente decomponíveis, os quais constituem fontes de nutrientes para as plantas.

São solos moderadamente profundos a rasos, tendo, de modo geral, sequência de horizontes A, Bt e C, com espessura do A + Bt, entre 30 e 90cm, textura arenosa ou média, no horizonte A e média ou argilosa, no Bt, mudança textural abrupta do A para o Bt (transições planas e abruptas ou claras), relação textural de 1,5 a 4,0 e, frequentemente, apresentando descontinuidade quanto à natureza do seu material originário, entre os horizontes superficiais e subsuperficiais. (EMBRAPA, 1999)

O horizonte A é fraco, coloração mais frequente (úmido) variando de bruno-acinzentado escuro a cinzento-avermelhado escuro; estrutura maciça ou fraca a moderada, pequena a média, granular, de consistência duro a extremamente duro (seco) e muito friável a firme, quando úmido. O horizonte Bt destes solos é bastante

característico. Possui coloração mais frequente (úmido) de vermelho-escuro a vermelho-amarelado, estrutura moderada a forte, média a grande, prismática, composta de moderada a forte, média a grande, blocos angulares ou subangulares, de consistência extremamente duro a duro (seco) e firme a muito friável, quando úmido. Quando vértico possui, sempre, estrutura prismática e consistência extremamente duro (seco). É muito comum nas áreas destes solos, a presença de pedregosidade superficial, constituída por calhaus e, por vezes, matações de quartzo, caracterizando um pavimento desértico.

O Neossolo Litólico compreende solos pouco desenvolvidos, rasos a muito rasos, possuindo, apenas, um horizonte A diretamente sobre a rocha (R), ou sobre materiais desta rocha em grau mais adiantado de intemperização, constituindo um horizonte C, com muitos materiais primários e blocos de rocha semi-intemperizados, de diversos tamanhos, sobre a rocha subjacente muito pouco intemperizada ou compacta (R). Nestes solos pode-se constatar, pois, sequência de horizontes A-C-R ou A-R e, por vezes, o início da formação de um horizonte (B) incipiente. Estes solos podem ser eutróficos ou distróficos, quase sempre apresentando bastante pedregosidade e rochosidade na superfície (RADAMBRASIL, 1973).

O horizonte A apresenta-se, comumente, fraco ou moderado, com pequena ocorrência de A chernozêmico com espessuras que variam de 15 a 40cm, de coloração diversa, sendo que os tipos moderado e chernozêmico são, naturalmente, melhor estruturados, apresentado estrutura granular e/ou em blocos subangulares, variando de forte a fraca. O A fraco possui estrutura fraca a muito fraca, granular e/ou em blocos subangulares ou maciça pouco coesa ou, ainda, em grãos simples. Abaixo ao horizonte A, apresenta o horizonte R (rocha), o pouco intemperizado ou um horizonte C com muitos materiais primários sobre a rocha subjacente.



## 6.2 Mineralogia

A fração mineral que compõem a forma sólida do solo, sendo relativamente fixas suas proporções, é constituída por minerais primários, aqueles que passaram por microdivisões e constituem o material de formação do solo – quartzo, feldspatos, piroxenios, anfibólios, dentre outros – indicando ser o solo uma fonte de nutrientes às plantas (REATTO et al., 1998) e, minerais secundários – minerais argilosos, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, silicatos e aluminossilicatos fracamente cristalinos ou amorfos (LEPSCH, 1976) – os minerais resultantes da decomposição parcial de outros minerais sendo os constituintes principais da fração argila, responsáveis por grande parte dos fenômenos envolvendo fertilidade, manejo dos solos, propriedades física e química e estão relacionados aos fenômenos de lixiviação de nutrientes – lavagem dos íons básicos ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ) que são trocados pelo  $\text{H}^+$ , adsorção de fósforo, fixação de potássio, entre outros.

Os resultados da análise de Difração de Raios X com base na fração mineral para as amostras analisadas mostram que há uma predominância dos constituintes: Quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), Fluorapatita ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ) e Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

Como resultado da análise tem-se o difratograma de raios X, o qual consiste em um diagrama que se relaciona as posições de picos de difração, assinaladas no eixo das abscissas, com as suas respectivas intensidades, situadas no eixo das ordenadas.

As posições dos picos de difração encontram-se determinadas com a unidade  $2\theta$ ; isso ocorre porque, na geometria Bragg-Brentano, as medidas de difração são feitas com o tubo de raios X fixo e com o detector posicionado  $2\theta$  graus em relação à direção do feixe incidente. A intensidade dos picos de difração de um mineral depende de fatores relacionados à sua composição química e estrutura cristalina, às características geométricas da medida, ao comprimento de onda da radiação utilizada e a efeitos térmicos. Além dos fatores anteriormente mencionados, outros fatores exercem influência na intensidade de difração, são eles: orientação preferencial, contraste de absorção e extinção.

Com base nos picos de difratogramas e nos dados obtidos tem-se das 42 amostras coletadas, 100% possui Quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), 26,08% contêm Fluorapatita ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ), 13,04% tem a presença de Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) além de 6,52% das amostra terem a presença de Óxido de Urânio, referindo-se assim a uma anomalia (Tabela 6.1).

Tabela 6.1: Constituintes mineralógicos dos predominantes na área estudada.

Fonte: Autor

NOME COMPOSTO	FÓRMULA QUÍMICA	OCORRÊNCIA
Quartzo	$\text{SiO}_2$	100%
Fluorapatita	$(\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F})$	26,08%
Carbonato de Cálcio	$\text{CaCO}_3$	13,04%
Óxido de Urânio	$\text{UO}_2$	6,52%

O quartzo é o mais comum e abundante mineral presente nos solos. Devido sua abundância nos solos arenosos, o quartzo e areia têm sido usados como sinônimo, no entanto quando determinações mineralógicas são feitas, a areia no solo contem muitos outros minerais. O quartzo é insolúvel, tanto na água como nos ácidos. Por não apresentar clivagem e elevada dureza, quando em dimensões maiores que a da fração argila, é praticamente indecomponível, por esta razão, é o mais comum componente da fração areia dos solos e sedimentos (OLIVEIRA; ARAUJO; MAZUR, 2002).

A apatita apresenta a formula geral  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$ , com as seguintes variantes: a mais comum, a Fluorapatita (F), Cloroapatita (Cl) e Hidroxiapatita (OH). Ocorre em pequenas quantidades nas rochas. Alguns folhelhos e calcários são ricos em fosfatos, contendo algumas camadas com mais de 50% de fosfatos. Estas são chamadas de fosforitas ou rochas fosfatadas e, quando suficientemente ricas e extensivas, são exploradas para produzir fertilizante fosfatado. A apatita é a fonte original do fosfato no solo. A quantidade encontrada depende do conteúdo. Em solo ácido, ela é lentamente transformada para um fosfato de ferro ou alumínio, ou é adsorvido pela argila, para



formar um complexo insolúvel de argila-fosfato. Consequentemente, em solo intemperizado, a maior parte do fosfato é encontrada na argila. Considerando que os ânions fosfatos reagem rapidamente com vários constituintes do solo (argila mineral, óxidos hidróxidos de ferro e alumínio), estes são muito imóveis no solo. (OLIVEIRA; ARAUJO; MAZUR, 2002).

Segundo Oliveira (2002), os Carbonatos, nesse caso ocorrem na forma de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ). A calcita se distingue da dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) pela suas diferenças na reatividade com ácido. A calcita reage rapidamente, independente do tamanho da partícula. A dolomita reage lentamente quando o tamanho da partícula é grande, mas muito mais rapidamente quando pulverizada, são mais comuns nas rochas sedimentares. As rochas carbonatadas são as fontes de materiais calcários usados para neutralizar a acidez do solo e proporcionar nutrientes para as plantas, Ca e Mg. O carbonato de cálcio permanece no solo somente em áreas áridas e semiáridas. Quando mais baixa a pluviosidade, mais próximo à superfície os carbonatos são encontrados. Quando a chuva excede 640 mm por ano, como na área estuda, o carbonato é lixiviado completamente para fora do solo.

Além da presença desses minerais, tem-se os argilominerais, minerais característicos das argilas, onde quimicamente são silicatos de alumínio ou magnésio hidratados, contendo outros tipos de elementos como ferro, potássio, lítio e outros. Os principais grupos de argilominerais são: caulinita, illita e esmectitas ou montmorilonita. Foram registrados nessa área, com base nos difratogramas de raios-X, apenas a caulinita (Gráfico 6.1), montmorilonita (Gráfico 6.2) e vermiculita (Gráfico 6.3). O que diferencia estes argilominerais é basicamente o tipo de estrutura e as substituições que podem ocorrer dentro da estrutura, do alumínio por magnésio ou ferro, e do silício por alumínio ou ferro, principalmente, e conseqüente neutralização das cargas residuais geradas pelas diferenças de cargas elétricas dos íons por alguns cátions.

Gráfico 6.1: Difratoograma de raios-X de amostra D12 contendo caulinita que apresenta uma distância basal de primeira ordem de 7,1 Å que em termos de identificação por  $2\theta$  é de 12,45.

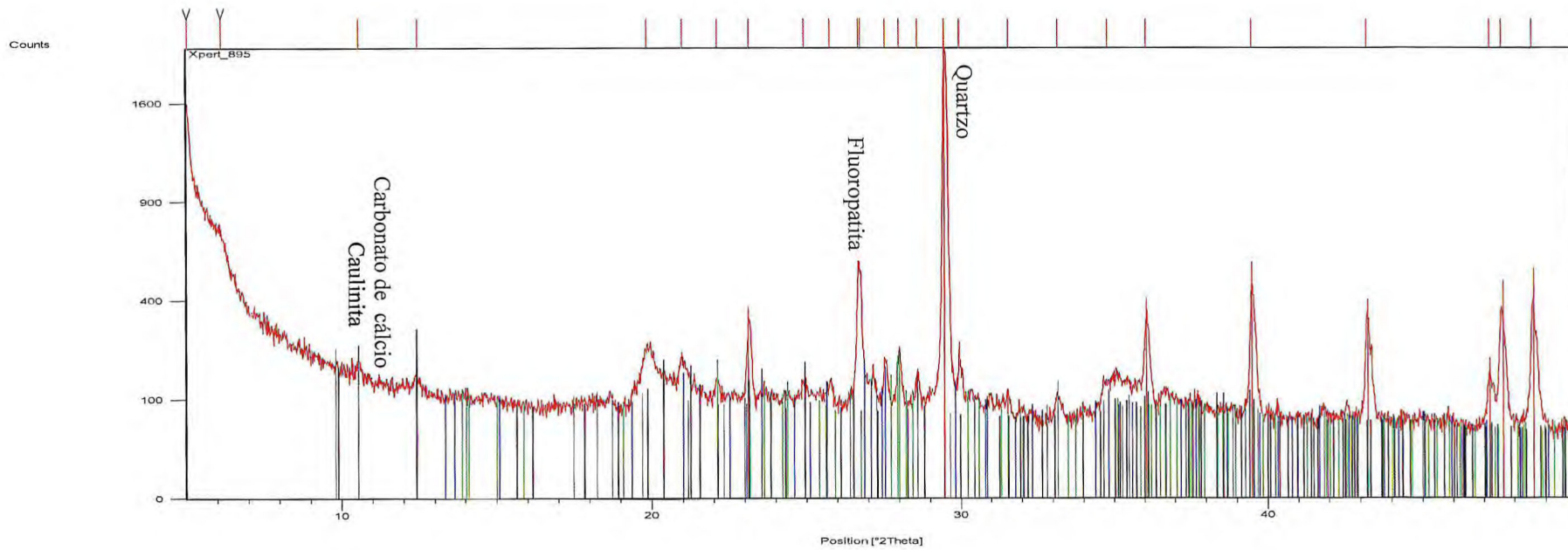




Gráfico 6.2: Difratoograma de raios-X de amostra D8 contendo montmorilonita que apresenta uma distância basal de primeira ordem de 14,7 Å que em termos de identificação por 2θ é de 6,1.

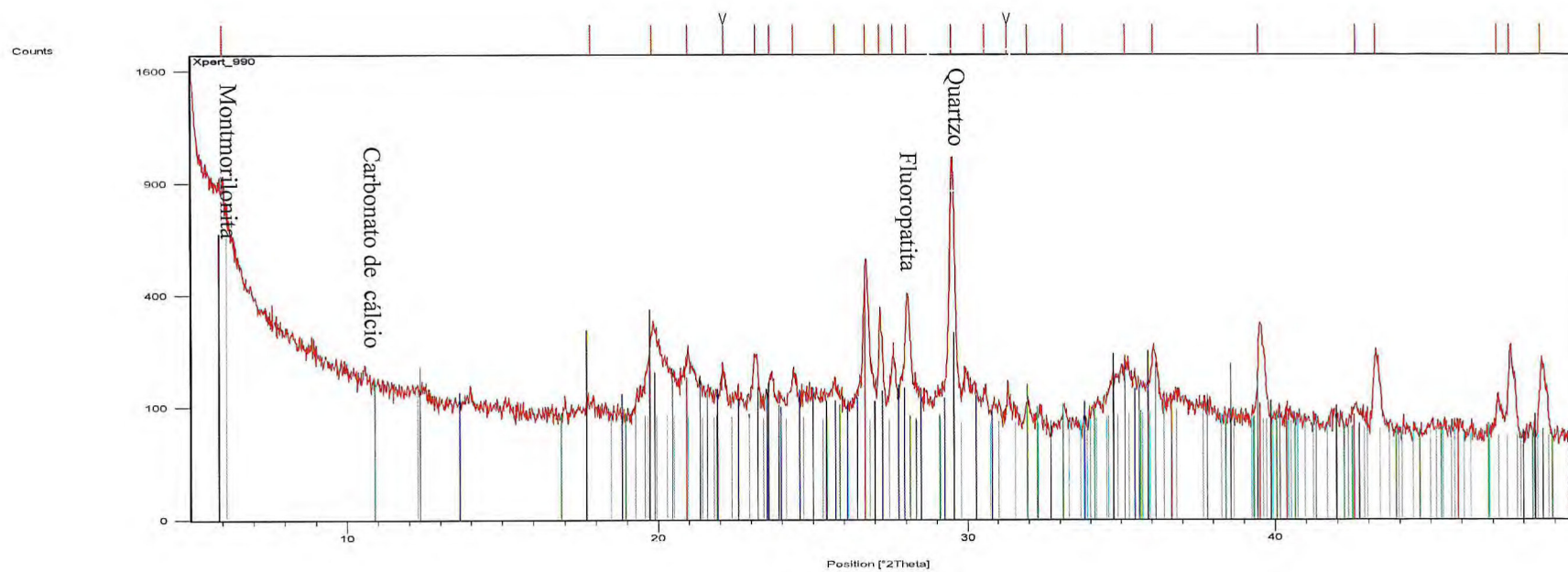
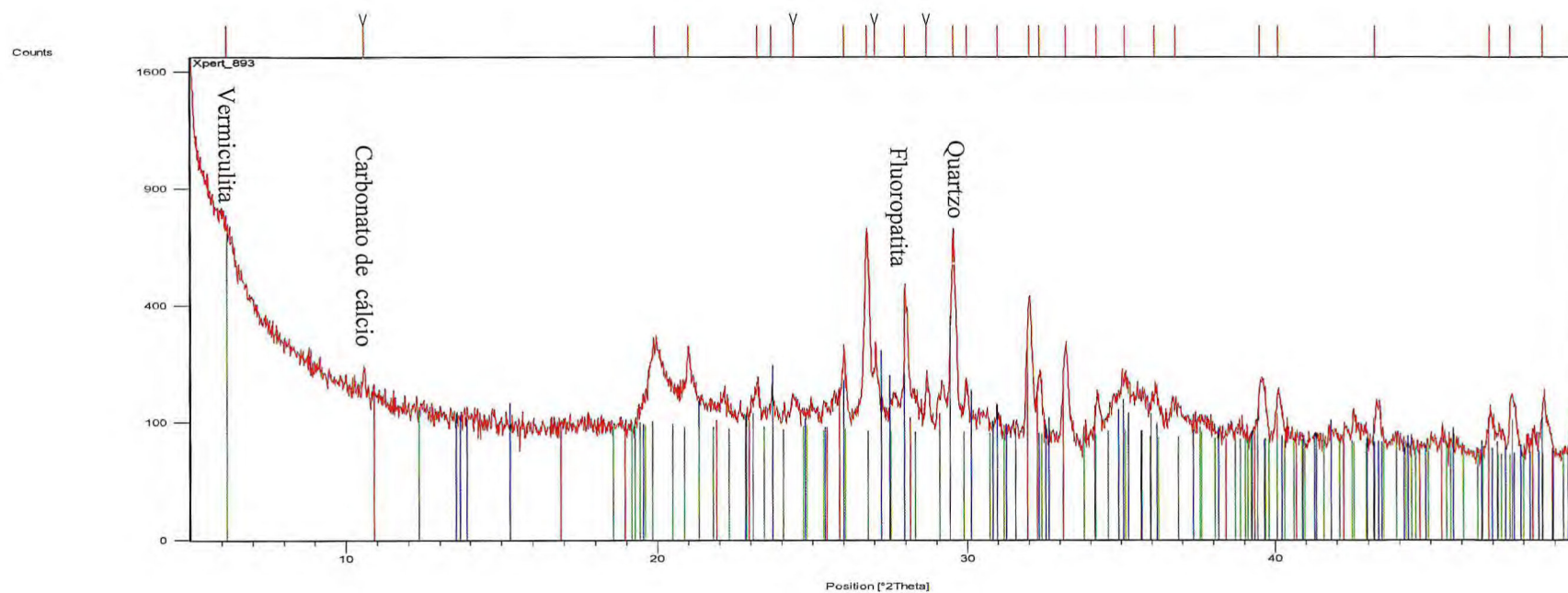


Gráfico 6.3: Difratoograma de raios-X de amostra D30 contendo vermiculita que apresenta uma distância basal de primeira ordem de 14,3 Å que em termos de identificação por 2θ é de 6,2.



## CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES

Nos resultados obtidos na difração de raio X juntamente com os dados do mapa do solos do Ceará da EMBRAPA. Tem-se que os Argissolo vermelho-amarelo Eutróficos, concentram-se na porção Sudoeste da região de Itaitaia e espaçadamente em vários outros pontos, compreendendo solos com horizonte B textural, não hidromórficos e com argila de atividade baixa.

Os solos Luvisolos são encontrados com frequência nos sertões cearense, sendo, solos minerais pouco profundos, não hidromórficos, com argila de atividade alta, eutróficos, horizonte A fraco ou moderado, consistência dura ou muito dura, quando secos, estrutura maciça ou em blocos fracamente desenvolvidos.

Os solos Neossolos Litólicos eutróficos são muito pouco desenvolvidos, rasos, não hidromórficos apresentando horizonte A diretamente sobre a rocha ou horizonte C de pequena espessura. São normalmente pedregosos e/ou rochosos, moderadamente a excessivamente drenados com horizonte A pouco espesso, cascalhento, de textura predominantemente média.

Com base nos picos de difratogramas e nos dados obtidos obteve-se que as amostras de solo possuem uma maior quantidade de quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), fluorapatita ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ), carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e a presença de óxido de urânio, referindo-se assim a uma anomalia. Além da presença dos argilominerais nessa área, como, a Caulinita, Vermiculita e Montmorilonita.

## CAPÍTULO 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERS, A. P. F. **Um método simples de caracterização de argilominerais por difração de raios X.** Cerâmica, São Paulo, v. 48, n. 305, mar. 2002.

ALLEN, B. L.; HAJEK, B. F. **Mineral occurrence in soil environments.** In: DINAUER, R.C.; KISSEL, D. E. (Eds.) Minerals in soil environments. n. 1. Madison: Soil Science Society of America Book Series, 1989. Cap. 5. p. 200-264.

ALMEIDA, A. R., Parente, C. V., Arthaud, M. H. **Geologia da Folha Itatira (SB.24-V-B-V), CPRM, 2008.**

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; Fuck, R. **Brazilian structural province.** Earth Sci., 1981. Rev., 7: 1-29.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R. **Províncias estruturais brasileiras.** In: VIII Simp. Geol. Nordeste, Campina Grande, 1977. p. 363-391.

ANDRADE, G.O.; LINS, R.C. **Introdução à Morfoclimatologia do Nordeste do Brasil,** 1965.p. 3-28.

ARTHAUD, M. **Tectônica de nappes e espessamento crustal brasileiro na região de Madalena, Boa Viagem, Ceará Central.** Exame de Qualificação, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2005. p. 76.

ABNT. ISO 10381-1: **Amostragem de Solo para fins Ambientais.** São Paulo, 2011.

BRITO NEVES B.B. **Regionalização geotectônica do Pré-cambriano nordestino,** São Paulo, 1975. Institute de Geociências da Universidade de São Paulo, p.198.

BRITO NEVES, B.B.; Kawashita K.; Mantovani M. **Contribuição a geocronologia do Pré-cambriano cearense.** 7th Symposium of Geology, Geological Society of Brazil, Fortaleza, 1975. Proceedings: 299-318

BRITO NEVES, B.B.; Santos, E. J.; VAN SCHMUS, W. R. **Tectonic history of the Borborema Province, northeast Brazil.** In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.;



THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (Eds). Tectonic evolution of South America. 31 st Internacional Geological Congress, Rio de Janeiro, 2000. p. 151-182.

BRINDLEY, G. W.; BROWN, G. **Crystal structures of clay minerals and their X-Ray identification**. London: Mineralogical Society, 1980. p. 495.

BUCKMAN, H. O. **Natureza e propriedades do solo**, 4ª Ed, Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1976. p. 647.

CABY, R.; ARTHAUD, M.H. **Major Precambrian nappes of the Brazilian Belt. Ceará, Northeast Brazil**, 1986. p. 871-874.

CABY R., ARTHAUD M., ARCHANJO C.J. **Lithostratigraphy and petrostructural characterization of supracrustal units in the Brasiliano Belt of Northeast Brazil**, 1995. Geodynamic implications. Journal of South American Earth Sciences. p. 235-246.

CASTRO, N. A. **Evolução geológica proterozóica da região entre Madalena e Taparuaba Domínio Tectônico Ceará Central (Província Borborema)**. Tese de Doutorado, inédito, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2004, p. 221.

CASTRO, G. L. **Litogeoquímica e isótopos estáveis de carbono e oxigênio das rochas metassedimentares hospedeiras da Jazida Fósforo-Uranífera de Itataia - Santa Quitéria/CE**. Inst. De Geociências, UFC, Fortaleza-CE, 2001. Dissertação de Mestrado.

CASTRO, G. L. **Isótopos de carbono e oxigênio dos mármores associados com o depósito fósforo uranífero de Itataia, Ceará**. Revista Brasileira de Geociências, [s. L.] 2005. v. 35, p.199-208.

CAVALCANTE, J.C.; VASCONCELOS, A.M.; MEDEIROS, M.F.; PAIVA, I.P.; GOMES, F.E.M.; CAVALCANTE, S.N.; CAVALCANTE, J.E.; MELO, A.C.R.; DUARTE NETO, V.C.; BENEVIDES, H.C. **Mapa Geológico do Estado do Ceará – Escala 1:500.000**. Fortaleza, 2003. Ministério das Minas e Energia/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

COGERH. **Revisão do plano de gerenciamento das águas da bacia metropolitanas e elaboração dos planos de gerenciamento das águas das bacias do litoral, Acaraú E Coreaú, no Estado Do Ceará.** Fortaleza, 2010.

COSTA, J. B. **Caracterização e Constituição do Solo.** 7 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004. p. 527.

CULLITY, B. D. **Elements of X-Ray Diffraction.** Ed. 2. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1978. p. 555.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KAMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de ciências do solo.** Campinas: SBCS, 1993. 90 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, 1999.

FETTER, A.H. **U-Pb and Sm-Nd geochronological constraints on the crustal framework and geologic history of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the assembly of Gondwana.** PhD. Thesis, Dept. of Geology, Kansas University, USA, 1999. p. 164.

FETTER, A.H., SANTOS, T.J.S.; VAN SCHMUS, W.R.; HACKSPAKER, P.C.; BRITO NEVES, B.B.; ARTHAUD, M.H.; NOGUEIRA NETO, J.A.; WERNICK E. 2003. **Evidence for Neoproterozoic continental arc magmatism in the Santa Quitéria Batholith of Ceará State.**

FUNCEME. **Precipitação Acumulada por ano no município de Santa Quitéria.** Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas/tempo/grafico-de-chuvas-dos-postos-pluviometricos>>. Acesso em: 14 out. 2014.

FUNCEME. **Solos.** Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas/meio-ambiente/solos>>. Acesso em: 14 out. 2014.

HILL, R. J.; MADSEN, I.C. Sample preparation, instrument selection and data collection. In: DAVID, W. I. F.; SHANKLAND, K.; McCUSKER, L. B.; BAERLOCHER, Ch (Eds.) **Structure determination from powder diffraction data.** Oxford, UK: Oxford University Press, 2006. Cap. 6. p. 98-117.

IPECE. **Instituto de Pesquisas e Estudos Econômicos do Ceará**. Anuário estatístico do Ceará. Fortaleza, 2012.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; RODRIGUES E SILVA, F. B.; MONTENEGRO, J. O.; FORMIGA, R. A.; BURGOS, N.; MELO FILHO, A. F. R. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife: Ministério da Agricultura/SUDENE, 1973. v. 1. p. 359.

KOPPEN, W. **Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Classification of climates according to temperature, precipitation and seasonal cycle)**. Petermanns Geogr. Mitt. 64, 193-203, 243-248, 1918

LEPSCH, I.F. **Solos - formação e conservação**. Brasília: Ed. Melhoramentos/ INL/ EDUSP, 1976. p. 158.

MENDES, B.V. **Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do semi-árido**. Fortaleza: SEMACE, 1997, p. 108.

MENDONÇA, J. G. S.; BRAGA, A. P. G.; CAMPOS, M. DE. **Considerações sobre a mineralização fósforo-uranífera da Jazida de Itataia**. Anais do XXXI Congr. Bras. De Geologia, 1980. v. 4, p. 2472-2486.

MENDONÇA, J.C.G.S.; Braga, A.P.G.; Netto, R.N.; Silva, J.R.A. **Mapa geológico da região de Itataia**. NUCLEBRAS, 1983.

MENDONÇA, J. G. S.; CAMPOS, M. DE.; BRAGA, A. P. G.; SOUZA, E. M. **Caracterização estratigráfica dos metassedimentos da região de Itataia-CE (Grupo Itataia)**. Anais do XXXI Congr. Bras. De Geologia, 1982. v. 1, p. 325-338.

MENDONÇA J.C.G.S.; CAMPOS M.; BRAGA A.P.G.; SOUZA E.M.; FAVALI J.C.; LEAL J.R.L.V. **Jazida de Urânio de Itataia-CE**. In: Principais Depósitos Minerais do Brasil, DNPM, 1985 v.1, pp. 121-131.

NUCLEBRÁS, **Jazida de Itataia – Relatório de Pesquisa Mineral**, vol.1. p. 330. Circulação interna da Indústria de Nucleares do Brasil S/A, Fortaleza-CE, 1984.

NUCLEBRÁS. **Relatório de Geotecnia Semi-Detalhe**. Circulação interna da Indústria de Nucleares do Brasil S/A, Fortaleza-CE, 1984.

OLIVEIRA, Clarice de; ARAUJO, Adelson Paulo; MAZUR, Nelson. **Fundamentos da ciências do solo**. 2. ed. Seropédica: UFRJ, 2002.

PESSOA R.R.; BRITO NEVES B.B.; KAWASHITA K.; PESSOA D.R.; FUCK R.A. **Contribuição ap estudo da evolução geochronológica do Macico de Tróia - CE**, Anais do XII Simpósio de Geologia do Nordeste. João Pessoa, 1986. Anais, p. 75-83.

PITOMBEIRA, João Paulo Araújo. **Geologia da Região de Itataia**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

PROJETO RADAMBRASIL. **Levantamento integrado dos recursos naturais do Brasil**. Ministério das Minas e Energia-MME, Rio de Janeiro, 1973.

PROJETO RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 1981.

REATTO,A.; CORREIA,J.R.; SPERA, S.T. **Solos do bioma Cerrado : aspectos pedológicos**. In : SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de. (Ed.). Cerrado : ambiente e flora. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. p. 47-86.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 486.

SCHOBENHAUS, C. & CAMPOS, D.A. **A evolução da Plataforma Sulamericana no Brasil e suas principais concentrações minerais**. In: Schobbenhaus C. et al. Coords. Geologia do Brasil. Brasília, 1984. DNPM, p. 9-53.

SCHULZE, D. G. Introduction to soil mineralogy. In: DINAUER, R. C.; KISSEL, D. E. (Eds.) **Minerals in soil environments**. n. 1. Madison: Soil Science Society of America Book Series, 1989. Cap. 1. p. 1-34.

SFIEC. Jazida de Itataia . Disponível em: <[http://www.sfiec.org.br/palestras/energia/Projeto\\_Fosfato\\_Itataia\\_arquivos/jazida\\_de\\_itataia\\_Informacoes\\_inb\\_ce.htm](http://www.sfiec.org.br/palestras/energia/Projeto_Fosfato_Itataia_arquivos/jazida_de_itataia_Informacoes_inb_ce.htm)>.

Acesso em: 14 out. 2014.



SOUZA, M. J. N et al. **Compartimentação Topográfica do Estado do Ceará. Revista de Ciências Agronômicas.** Fortaleza, 1979. P. 77-86.

TEXEIRA, W. et. Al. **Decifrando a Terra.** 2 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 623.

TROMPETTE, R.; UHLEIN, A.; EGYDIO-SILVA, M.; KARMANN, I. **The São Francisco Craton revisited.** J. South Am. Earth Sei.1994 p. 49-57.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. **Soil Sampling Quality Assurance User’s Guide – EPA 600/8-89/046.** Las Vegas, NV, DC, Environmental Monitoring Systems Laboratory, 1989.

VAN SCHMUS, W. R.; BRITO NEVES, B. B.; HACKSPACHER, P. C.; FETTER, A. H.; KOZUCH, M.; DANTAS, E. L.; BABINSKI, M. **The Borborema Province: A collage of polycyclic domains in northeast Brazil.** In: International Conference on Precambrian craton tectonics, Ouro Preto-MG, 1998. Abstracts, p. 80-83.

WHITTING, L.D. X-ray techniques for mineral identification and mineralogical composition. In: Black, C. A (Ed). **Methods of Soil Analysis, part 1, Physical and Mineralogical Properties.** Madison: American Society of Agronomy, 1965. Cap. 49. p. 671-698.

# ANEXO I

# ANEXO II

## AMOSTRAS COLETADAS NA ÁREA DE ESTUDO

AMOSTRA	UTM E (m)	UTM N (m)
D1	9496366	413799
D2	9496404	414025
D3	9496338	414192
D4	9496407	414396
D5	9496382	414597
D6	9496334	414760
D7	9496180	413796
D8	9496168	413994
D9	9496174	414198
D10	9496202	414393
D11	9496206	414588
D12	9496208	414792
D13	9495942	413821
D14	9496008	414060
D15	9495945	414223
D16	9496033	414431
D17	9495964	414562
D18	9496030	414742
D19	9495800	413796
D20	9495802	413994
D21	9495772	414163
D22	9495832	414390
D23	9495741	414537
D24	9495807	414767
D25	9495637	413827
D26	9495568	413997
D27	9495631	414223
D28	9495593	414393
D29	9495533	414591
D30	9495599	414764
D31	9495467	413856



D32	9495338	414028
D33	9495367	414198
D34	9495467	414327
D35	9495404	414556
D36	9495379	414789
D37	9495254	413802
D38	9494194	413994
D39	9495200	414195
D40	9495260	414393
D41	9495235	414622
D42	9495203	414760

ANEXO 01  
 MAPA DE AMOTRAGEM DA REGIÃO DE ITATAIA  
 (SANTA QUITÉRIA)



1:10.000



**CONVENÇÕES**

**CARTOGRÁFICAS**

- Caminhos
- Estradade de terra
- Drenagem
- Área de estudo

- Estação de coleta

**UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS**

- Depósitos aluviais - areia, cascalho e blocos

**Mineralizações Fósforo-Uranífera**

- Colafanito em níveis centimétricos

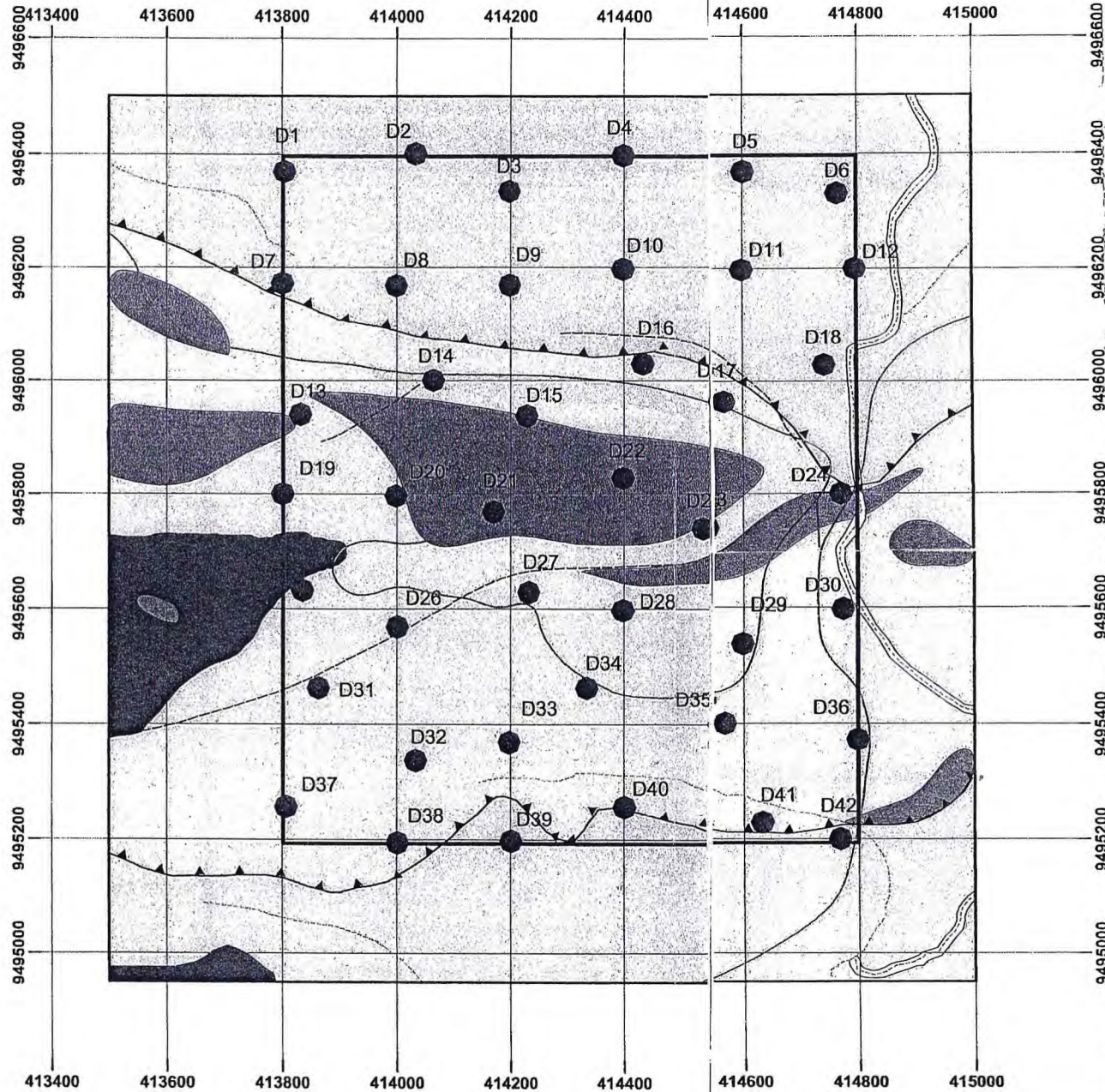
**Supracrustais Rio Curu-Itataia-Independência  
 Litodema Barrigas**

- Gnaisses bandados e quartzo, plagioclásio, biotita, granada e silimanita

**Litodema Alcantil**

- Rochas Calcissilicática
- Mármores bandado impuros

- Mármores mais puros bandados



Fonte: Pitombeira, 2011, simplificado e modificado