Ofício nº /2018 – PR/CPRM

Brasília, de maio de 2018

Ao: Sr. Superintendente da ANM da Paraíba
Dr. Frederico Einstein de Miranda
R: Rua Antônio Campos 252, Alto Branco
Campina Grande – PB
CEP: 58.401-399

Assunto: Requerimento de Autorização para pesquisa complementar
Ref. Processos DNPM nºs 840.302/79 - 840.303/79 - 840.304/79 - 840.305/79 -840.306/79 - 840.307/79 - 840.446/80

A **Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM**, Empresa Pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, com as atribuições do **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**, com sede no Setor Bancário Norte – SBN - Quadra 02, Asa Norte Bloco H - Edifício Central Brasília - Brasília - DF - CEP: 70.040-904, inscrita no CNPJ nº 00.091.652/0001-89, neste ato representado na forma de seu Estatuto Social, aprovado pelo Decreto nº 1.524, de 20.06.95, por seu Diretor-Presidente, **ESTEVES PEDRO COLNAGO,** vem mui respeitosamente solicitar **AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA COMPLEMENTAR PARA OS PROCESSOS ACIMA EPIGRAFADOS**.

Como é do conhecimento de V.Sa., a CPRM está envidando esforços para licitação, ainda este ano, das áreas de polimetálicos de Palmeirópolis, cobre de Bom Jardim(GO), carvão de Candiota (RS) e **Fosfato de Miriri (PE/PB)**, todos com relatório final de pesquisa devidamente aprovados pelo DNPM.

Objetivando o aproveitamento racional e célere das riquezas constantes na área, e tendo em vista que a atual titular investiu e investirá muito na pesquisa complementar, vimos apresentar novo Plano de Pesquisa (anexo), visando a reavaliação das reservas minerais de FOSFATO existentes e não contempladas.

Neste contexto, a **autorização para pesquisa complementar** se mostra uma alternativa viável e também uma excelente ferramenta, capaz de trazer possibilidades de adequação de trabalhos apresentados em épocas passadas, e que apesar de manterem a qualidade técnica, não dispunham do aparato necessário para uma pesquisa mais detalhada e aprofundada.

Diante das razões apresentadas, solicitamos a devida **AUTORIZAÇÃO** proposta neste requerimento, para o desenvolvimento de novos trabalhos de pesquisa, objetivando a **PESQUISA COMPLEMENTAR DAS RESERVAS DE FOSFATO**, contidas nos processos em apreço.

Antecipadamente agradecemos a atenção dispensada.

Atenciosamente,

ESTEVES PEDRO COLNAGO
Diretor–Presidente da CPRM

PLANO DE TRABALHO

PLANO DE PESQUISA COMPLEMENTAR

PROCESSO DNPM Nº	**840.302/1979; 840.303/1979; 840.304/1979; 840.305/1979; 840.306/1979; 840.307/1979; 840.446/1980**

TITULAR: COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
CNPJ: 00.091.652/0001-89
MUNICÍPIO: ALHANDRA/PB ; GOIANA/PE
SUBSTÂNCIA: FOSFATO

RESPONSÁVEL TÉCNICO: RICARDO WOSNIAK
FORMAÇÃO: GEÓLOGO
CREA: PR-75.471/D (Registro Nacional: 1703400682)

DATA	**27/04/18**

Sumário

1. INTRODUÇÃO 1
   1.1. GENERALIDADES 1
   1.2. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS 2
2. OBJETIVOS 4
3. CONSIDERAÇÕES PERTINENTES 5
   3.1. QUANTO AO HISTÓRICO DO PROCESSO MINERAL 5
   3.2. CONSTATAÇÕES PRELIMINARES 6
   3.3. ESTIMATIVA DA RESERVA MINERAL 7
   3.4. QUANTO A AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA COMPLEMENTAR 7
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA 7
   4.1. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO 7
   4.2. POLIGONAL REQUERIDA 9
   4.3. CLIMA 10
   4.4. RECURSOS HÍDRICOS 10
   4.5. GEOLOGIA REGIONAL 11
      4.5.1. ESTRATIGRAFIA 13
   4.6. GEOLOGIA LOCAL 17
   4.7. VEGETAÇÃO 25
5. PLANO DE TRABALHO PARA PESQUISA COMPLEMENTAR 25
   5.1. ESCOPO PROPOSTO AO TRABALHO DE PESQUISA 25
   5.2. OBJETIVO DA PESQUISA 26
   5.3. SEQUÊNCIA DOS TRABALHOS TÉCNICOS 27
6. ORÇAMENTO PARA PESQUISA 27
   6.1. MATRIZ DE CUSTOS ESTIMADOS 27
7. CRONOGRAMA FÍSICO FINANCEIRO 27
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS 28
9. RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA 28
10. RESPONSABILIDADE RÉCNICA 28

1. INTRODUÇÃO

A Bacia da Paraíba está localizada no Nordeste do Brasil, e ocupa uma área de aproximadamente 5300km2 em sua porção emersa, abrangendo parte dos estados de Pernambuco e da Paraíba, entre as cidades de Recife e Mamanguape-PB. Do ponto de vista geológico está subdividida em três sub-bacias Olinda (de Recife-PE a Goiana-PE), Alhandra (De Goiana-PE a João Pessoa-PB) e Miriri (de João Pessoa-PB a Mamanguape-PB). A bacia é pouco conhecida se comparada com outras bacias marginais onde há exploração de petróleo. A maior parte das pesquisas realizadas e publicadas é de cunho acadêmico com destaque para a paleontologia. Mesmo com a descoberta do fosfato na região de Olinda foram realizados poucos estudos mais detalhados dessa mineralização. O fosfato é um dos mais importantes bem mineral desta bacia, ele ocorre ao longo da mesma, com teores e espessuras variáveis, podendo chegar a 8m com até 32% de P2O5. Os dados sobre esta mineralização publicados advêm principalmente de dois projetos da CPRM (CPRM (1989) e Fonseca Neto et al (1979). Nestes projetos foram executados mais de 100 furos de sondagem em toda a bacia, mas apesar da quantidade de poços não se tem muita informação sobre toda sequencia estratigráfica, pois apenas um poço estratigráfico localizado na parte sul da bacia (Sub-bacia Olinda) amostrou até o embasamento.
A partir de 2013, a CPRM desenvolveu amplo trabalho de resgate, validação e reinterpretação dos dados históricos do projeto, elaborando uma base digital de dados geológicos com todos os dados disponíveis no espaço 3D. Com base no banco de dados de sondagem rotativa e amostragem de superfície e utilizando uma combinação de softwares técnicos de mineração, construíram-se wireframes detalhadas dos corpos mineralizados que formam a base para as estimativas dos recursos.
Após o estudo de reavaliação, verificou-se a necessidade de um maior investimento em pesquisa na região a fim de que se viabilize atividades mineiras e possa-se agregar mais recursos aos já reportados nos estudos da CPRM. Desta forma, apresenta-se neste documento uma proposta de pesquisa complementar desenvolvida a partir dos resultados obtidos nos estudos de reavaliação.
Informações relativas ao conhecimento geológico da Bacia Sedimentar Costeira de Pernambuco-Paraíba estão presentes neste relatório, assim como dados de levantamentos geofísicos, geoquímicos e também dados gerados a partir da modelagem geológica tridimensional do depósito.

1.1. GENERALIDADES

O mercado de fertilizantes, assim como o mercado dos insumos necessários para sua fabricação, está totalmente atrelado ao mercado agroprodutor, que depende dos fertilizantes para aumentar a produtividade do solo, de modo a alimentar a crescente população mundial. Os principais insumos para a produção de fertilizantes são fosfato, potássio e nitrogênio; há reservas minerais dos dois primeiros, enquanto o nitrogênio é obtido por meio de sua retirada do gás natural (KULAIF, 2009).
O fósforo, expresso em P2O5, é responsável pela geração de energia para a produção vegetal. É crucial para a fotossíntese e para a reprodução, participando ativamente do processo de crescimento e sustentação corporal de vegetais e animais.
A rocha fosfática é a única fonte de fósforo economicamente viável para a produção de fertilizantes fosfatados e fosfatos para outros fins. Apesar de ser o 11º elemento em abundância na crosta terrestre, o fósforo nunca ocorre sozinho na natureza – sempre está acompanhado de algum outro elemento, formando os mais diversos fosfatos, alguns deles extremamente complexos.
No Brasil, os grandes depósitos são de origem ígnea, mais dispendiosos do que os sedimentares, devido aos métodos de beneficiamento e concentração envolvidos (KULAIF, 2009). Como agravante, nos depósitos brasileiros a presença de materiais contaminantes, como alumínio e sílica, diminui a solubilidade do fosfato na água e sua consequente liberação na terra para absorção pela planta, o que demanda etapas adicionais de beneficiamento para retirada desses contaminantes, encarecendo o custo e aumentando o preço final da rocha fosfática.
Assim como a maioria das commodities minerais, o preço doméstico da rocha fosfática sofre grande influência do preço internacional. A este se acrescenta: custo do frete internacional, que aumentou sensivelmente nos últimos anos; custo do transporte interno, que, por ser de base rodoviária, tem um alto preço por tonelada; custo de armazenagem, já que o consumo de rocha fosfática é sazonal;

demurrage, que é a prestação pecuniária paga ao dono de embarcações nos portos pelo atraso na liberação do navio durante a operação de desembarque do produto transportado, fato normal em portos brasileiros (ANDA, 2011).

Esse somatório é uma boa aproximação do que compõe o preço doméstico e que tem um fator determinante, que é a dependência do mercado externo para abastecimento da indústria nacional, chamando a atenção para a importância de descoberta e exploração de reservas em território nacional, fortalecendo a posição estratégica do Projeto Miriri.

1.2. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS

A CPRM desenvolveu e executou dois importantes projetos nessa bacia: Fosfato na Faixa Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba (FONSECA NETO, 1979), com sondagem estratigráfica ao longo de toda a bacia; e Miriri (CPRM, 1982a, 1982b), iniciado em 1979 e que desenvolveu pesquisa mineral em 10 áreas divididas em dois setores com alvarás de pesquisa entre os municípios de Baía de Traição, Rio Tinto, Lucena e Santa Rita, no estado da Paraíba, e Goiana, no estado de Pernambuco, totalizando 19.374,05 ha.

O Projeto Fosfato na Faixa Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba, iniciado em março de 1978 e finalizado em outubro de 1979, foi desenvolvido entre os municípios de Paulista (PE) e Rio Tinto (PB) (Figura 1) e teve como objetivos a delimitação das faixas com mineralização fosfática e seus respectivos teores, o levantamento das características da sedimentação, a composição mineralógica do fosfato e a investigação de mineralização a norte de João Pessoa.

Durante o projeto, foram executados 35 furos de sondagem, totalizando 970 m, em 10 seções transversais dispostas ao longo de uma faixa com 120 km de extensão, com testemunhagem contínua e perfilagem radioativa e elétrica. As técnicas analíticas utilizadas foram análises químicas, de raios X, bioestratigráficas, sedimentológicas e petrográficas.

Foram identificadas, à época, três zonas fosfáticas e radioativas na seção inferior da Formação Gramame, denominadas I, II e III. A zona I encontra-se na base da Formação Gramame e topo da Formação Beberibe/Itamaracá, representando o horizonte onde teria se iniciado a fosfatogênese. A zona II é sobrejacente à zona I e a zona III localiza-se no topo da seção estratigráfica.

O minério da zona fosfática I possui teores médios elevados, atingindo valores superiores a 20% de P_2O_5 em algumas áreas nos dois estados. As zonas II e III apresentam, em geral, teores médios de 5% de P_2O_5, sendo esses intervalos identificáveis nos perfis de raio gama pelo registro de pequeno incremento da radioatividade.

Neste trabalho, consideraram-se recursos geológicos o somatório dos recursos inferidos, indicados e medidos. Tendo em vista a pequena quantidade de furos do projeto e a sua distribuição em relação às áreas prováveis de ocorrência do minério, os recursos calculados são, na grande maioria, inferidos e indicados. O cálculo total de recursos prováveis para toda a extensão da bacia atinge 244 x 106 t de minério com teor médio de 17% de P_2O_5.

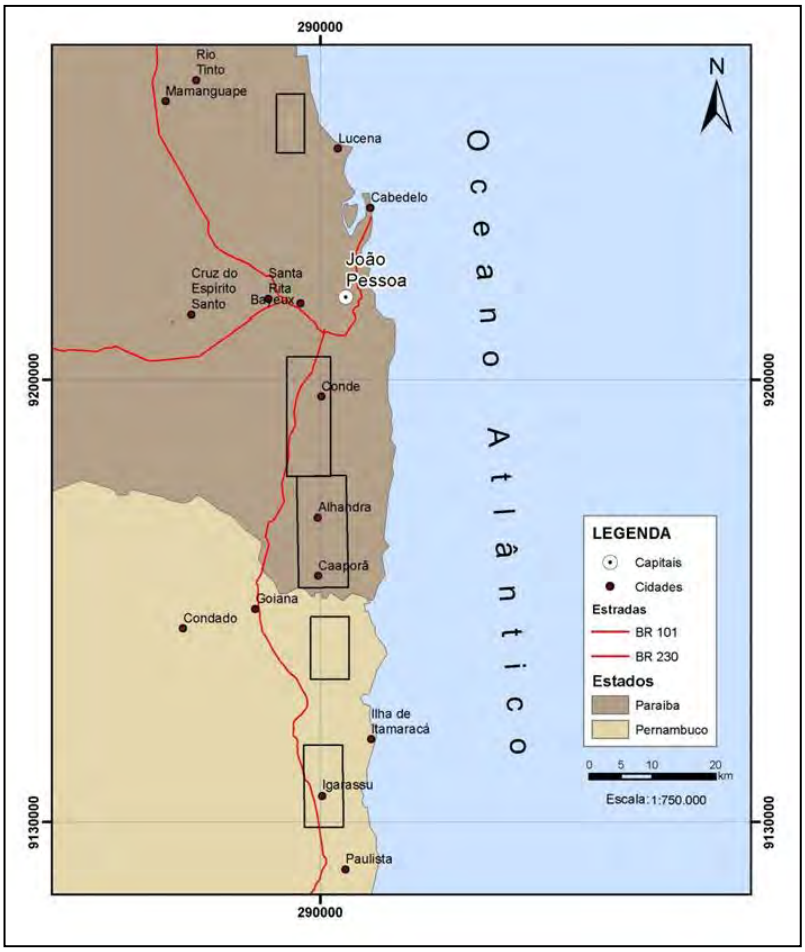

Figura 1 – Mapa de situação das áreas do projeto Fosfato na Faixa Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba.

O Projeto Miriri, empreendimento desenvolvido à época em que a CPRM tinha como atribuição a realização de pesquisa mineral, os chamados Projetos de Pesquisa Própria (PPP), teve como finalidade a pesquisa de rochas fosfáticas na Faixa Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba. A área do projeto foi dividida em dois setores, sendo o segmento da bacia ao norte do paralelo de João Pessoa referido como Setor Miriri e a porção ao sul do mesmo paralelo como setor Conde-Alhandra (Figura 2).

As áreas que compunham o Setor Miriri tiveram relatório final de pesquisa submetido ao DNPM em 1982, abrangendo conjuntamente seis requerimentos de pesquisa em nome da CPRM, totalizando uma área de 11.801,21 ha. O Setor Conde-Alhandra compreendia quatro alvarás de pesquisa, cobrindo uma área de 7.572,84 ha, e tiveram seu relatório de pesquisa submetido ao DNPM em 1986.

O projeto contou com sondagem rotativa testemunhada, perfilagem gama dos furos, descrição e perfilagem geológica dos testemunhos, amostragem dos horizontes fosfáticos e respectiva análise química para P_2O_5, determinação de óxidos de elementos maiores, composição mineralógica por difração de raios X (DRX) e análise petrográfica. Ao todo, foram executados 206 furos de sonda, totalizando 9.793,35 m.

A sondagem permitiu a definição de duas zonas fosfáticas, uma estratigraficamente posicionada no contato das formações Beberibe/Gramame, referida no relatório como fosfato primário, e outra posicionada na superfície de erosão pré-Barreiras, resultante de retrabalhamento e concentração mecânica ou residual tanto da zona de fosfato primário quanto de margas fosfáticas eventualmente presentes no âmbito da Formação Gramame.

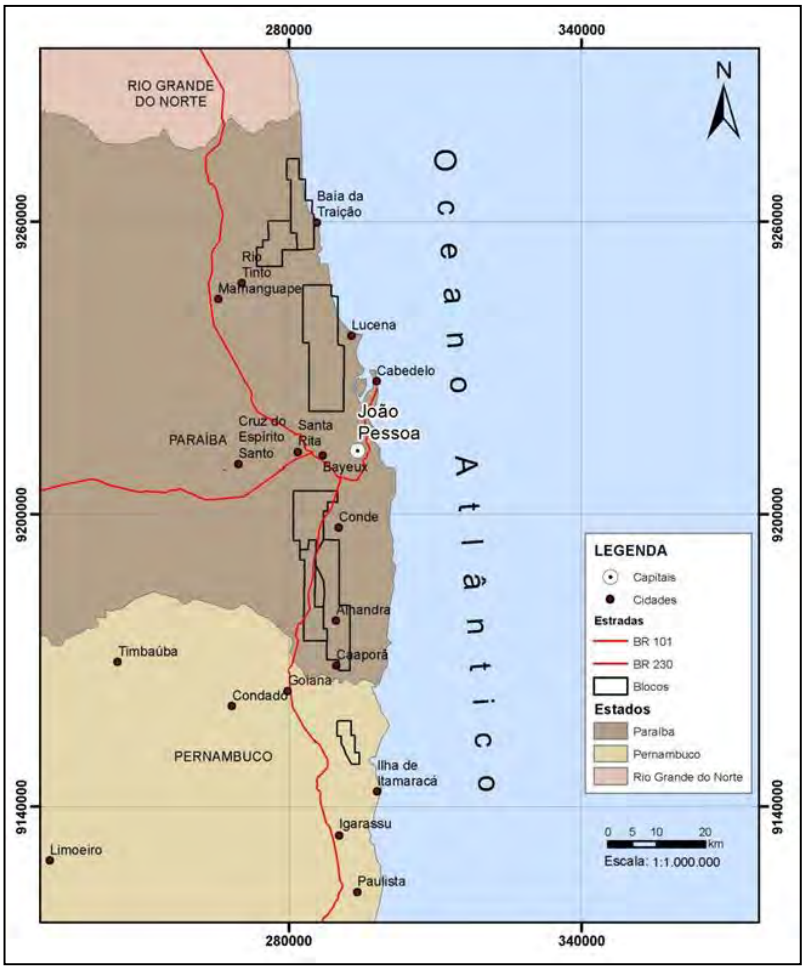

Figura 2 – Mapa de situação das áreas pesquisadas pelo projeto Miriri agrupadas em grandes blocos.

Executada a partir de 2013, a reavaliação do depósito fosfático de Miriri a partir dos dados da pesquisa mineral executada pela CPRM na década de 80 forneceu uma atualização dos cálculos de recursos fosfáticos, a partir do conhecimento geológico atual e de tecnologias atuais de modelagem geológica, estimativa de recursos e avaliação econômica.

Durante a reavaliação do depósito a modelagem geológica considerou três tipos de minério, os quais foram individualizados e modelados separadamente. Como resultado do estudo de reavaliação do depósito fosfático de Pernambuco-Paraíba obteve-se o total de recursos calculados em cada bloco para cada tipo de minério, assim como os valores médios de teor e densidade. A soma de todos os recursos atingiu o valor de 114.734.699,30 milhões de toneladas de minério fosfático com teor médio de 4,19% de P2O5.

2. OBJETIVOS

A partir da reavaliação e desenvolvimento da modelagem tridimensional do depósito fosfático da Bacia Paraíba, foi possível identificar áreas potenciais onde se entende existir indícios da presença do minério. Tais áreas, entretanto, não foram investigadas nas campanhas de sondagem do passado, não existindo, portanto, dados de subsuperfície que comprovem a existência ou não do minério fosfático. Assim, o objetivo da pesquisa complementar proposta é investigar o potencial destas áreas buscando ampliar o conhecimento do depósito, validar a continuidade das camadas fosfáticas e apontar áreas favoráveis, sob o enfoque de altos teores e baixo capeamento.

Os resultados desta pesquisa poderiam produzir subsídios para viabilizar atividades mineiras na região, através da agregação de recursos às áreas do patrimônio da CPRM e consequentemente, aumentando o grau de confiabilidade do depósito.

Os principais objetivos da pesquisa complementar proposta são:

1) Aumentar o nível de confiabilidade nos recursos reportados migrando para categoria mínima de indicado, com o adensamento das malhas de sondagem nos alvos definidos como favoráveis à lavra a céu aberto (com relação estéril/minério menor ou igual a 5 e livre de restrições socioambientais)

2) Estudos complementares e malha de sondagem aberta nas áreas definidas a partir de indícios geológicos, geoquímicos e topográficos, identificados durante os trabalhos de reavaliação, classificadas como áreas de relativo potencial econômico, visando aumentar o nível de conhecimento geológico categorizando recursos inferidos.

3. CONSIDERAÇÕES PERTINENTES

3.1. QUANTO AO HISTÓRICO DO PROCESSO MINERAL

O Projeto Miriri é composto por sete processos minerários (Figura 3), todos em nome da CPRM, totalizando 7.572,84 ha. O relatório final de pesquisa foi apresentado em conjunto para as sete áreas e encaminhado ao DNPM em 06.02.1986. O relatório foi analisado de maneira fragmentada e aprovado pelo referido órgão, sendo publicado no Diário Oficial da União (DOU) de 20.05.1987 (840.302/1979, 840.305/1979 e 840.306/1979), 02.07.1987 (840.307/1979) e 07.07.1987 (840.303/1979, 840.304/1979 e 840.446/1980).

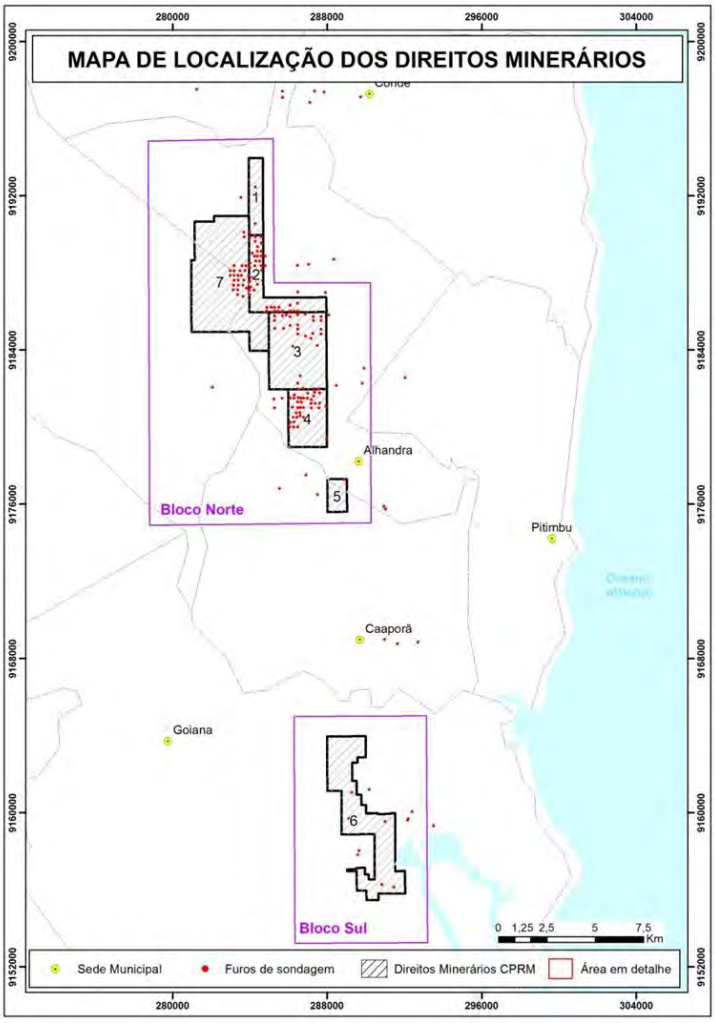

Figura 3. Mapa de Localização dos direitos minerários após o recorte pelo DNPM.

Durante as atividades do projeto de reavaliação do patrimônio mineral verificou-se que ocorreu, pelo DNPM, um recorte em três poligonais (Tabela 01) que tinham previamente relatórios finais de pesquisa

aprovados, abrangendo os requerimentos de pesquisa nº 840.306/1979 com 1.286,97 ha, desmembrando para 172,55 ha, requerimento nº 840.305/1979, com 926,73 ha, reduzido para 596,01 há, e requerimento nº 840.307/1979, com 1.405,73 ha, reduzido para 1.390,11 ha. Essa situação, contudo, não afetou de maneira substancial o controle da jazida de fosfato de Miriri e os respectivos recursos, os quais se mantiveram nas áreas remanescentes.

ORDEM Nº	DESIGNAÇÃO DA ÁREA	DNPM	ALVARÁ Nº	ÁREA ALVARÁ (ha)	ÁREA DNPM(ha) SIGMINE 10/2014
01	PB 10/79	840.302/1979	1049	290.40	290.40
02	PB 11/79	840.303/1979	1050	538.41	538.41
03	PB 12/79	840.304/1979	1051	1194.80	1194.80
04	PB 13/79	840.305/1979	4219	926.73	596.01
05	PB 14/79	840.306/1979	1052	1286.96	172.55
06	PE 09/79	840.307/1979	1176	1405.64	1390.11
07	PB 18/80	840.446/1980	5595	1929.90	1929.90

Tabela 01. Áreas com Alvará de Pesquisa da CPRM e processos que apresentaram redução de área.

Segundo a **LEI Nº 8.970, DE 28 DE DEZEMBRO DE 1994,** que transforma a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) em empresa pública e dá outras providências, cita o Art. 5° No interesse nacional, a CPRM poderá realizar pesquisa mineral, conforme definida em lei, não se lhe aplicando, nesse caso, o disposto nos arts. 31 e 32 do Decreto-Lei n° 227, de 28 de fevereiro de 1967 - Código de Mineração.

§ 1° O Ministro de Estado de Minas e Energia determinará à CPRM, em ato específico, a realização da pesquisa mineral de que trata este artigo.

§ 2° Aprovado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, o relatório de pesquisa apresentado pela CPRM, fica esta autorizada a negociar a cessão dos respectivos direitos à concessão de lavra da jazida pesquisada.

§ 3° O adquirente dos resultados dos trabalhos de pesquisa terá o prazo de cento e oitenta dias, a contar da efetivação da cessão e transferência dos direitos respectivos, para requerer a concessão de lavra. Findo aquele prazo, sem que haja requerido a concessão de lavra ou deixando de satisfazer os requisitos legais para a outorga da concessão, caducará o respectivo direito, devendo a CPRM proceder à nova negociação, na forma do parágrafo anterior.

Este estudo não contempla uma investigação jurídica detalhada, conduzida pela Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória (DIEMGE), sobre os processos em que ocorreram reduções das poligonais ainda que os mesmos já estivessem em fase de relatório final de pesquisa aprovado.

3.2. CONSTATAÇÕES PRELIMINARES

A mineralização de fosfato na Bacia Paraíba foi descoberta pelo químico P.I. Duarte, em 1949, realizando análises em testemunhos obtidos na pesquisa de água mineral no município de Olinda-PE. A partir deste ano os levantamentos geológicos e estudos estratigráficos na região sofreram um grande impulso. Nessa área houve exploração em grande escala através da Companhia Fosforita Olinda S.A. entre 1957 e 1968.

Os diversos trabalhos de pesquisa mineral realizados na Bacia Paraíba pela CPRM e outras empresas indicam que a mineralização se distribui ao longo de uma faixa descontínua que se estende de Olinda-PE e se prolonga para norte, no Estado da Paraíba, compondo um dos maiores e mais importantes depósitos de fosfato sedimentar da América do Sul (Rezende, 1994).

A CPRM desenvolveu e executou dois importantes projetos nessa Bacia: Projeto Fosfato na Faixa Costeira Pernambuco-Paraíba (Fonseca Neto, 1979), com sondagem estratigráfica ao longo de toda a bacia; e o Projeto Miriri (CPRM, 1982), iniciado em 1979 e que desenvolveu pesquisa mineral em dez áreas divididos em dois setores com alvarás de pesquisa entre os municípios de Baía de Traição, Rio Tinto, Lucena e Santa Rita, no Estado da Paraíba e Goiana no Estado de Pernambuco, totalizando 19.374,05 ha.

3.3. ESTIMATIVA DA RESERVA MINERAL

As estimativas de reservas geológicas históricas, tomando como base a pesquisa mineral realizada no Projeto Miriri, tiveram o objetivo de atender as normas estabelecidas no DNPM referentes ao Código Brasileiro de Mineração, que considera apenas reservas inferidas, indicadas e medidas, discordante das normas internacionais vigentes atualmente. Por esse motivo, nesse item são apresentadas apenas as "reservas" históricas.
Em áreas com baixa densidade de sondagem, foi utilizado à época o método de poligonais, obtendo-se reservas classificadas como inferidas. Em áreas com maior densidade de informações utilizou-se o método de prismas triangulares ponderados, gerando reservas classificáveis como indicadas.
No Setor Miriri foi computada reserva inferida de 39 x 106 t de rocha fosfática com teor médio de 6,7% P2O5 e reserva indicada de 3 x 106 t de rocha fosfática com teor médio de 10% P2O5.
No Setor Conde-Alhandra as reservas foram classificadas como medida + indicada e ultrapassariam 22 x 106 ton. Somam-se às reservas demonstradas as reservas inferidas, as quais se aproximam de 6 x 106 ton., constituindo essa parte sul um depósito de rochas fosfáticas com tonelagem superior a 28 x 106 ton.
O Projeto Miriri também contou com ensaios de beneficiamento, estudos de caracterização de jazida e métodos de lavra, conforme as exigências do DNPM, o que permitiu a aprovação do relatório final de pesquisa apresentado à época.

3.4. QUANTO A AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA COMPLEMENTAR

Objetivando o aproveitamento racional e célere das riquezas constantes na área, e tendo em vista que a atual titular investiu e investirá muito na pesquisa complementar, vimos apresentar novo Plano de Pesquisa, visando a reavaliação das reservas minerais de FOSFATO existentes e não contempladas.
Neste contexto, a **autorização para pesquisa complementar** se mostra uma alternativa viável e também uma excelente ferramenta, capaz de trazer possibilidades de adequação de trabalhos apresentados em épocas passadas, e que apesar de manterem a qualidade técnica, não dispunham do aparato necessário para uma pesquisa mais detalhada e aprofundada.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

4.1. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

O conjunto de áreas pesquisadas localiza-se na região costeira dos estados de Pernambuco e Paraíba, em uma faixa paralela à costa, com cerca de 45 km no sentido norte-sul. Situa-se a sul da cidade de João Pessoa (PB), abrangendo os municípios de Alhandra e Pedras do Fogo, na Paraíba, denominada neste projeto Bloco Norte, e Goiana, em Pernambuco, denominada Bloco Sul (Figura 4).

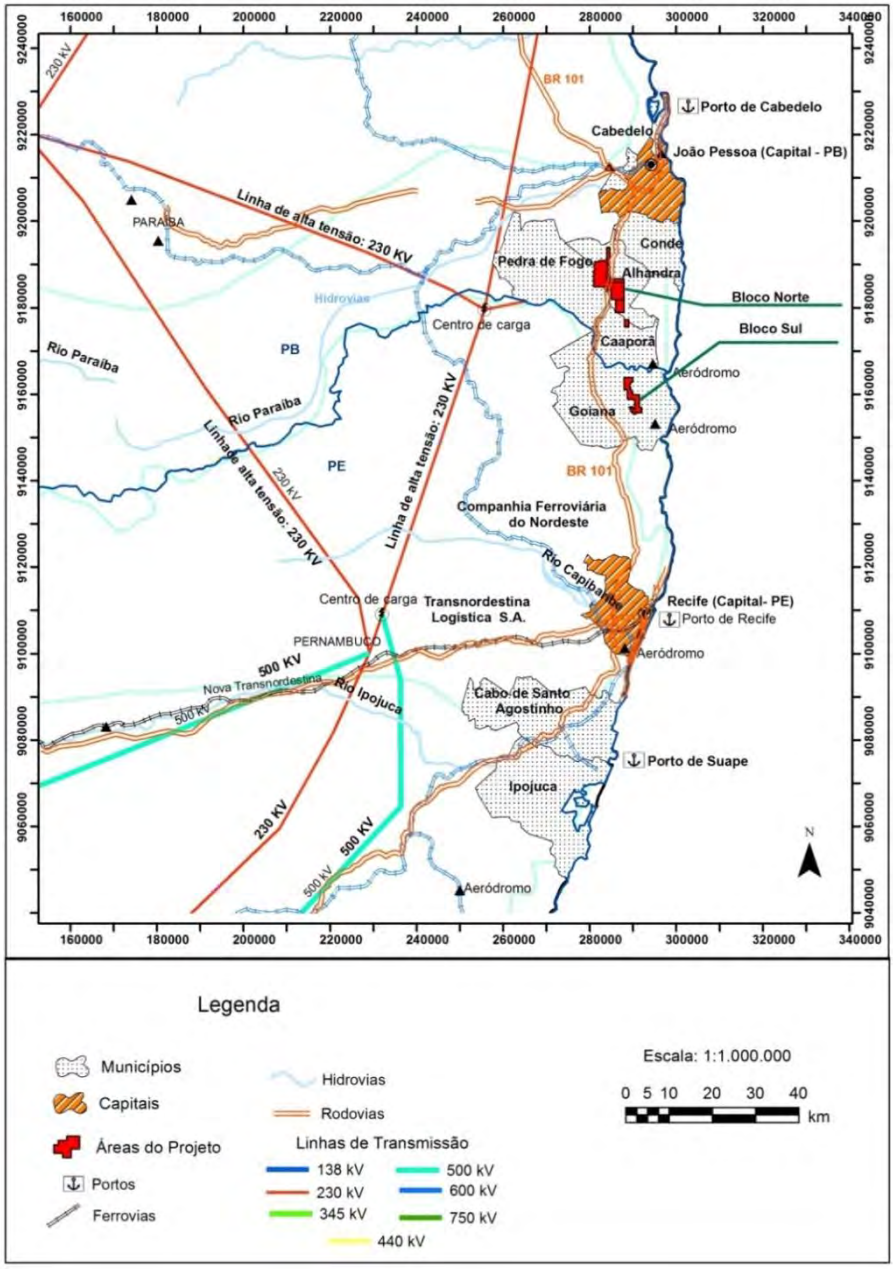

Figura 4. Localização, modal e infraestrutura de apoio da região de influência do Projeto Miriri.

As áreas do município de Alhandra, que constituem a parte principal da jazida, distam cerca de 30 km a sul do Porto de Cabedelo (PB) e 140 km a norte do Complexo Industrial Portuário de Suape, em Pernambuco. Já com relação à área do projeto localizada em Goiana (PE), as distâncias até os portos mudam para 80 km e 110 km, respetivamente.

A posição geográfica das áreas situadas entre dois grandes e importantes centros comerciais do nordeste do país (Recife e João Pessoa) coloca esse projeto em posição altamente favorável quanto à disponibilidade de infraestrutura básica, necessária para instalação de futuro empreendimento mineiro. A região dispõe de mão de obra qualificada, representada por minas de calcário, energia elétrica, água superficial e subterrânea, meios de comunicação, sistema bancário, hospitais e eficiente sistema de transporte rodoviário, aéreo e portuário.

O acesso rodoviário às áreas é pela Rodovia BR-101, que atravessa parte da jazida. A partir daí as demais áreas podem ser alcançadas por inúmeras estradas vicinais que servem a fazendas e povoados da região.

O acesso principal rodoviário ao Porto de Cabedelo é pela Rodovia Transamazônica – BR-230 –, que, por sua vez, se integra a algumas rodovias estaduais e à BR-101 (distante 18 km do porto), permitindo,

assim, a ligação com toda a malha rodoviária da Paraíba e do país. O acesso ao Porto de Suape é feito atualmente pela BR-101, entre os estados da Paraíba e Pernambuco, e já em Pernambuco pela PE- 028.
A BR-101 e a BR-230 estão duplicadas no estado da Paraíba, com excelentes condições de uso em todo o trecho que corta os municípios onde estão localizadas as áreas-alvo do Projeto Miriri.
A região é assistida por dois portos, que estão localizados em posições estratégicas – Cabedelo (PB) e Suape (PE).
Além de haver vários terminais retroportuários na zona contígua à do Porto de Cabedelo, sua estrutura é caracterizada por possuir 602 m de extensão de cais, calado de 9,14 a 11 m, silagem para 35.000 t de grãos, 14.000 m2 de armazéns cobertos e 18.000 m2 de pátios; também há retroárea para armazenamento de minério.

4.2. POLIGONAL REQUERIDA

O Projeto Miriri é composto por sete processos minerários (Figura 5), todos em nome da CPRM, totalizando 7.572,84 ha. O relatório final de pesquisa foi apresentado em conjunto para as sete áreas e encaminhado ao DNPM em 06.02.1986. O relatório foi analisado de maneira fragmentada e aprovado pelo referido órgão, sendo publicado no Diário Oficial da União (DOU) de 20.05.1987 (840.302/1979, 840.305/1979 e 840.306/1979), 02.07.1987 (840.307/1979) e 07.07.1987 (840.303/1979, 840.304/1979 e 840.446/1980).

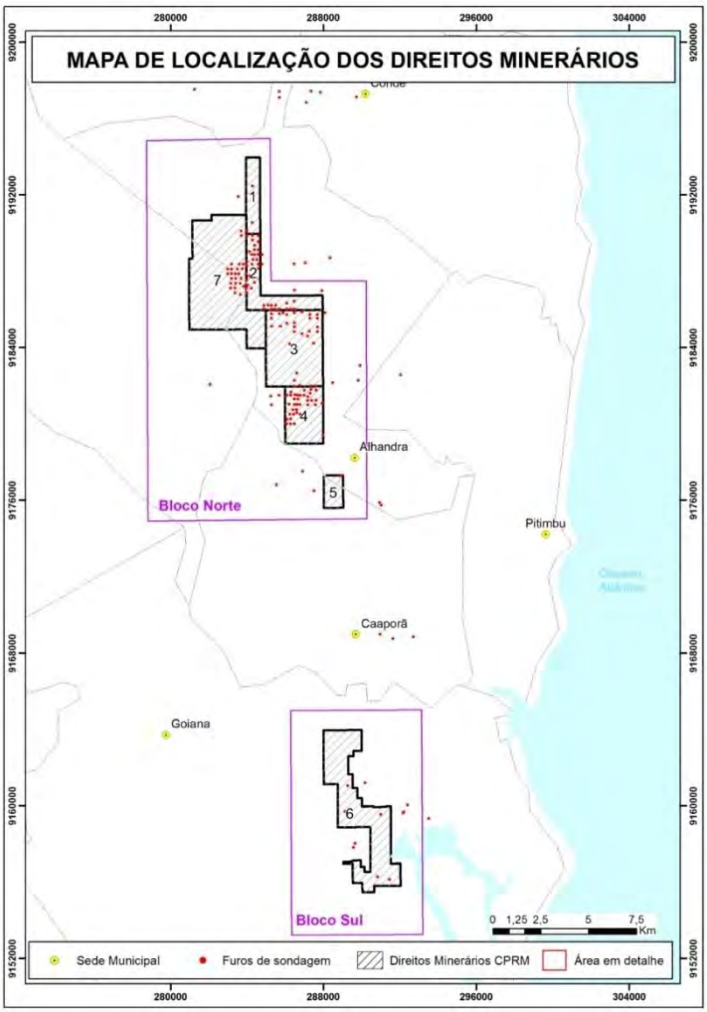

Figura 5. Mapa de Localização dos direitos minerários após o recorte pelo DNPM.

4.3. CLIMA

O clima da região (IBGE, 2014) é considerado tropical atlântico (Aw), segundo o modelo de Köppen, e a média anual das temperaturas é de 24,6ºC. Por se tratar de região litorânea, o efeito da maritimidade é bastante perceptível, traduzindo-se em amplitudes térmicas relativamente baixas. A média anual das temperaturas médias máximas mensais é 26,5ºC. Julho é o mês mais frio, com médias máxima e mínima de 26,2ºC e 18,9ºC, respectivamente, e janeiro, o mais quente (31,1°C e 20,8°C).
A precipitação média anual é de 2.002 mm, concentrados principalmente no inverno. A mudança da estação climatológica é percebida pelo aumento de chuvas no período de maio a agosto.

4.4. RECURSOS HÍDRICOS

Todos os cursos d'água que cortam as áreas apresentam padrão de drenagem dendrítico e regime de escoamento perenizado (MASCARENHAS et al., 2005a) e se encontram inseridos nos domínios das bacias hidrográficas dos rios Gramame e Papocas, na Paraíba, e Goiana, em Pernambuco (Figura 6).
Essas bacias hidrográficas integram a Região Hidrológica do Atlântico Nordeste Oriental, que abrange diversas pequenas bacias costeiras caracterizadas por corpos d'água de extensão e vazão reduzidas (ANA, 2014). As condições mais críticas quanto à relação demanda/disponibilidade no Brasil ocorrem nessa região hidrográfica, com comprometimento de 100% da disponibilidade (IBAMA, 2006).

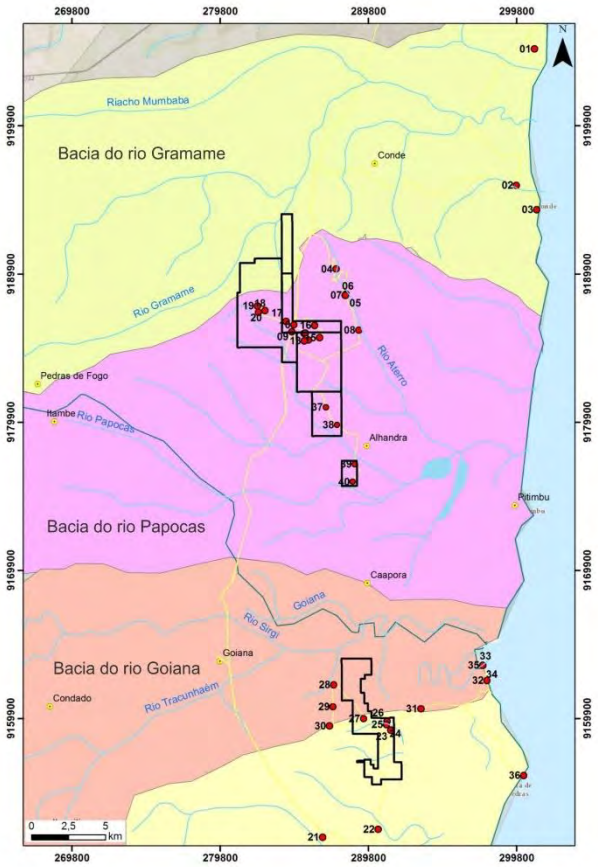

Figura 6 – Mapa de localização de bacias hidrográficas com as áreas da CPRM e pontos de visita.

A bacia hidrográfica do rio Gramame tem grande importância no cenário regional (SILVA et al., 2002), uma vez que 63% das demandas da bacia destinam-se à exportação de água para a cidade de João Pessoa, 36% para irrigação e apenas 1% para abastecimento dentro da bacia.
A bacia do Papocas é também considerada relevante para reforço do abastecimento da Região Metropolitana de João Pessoa, com viabilidade de captação para suprimento das necessidades até o ano de 2030 (BEZERRA et al., 2013).

A bacia hidrográfica do rio Goiana abastece uma população de cerca de 800 mil habitantes, em área urbana e rural, com forte atuação das indústrias agrícola e de transformação. De acordo com Aprile e Farias (2001), a qualidade da água na bacia está incluída na Classe 2 (Resolução CONAMA nº 357/2005), à exceção de pontos à jusante da cidade de Goiana, onde a qualidade da água atinge a Classe 3.

Quanto às águas subterrâneas, segundo o Mapa Hidrogeológico do Brasil (DNPM, 1983), a faixa dos alvarás de pesquisa da CPRM encontra-se inserida na Província Costeira, onde os depósitos cenozoicos compreendem várias ocorrências de sedimentos arenosos, inconsolidados e de granulometria variável, incluindo depósitos aluviais, coluviais, eluviais e detrito-lateríticos que recobrem aquíferos porosos, fissurais e cársticos indistintamente. Embora sejam aquíferos em geral porosos e permeáveis, sua explotação tem certa limitação, em virtude de suas extensões e espessuras, em geral reduzidas e bastante variáveis. Suas áreas de ocorrência apresentam relativa importância hidrogeológica, devido ao fato de esses sedimentos retransmitirem parte de suas reservas hídricas aos aquíferos sotopostos. São mais frequentes poços com vazões entre 10 e 40 m_3/h, mas poços com vazões superiores a 40 m_3/h também são comuns (IBGE, 2013).

Muitos poços profundos foram identificados nos municípios do entorno das áreas: 44 poços cadastrados em Alhandra, 98 em Conde e 61 em Pedras de Fogo (PB), e 67 em Goiana (PE) (http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php).

Essa configuração dos recursos hídricos da região em análise irá requerer um planejamento dos processos de mineração, tanto em relação à redução do consumo de água quanto à sua reutilização.

A concentração de rochas fosfáticas de origem ígnea está usualmente associada ao processo de flotação, caracterizando uso intensivo de água. A despeito da necessidade de água no processo, o seu reuso já é uma sistemática adotada pela atividade mineral no país com grande eficiência – de 75 a 98% – , independentemente do bem mineral concentrado.

Outra questão que deve ser rigorosamente observada é a surgência de água com o aprofundamento da cava. Dependendo do comportamento hidráulico do aquífero, os poços instalados na região poderão sofrer diminuição da disponibilidade de água, mesmo que momentaneamente. Este será, provavelmente, um fator sensível na relação da mineração com a comunidade. Realimentação dos aquíferos, uso da água de mina no próprio empreendimento, minimizando a necessidade de captação de água em cursos d'água superficiais ou mesmo um uso social do excedente dessa água, abastecendo populações circunvizinhas, são procedimentos que devem ser considerados pelo empreendedor.

Existem inúmeros casos de atividade mineral em regiões áridas ou semiáridas que são considerados como solução e não como problema social.

São exemplos: i) abastecimento de municípios com o excedente de água da mina na África (parceria de Anglo Coal e BHP Billiton com o município de Emalahleni, cujo déficit de água para abastecimento humano era de cerca de 15 milhões de litros de água por dia), ii) nos Estados Unidos (Projeto Resolution Copper): parceria da Rio Tinto com o governo norte-americano para irrigação de área de agricultura no Deserto do Arizona. Também no Brasil há exemplos de ações sociais de abastecimento de água para populações, tais como as da Caraíba Metais, que fornece água aos distritos de Pilar e Santa Rosa, pertencentes ao município de Jaguarari; distritos de Juremal, Carnaíba do Sertão, Massaroca e Abóbora, pertencentes ao município de Juazeiro; além do município de Uauá e de 600 sitiantes ao longo de 86 km de extensão da Adutora Caraíba, fomentando o desenvolvimento da agricultura irrigada familiar no estado da Bahia. Tem-se, ainda, o compromisso firmado entre Vale e Cia. Saneadora de Minas Gerais (COPASA), de uso de um terço do volume drenado da água da mina de Capão Xavier para abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (CIMINELLI et al., 2006).

4.5. GEOLOGIA REGIONAL

A Bacia Paraíba tem sua origem relacionada à ruptura e deriva das placas Africana e Sul-Americana e ao surgimento do oceano Atlântico, sendo essa bacia a última ligação entre a África e a América do Sul durante o Neocretáceo. Essa bacia vem sendo estudada há muito tempo e é bastante conhecida pelo conteúdo paleontológico e pela mineralização em fosfato.

Geologicamente, está limitada, a sul, pelo Lineamento de Pernambuco e, a norte, pela Falha de Mamanguape (BARBOSA, 2004). Durante muito tempo foi descrita juntamente com a Bacia de

Pernambuco como uma unidade estrutural, embora sua estratigrafia fosse diferente. Até então, a Bacia Paraíba era denominada Bacia Pernambuco-Paraíba e a atual Bacia de Pernambuco era denominada sub-bacia Cabo (MABESOONE, 1994). Entretanto, Lima Filho (1998) e Lima Filho, Monteiro, e Souza (1998) demonstraram que são bacias independentes, com arcabouço estrutural e estratigrafia próprios.

A estruturação da Bacia Paraíba ocorreu por meio de estiramento crustal, com afinamento litosférico, seguido por lenta e continuada subsidência, que gerou uma "*relay ramp*". A cunha sedimentar teria evoluído para uma homoclinal estruturada, com formação de blocos desnivelados que sofreram preenchimento diferenciado, resultando na formação das atuais sub-bacias (LIMA FILHO, 1998; MABESOONE; ALHEIROS, 1988; RAND, 1967). Essa rampa de blocos falhados tem gradiente muito suave, com seguimentos de direção E-W perpendiculares à linha de costa, sem falhas de borda, porém com inúmeras falhas de direção NE que modelam os blocos altos e os blocos baixos (MABESOONE; ALHEIROS, 1988; 1993).

A Bacia Paraíba tem estratigrafia relativamente simples, com três unidades do Cretáceo Superior – formações Beberibe, Itamaracá e Gramame – e uma unidade cenozoica – Formação Maria Farinha –, além das Coberturas Cenozoicas do Grupo Barreiras e depósitos pós-Barreiras (Figura 7).

A Bacia Paraíba está dividida em três sub-bacias (Figura 8): Olinda, Alhandra e Miriri (BARBOSA, 2004). Segundo Lima Filho et al. (2005), essas depressões foram originadas pela subsidência de alguns blocos, que foram preenchidos, inicialmente, por materiais clásticos e, posteriormente, devido à rápida subsidência da rampa, por sedimentos relacionados a uma transgressão marinha instalada em todas as sub-bacias.

A sub-bacia Olinda está localizada entre o Lineamento de Pernambuco e a Falha de Goiana, sendo composta pelas formações Beberibe, Itamaracá, Gramame e Maria Farinha. A sub-bacia Alhandra é limitada pelas falhas de Goiana e de Itabaiana, sendo preenchida por todas as unidades descritas anteriormente, assim como a sub-bacia Miriri, que está localizada entre as falhas de Itabaiana e Mamanguape, estando nela ausente apenas a Formação Maria Farinha (MABESOONE; ALHEIROS, 1988).

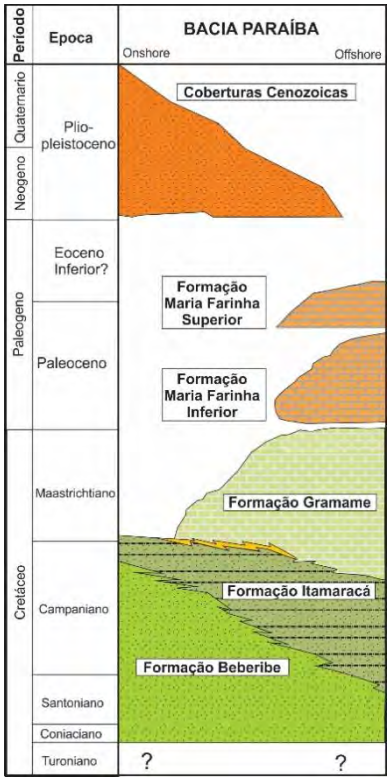

Figura 7. Estratigrafia da Bacia Paraíba (adaptado de Barbosa 2004).

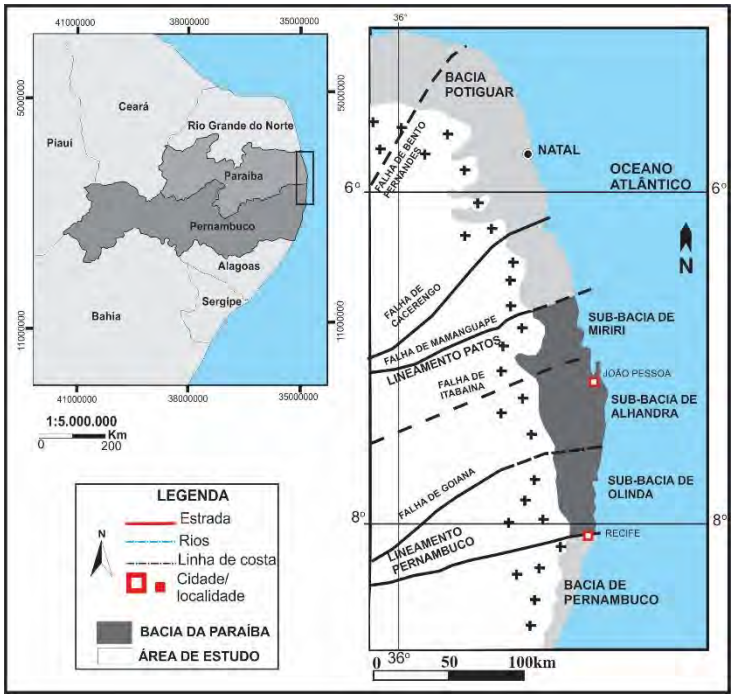

Figura 8. Localização da Bacia da Paraíba com as sub-bacias Olinda, Alhandra e Miriri (adaptado de Mabesoone & Alheiros, 1993).

4.5.1. ESTRATIGRAFIA

- **Formação Beberibe**

O preenchimento sedimentar da Bacia Paraíba teve início, possivelmente, no Santoniano, com a deposição da Formação Beberibe (BEURLEN, 1967), inicialmente definida por Kegel (1957) como um membro marinho fossilífero da Formação Itamaracá. Souza (2006) caracterizou a Formação Beberibe como sendo composta por sedimentos clásticos depositados em um sistema de leques aluviais, com canais fluviais entrelaçados entre si, de idade santoniano-campaniana. Mabesoone (1972) e Mabesoone e Alheiros (1988) descreveram o caráter sedimentológico dessa formação e indicaram uma espessura aproximada de 300 m.

A Formação Beberibe só é identificada em afloramentos na sub-bacia Olinda, onde ocorre principalmente em áreas rebaixadas e cortadas por rios. Essa unidade é caracterizada por fácies de arenito maciço e friável (Afm), com grãos variando de médio a grosso e com níveis conglomeráticos, associado a conglomerado clasto-suportado com estratificações cruzadas acanaladas (Cca), oligomítico, formado por quartzo, com grãos variando de cascalho a seixo e argilitos sílticos maciços (Args) de coloração amarelada. Também ocorrem fácies formadas por conglomerado clasto-suportado (Ccs) oligomítico, com seixos imbricados formados por quartzo, intercalado com conglomerado matriz-suportada (Cms) com gradação inversa, polimítico, caracterizado por quartzo e intraclastos de argila (Figura 9). Nas sub-bacias Alhandra e Miriri, a Formação Beberibe só foi reconhecida em furos estratigráficos, sendo nesses locais descrita como composta por arenitos friáveis. Na sub-bacia Olinda, a Formação Beberibe constitui-se em importante aquífero regional.

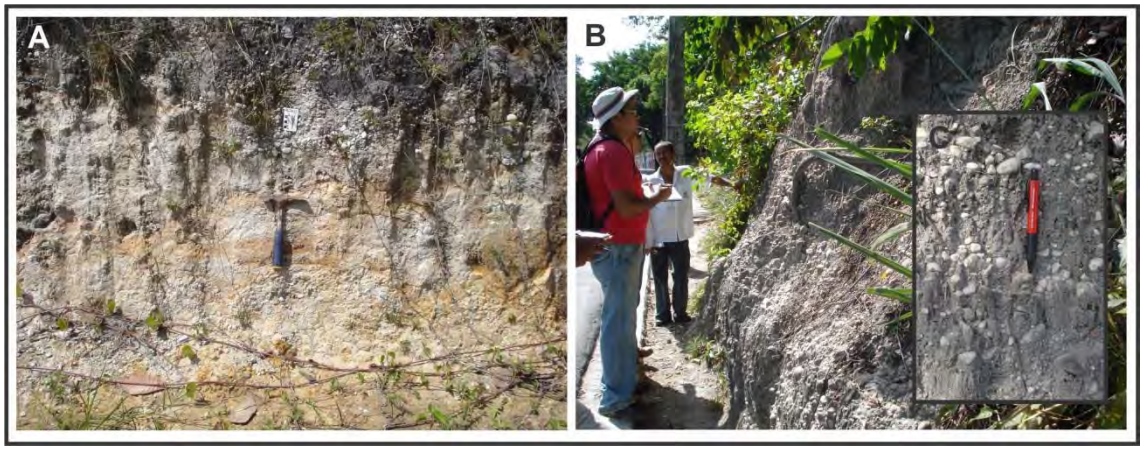

Figura 9. A) Associação de fácies Afm, Cca, Args em Olinda-PE. B) Fácies Acs e Cms em Recife-PE. C) Detalhe de Cms.

- **Formação itamaracá**

A Formação Itamaracá foi definida por Kegel (1955), que reconheceu duas fácies: arenitos grossos calcíferos, com teor de carbonato aumentando até um autêntico calcário de fácies marinha, e camadas de arenitos friáveis intercaladas com arenitos por vezes conglomeráticos, de fácies continentais, interpretadas como resultante de transgressões. Atualmente, é definida como depósitos de arenitos finos a conglomeráticos, localmente calcíferos, litorâneos a marinhos rasos, em um trato de sistema transgressivo, contendo uma camada fosfática representando a superfície de inundação máxima, com idade campaniano-maastrichtiana (LIMA FILHO; SOUZA, 2001; MOURA, 2007; SOUZA, 2006).

Foram descritas fácies de ambientes siliciclástico e misto (carbonáticos + terrígenos). Os sedimentos siliciclásticos ocorrem na porção mais *onshore* da bacia e foram individualizados em duas associações de fácies: uma composta por arenito com estratificações cruzadas acanaladas (Acp) e arenito com laminações *flaser* e *wavy* (Alfw); outra formada por fácies siltito com laminações lenticulares (Sll), siltito maciço (Sm), arenito maciço (Am) e arenito com estratificações cruzadas acanaladas (Aca) com *drapes* de lama. Essas associações de fácies sugerem um ambiente marinho raso dominado por maré (Figura 10). A sedimentação fosfática ocorre no topo dessa sequência, associada aos sedimentos siliciclásticos, embora haja grande influência fosfática nos sedimentos mistos.

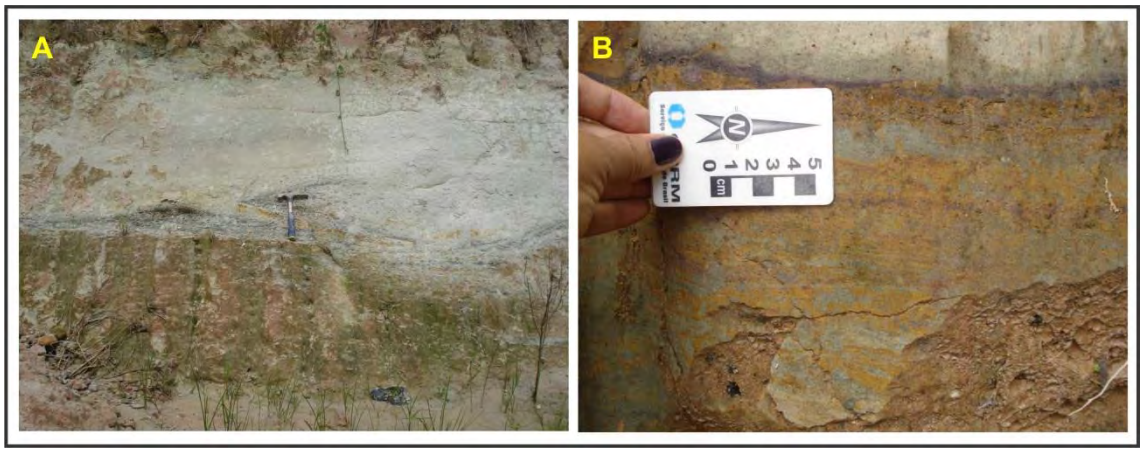

Figura 10. A) Fácies Aca com *drapes* de lama. B) fácies Alfw, arenito com laminação *flaser* e *wave*.

Os sedimentos mistos são caracterizados por arenitos grossos friáveis com cimento calcífero e ocorrem na porção mais *offshore* da bacia (Figura 11). Os arenitos calcíferos apresentam uma grande quantidade de siliciclásticos que diminuem em direção ao topo. Essa fácies faz contato com a fácies carbonática da Formação Gramame e a passagem entre as duas unidades é gradual.

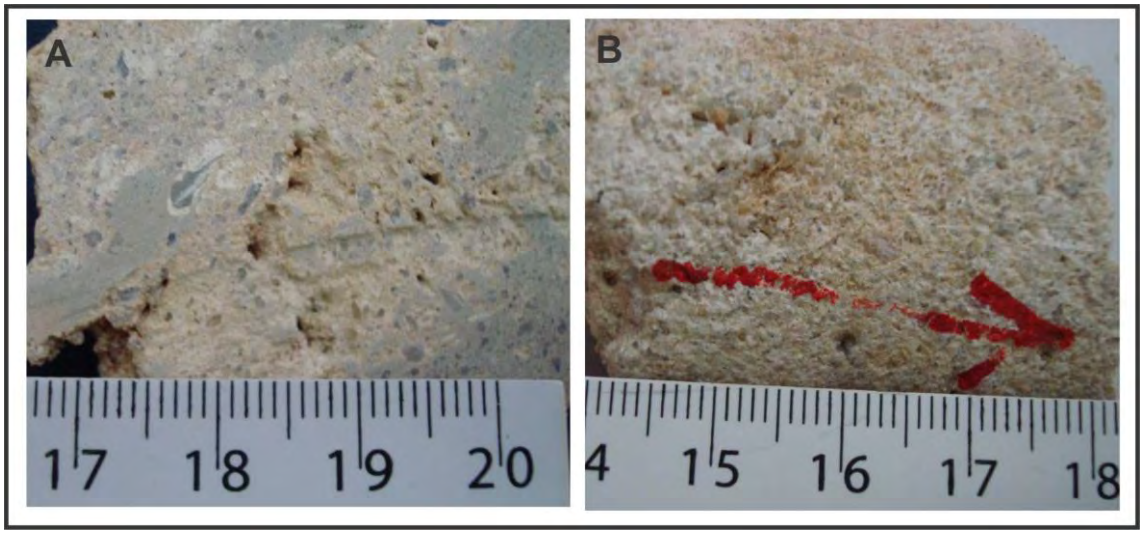

Figura 11. Amostras de Arenito calcífero da Formação Itamaracá.

- **Formação Gramame**

A Formação Gramame foi definida por Oliveira (1940) como constituída por calcários argilosos contendo na base uma camada de arenitos calcíferos com fosfato. Essa formação também foi descrita por Beurlen (1963) como constituída por camadas de calcários margosos e margas intercaladas em lâminas de argila, caracterizada por uma ciclicidade. Mabesoone (1967) afirma ser um calcário margoso homogêneo, de coloração cinza, com níveis de argila intercalados. Segundo Muniz (1993) e Santos *et al*. (1994), essa unidade tem idade Maastrichtiana, registrando uma sequência marinha agradacional, de um trato de sistema de mar alto (Souza & Lima Filho, 2001), que teria continuidade até o momento em que mudanças tectônicas ocasionaram a regressão marinha. Lima & Koutsoukos (2002) afirmam que durante o Maastrichtiano a área era caracterizada por clima árido e baixo influxo terrígeno de sedimentos. Essas condições favoreceram o desenvolvimento de um sistema de rampas carbonáticas em ambiente nerítico a batial, sendo depositadas alternâncias de *mudstones* a *wackestones*, em um trato de sistema de segunda ordem, transgressivo a mar alto, característico de margem passiva.

- **Formação Maria Farinha**

A Formação Maria Farinha é definida como o registro de uma regressão marinha, sendo constituída por calcários puros, algumas vezes pouco granulosos, com lentes de argila e bancos de calcários retrabalhados, não apresentando periodicidade (Beurlen, 1963). Mabesoone (1967) também enfatiza o seu caráter regressivo e sua principal característica litológica, ser um calcário detrítico. Essa unidade, considerada de idade paleocênica (Tinoco, 1971; Muniz, 1993), apresenta calcários detríticos, médios a finos, com intercalações de argilas carbonáticas e fauna fóssil de recifes (Beurlen, 1967a), conforme mostrado na Figura 12.

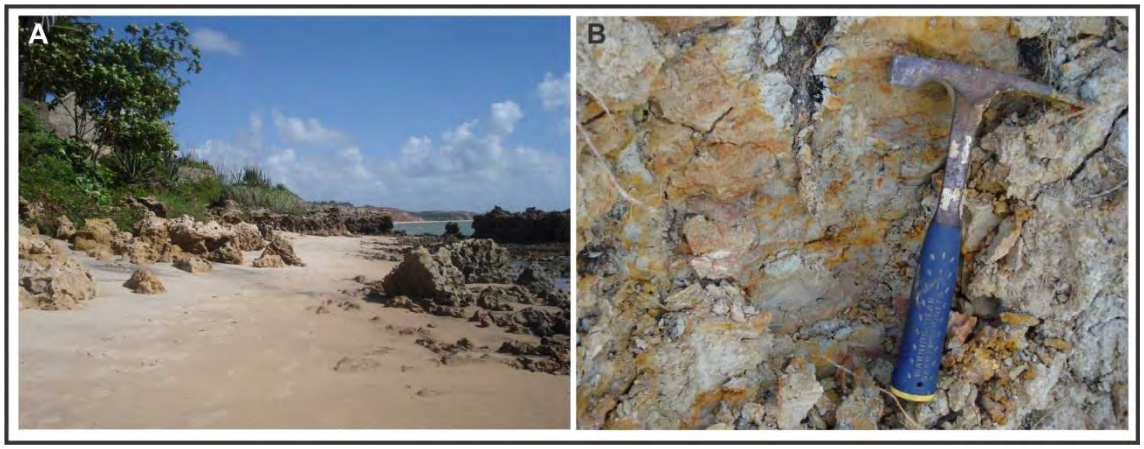

Figura 12. A) Dolomitos da Formação Maria Farinha, Alhandra-PE. B) Fácies margosa, Itamaracá-PE.

- **Coberturas Cenozoicas**

As coberturas Cenozoicas são formadas pelo Grupo Barreiras e pelos Depósitos Pós-Barreiras e incluem depósitos de sedimentação recente.

- **Grupo Barreiras**

Os primeiro trabalhos que caracterizam essa unidade foram desenvolvidos por Oliveira & Leonardos (1943), os quais denominaram-na de "Série das Barreiras". Posteriormente, Oliveira & Andrade (1956) e Kegel (1957) usaram o termo "Formação Barreiras". Somente com o trabalho de Bigarella (1964) é que foi definido o Grupo Barreiras, subdividido em Formação Guararapes, inferior, e Formação Riacho Morno, superior.

Conforme descrição de Mabesoone *et al.* (1972), o termo Formação Barreiras é usado para nomear sedimentos pouco ou não consolidados, com cores variegadas, litologicamente variando entre argila e conglomerados, com estruturas sedimentares do tipo estratificações irregulares, muito indistintas. Pode ocorrer de forma discordante sobre o embasamento cristalino ou sobre unidades sedimentares cretáceas e terciárias (Figura 13).

Figura 13. A) Afloramento do Grupo Barreiras na praia de Coqueirinho PB. B) Sedimentos arenosos com níveis argilosos.

- Depósitos Pós-barreiras

O termo Depósitos Pós-barreiras foi utilizado inicialmente para caracterizar os sedimentos que sobrepõe a Formação Barreiras, sendo discordantes sobre aqueles (Sá, 1969). Na Bacia Paraíba esses sedimentos são subdivididos em duas unidades (Figura 14). A primeira, denominada Unidade PB1, consiste de arenitos com grãos de tamanhos variáveis de coloração amarelo acinzentados, por vezes esbranquiçados, contendo intraclastos, argilitos, conglomerados e brechas em discordância com a Formação Barreiras ou com embasamento cristalino, com idade variando entre 178.300 (±26.800) anos e 15.100 (± 1.800) anos. A unidade PB2 ocorre sobre os depósitos PB1, sobre a Formação Barreiras e também sobre o embasamento cristalino, sendo formada por sedimentos arenosos quartzosos e inconsolidados com grânulos de quartzos dispersos, datados de 11.300 (±1700) anos e 1800 (±200) anos.

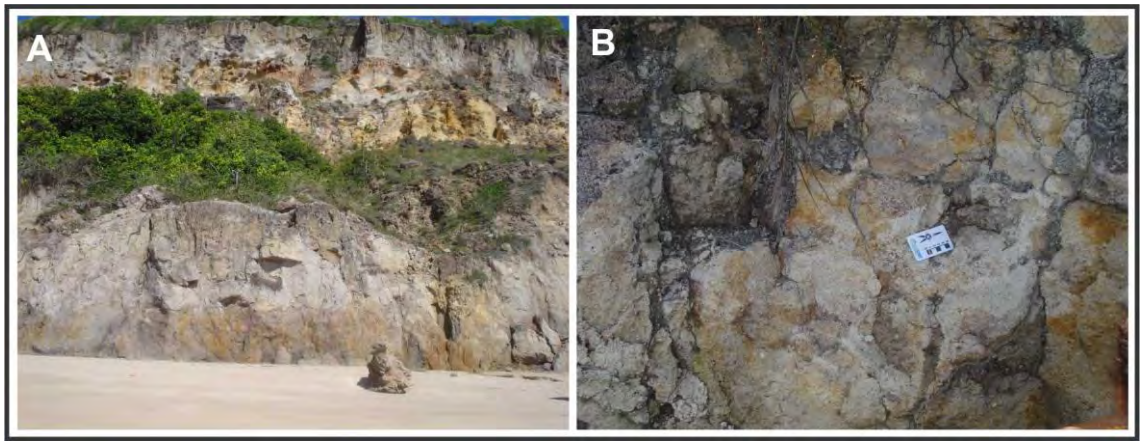

Figura 14. A) Unidade PB1 na base e PB2 no topo, na praia de Tabatinga-PB. B) Detalhe de PB2 em Alhandra-PB.

4.6. GEOLOGIA LOCAL

A região do Projeto Miriri está inserida nas sub-bacias Olinda e Alhandra e está predominantemente encoberta por sedimentos Cenozoicos do Grupo Barreiras e pelos depósitos Pós-Barreiras.
Dados bibliográficos, como os trabalhos de Rossetti *et al*. (2011) e os constantes nos mapas geológicos das folhas Itamaracá (SB25YCVI) e João Pessoa (SB25YCIII), associados à interpretação de dados aerogamaespectrométricos (Oliveira, 2012) e descrição detalhada de afloramentos e testemunhos de sondagem dos projetos fosfato na faixa costeira PE/PB (Fonseca Neto, 1979) e Miriri (CPRM, 1982) permitem caracterizar, na área do projeto, rochas das formações Gramame, Itamaracá e, secundariamente, a Formação Maria Farinha, que só ocorre nas áreas de praia nas porções mais *offshore* da bacia, além da Formação Beberibe,descrita apenas em testemunhos de sondagem.

- Formação Itamaracá

A Formação Itamaracá aflora em áreas relativamente próximas à borda da bacia, em encostas e vales recortados por drenagens. É caracterizada pela fácies siliciclásticas, que ocorre na maior parte dos afloramentos, e pela fácies fosfática, identificada por meio de anomalias radiométricas (Figura 15).

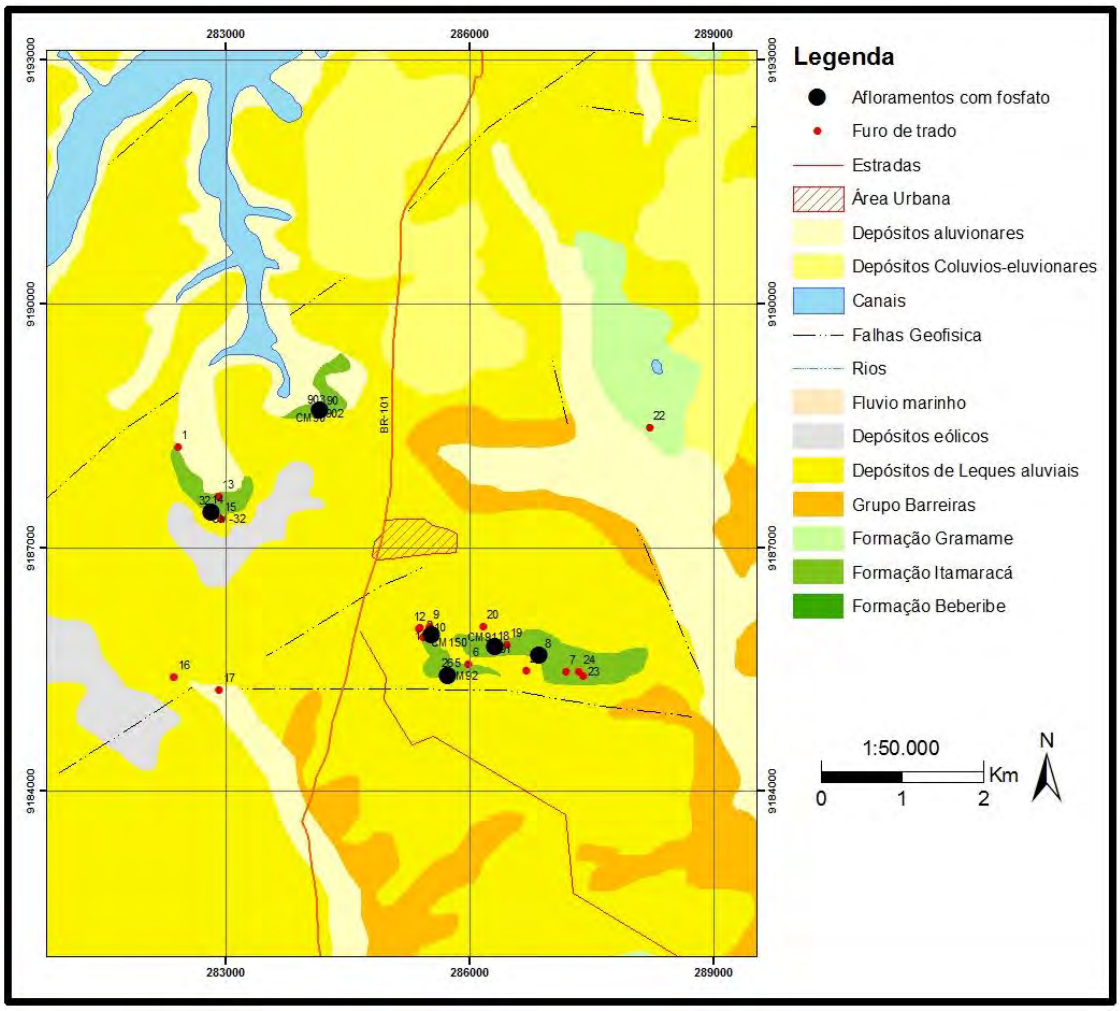

Figura 15. Localização dos afloramentos identificados e descritos pela CPRM e dos furos de trado realizados durante a fase de reavaliação do projeto Miriri.

As fácies siliciclásticas são representadas por arenitos médios a grossos, maciços ou com laminações incipientes (Arenito maciço-Am/Arenito laminações incipiente-Ali) e por argilitos de coloração marrom a cinza, maciços (Argilito marrom-Argm/Argilito cinza-Argc), podendo conter níveis arenosos ou lamosos e intraclastos de carbonato. A fácies Argm, quando associada aos fosforitos, pode conter baixos a médios teores de P_2O_5.

As fácies fosfáticas são caracterizadas pelos fosforitos e arenitos fosfáticos. Os fosforitos são maciços (Fm), tem granulação fina de argila a silte ou com laminações plano-paralelas (Fl). Os arenitos fosfáticos são compostos predominantemente por terrígenos e aloquímicos, principalmente por pelóides (Arenito pelfosfático-Ap), tem granulação média a grossa e, em geral, ocorrem maciços.

O afloramento CM-32, mostrado nas Figuras 24 e 25, tem uma das melhores exposições dessa associação de fácies, onde ocorre intercalação de fácies siliciclásticas e fácies fosfáticas. Esse afloramento, localizado próximo à borda da bacia onde o influxo de terrígenos é bastante regular através de fluxos gravitacionais. Nesse afloramento grande parte área está sendo encoberta pelos depósitos coluvionares arenosos do Pós-barreiras I e II que ocorre no topo.

Amostragem de canal nesse afloramento indica teores de até 27% de P_2O_5 nesses fosforitos (Fm/Fl), intercalados com arenito pelfosfático (Ap) com até 17% de P_2O_5, com as fácies siliciclásticas argilito marrom (Argm) contendo até 5% de P_2O_5 e com arenitos Am/Ali estéreis. As fácies Fm, Fl, Ap, difíceis de visualizar em afloramento, só foram individualizadas em análise petrográfica (Figura 16).

As camadas com fosforitos e arenito pelfosfático são bastante irregulares e ocorrem principalmente intercaladas à fácies Argm. As camadas fosfáticas são pouco espessas e chegam a no máximo 4 metros, em seção composta.

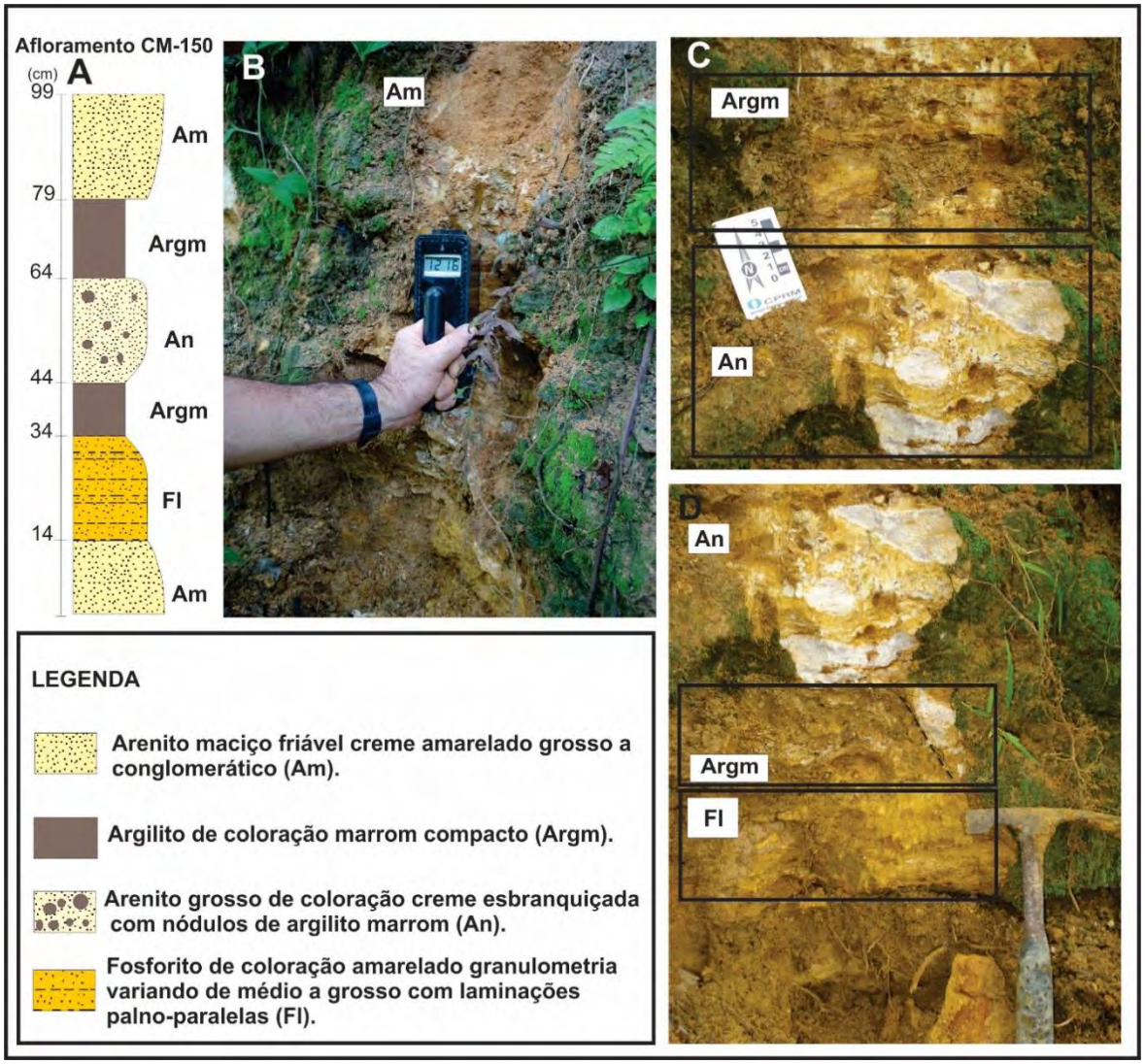

Figura 16. A) seção do afloramento CM-150, com intercalação das fácies Am, Argm, An e Fl. B) Medidas com cintilômetro (1.200 cps) em zonas mineralizadas; C) e D) Detalhe das principais fácies fosfáticas em afloramento.

Em furos de sonda observa-se a mesma associação de fácies dos afloramentos: arenito maciço (Am), fosforito (Fm/Fl) e argilito marrom (Argm) no topo (Figura 26). Destaca-se o argilito marrom (Argm), que contém níveis de fosforito intercalados, chegando a até 10m de espessura, e os fosforitos, com teores de até 30% de P_2O_5.

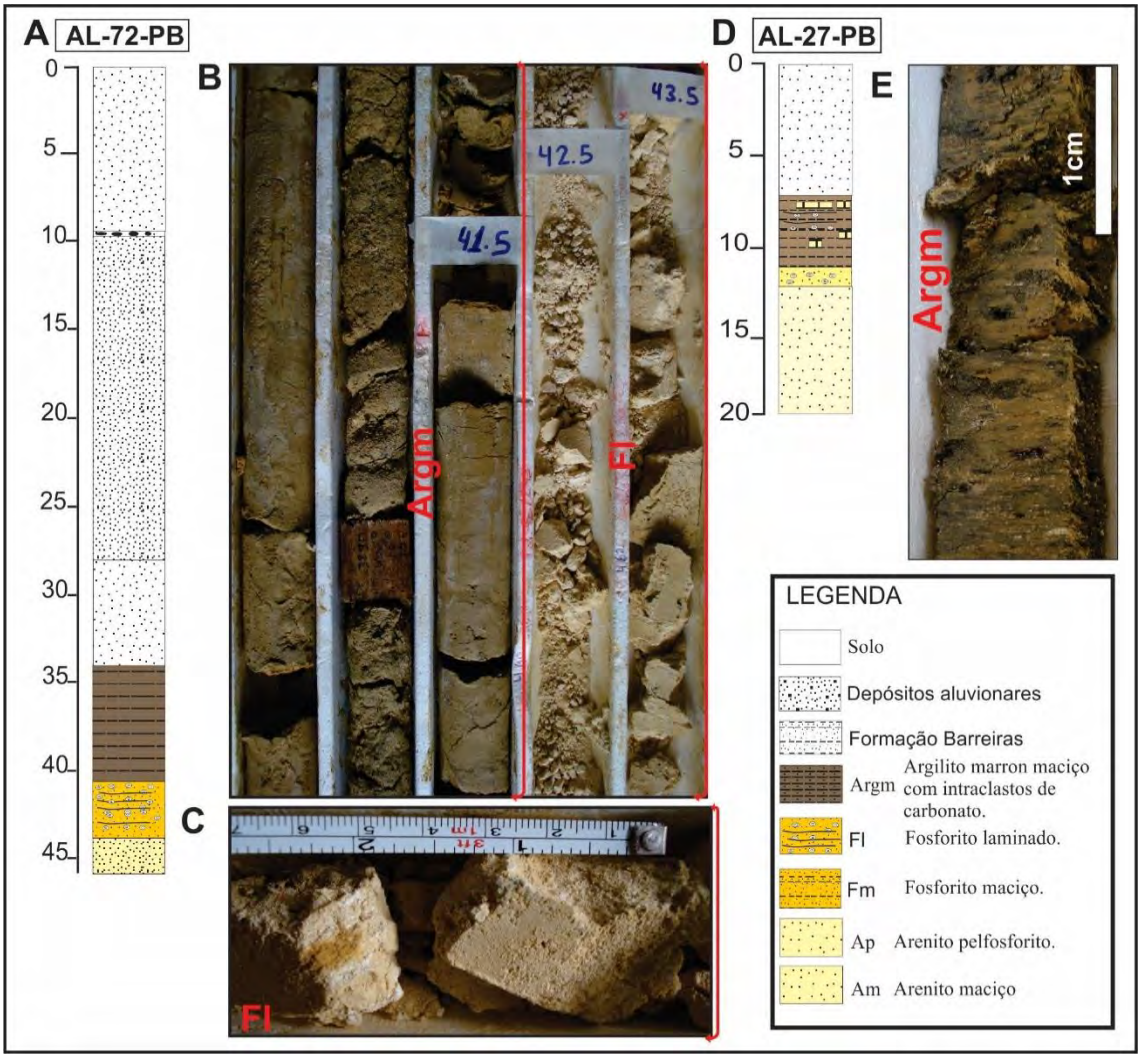

Figura 17. A) A) Perfil do furo AL-72-PB. B) Transição das fácies Argm e Fl. C) Fosforito laminado. D) Seção do furo AL-27-PB. E) Fácies Argm com níveis de fosforito.

A fácies de arenito pelfosfático, com até 17% de P_2O_5, foram descritas na região entre os municípios de Tejucupapo-PE e Goiana-PE, na parte Sul das áreas de pesquisa. Nessa mesma área, situada próxima à borda da bacia, os depósitos sedimentares são pouco espessos e não ocorrem todas as unidades descritas mais a norte, configurando-se como uma área com pouco espaço de acomodação para os sedimentos e com grande impulso de sedimentos terrígenos. A fácies Ap é composta por uma grande quantidade de terrígenos com aloquímicos fosfáticos e em apenas um furo (3GO-01-PE) foram observados níveis de fosforito intercalados (Figura 18).

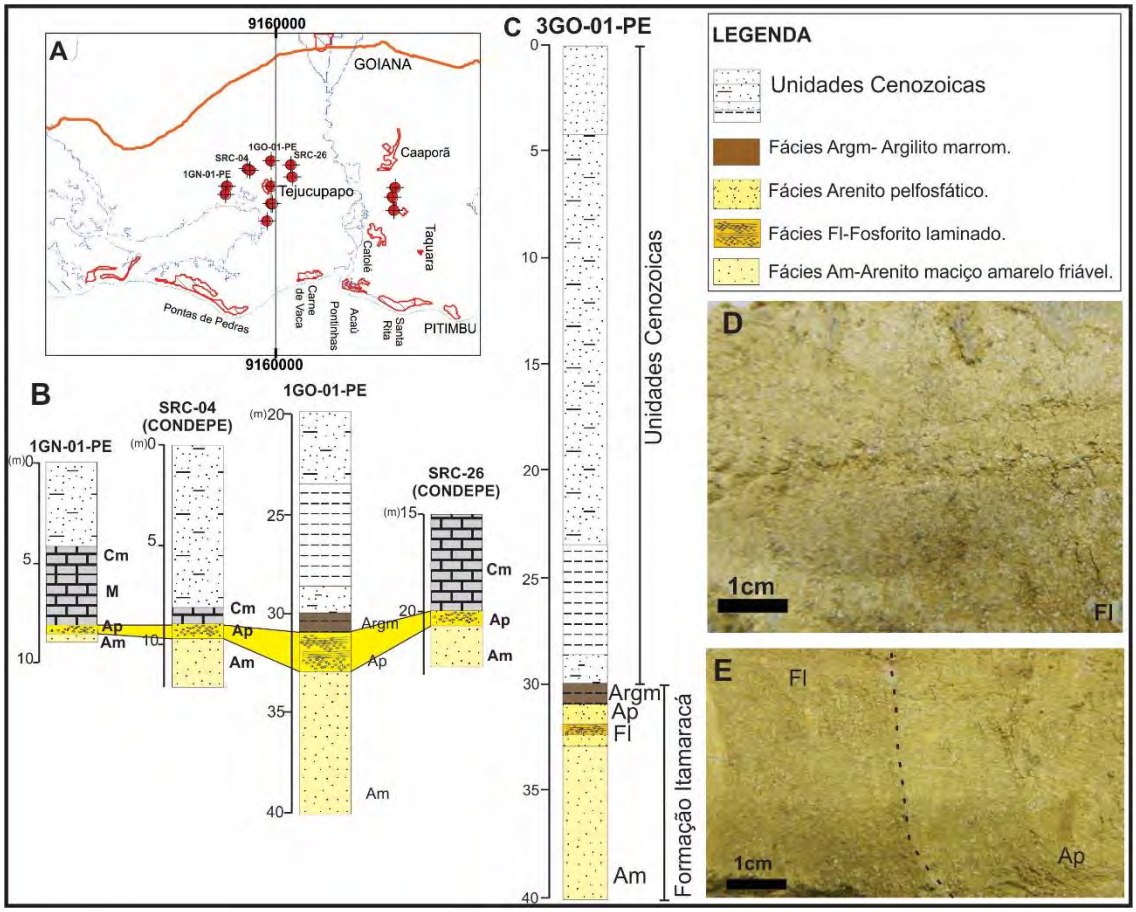

Figura 18. A) Localização dos furos de sonda da parte sul do projeto; B) Perfil destacando a fácies Ap nos principais furos de sonda da área; C) Seção do furo 3GO-01-PE, mostrando intercalação de Fl no Ap; D) Amostra de Ap; E) Intercalação de Ap e Fl.

Blocos de fosforitos alterados, com até 1m de diâmetro, ocorrem em depósitos colúvio-eluvionares recentes e apresentam teores de até 25% de P_2O_5 e 30% Al_2O_3, conforme observado nos afloramentos CM-90, CM-92 e CM-93. Esses fosforitos são bastante endurecidos e formados por minerais com formas alongadas, semelhantes a “agulhas”. Têm coloração amarelo amarronzada, são maciços, com muitos minerais terrígenos e intraclastos de argila com formas irregulares, mas em geral subarredondados, e de fosforitos. Podem apresentar textura resultante de intemperismo similar a *boxworks*, muito ou pouco desenvolvida.

- Formação Gramame

A Formação Gramame foi descrita em vários afloramentos, principalmente no município de Alhandra-PB. Essa unidade pode ser caracterizada na área por quatro fácies: calcários margosos (Cm), margas (M), calcários compactos (Cc) pouco margosos ecalcarenitos (Ca), estes só observados em subsuperfície e que fazem parte da sucessão de fácies dos arenitos calcíferos. Essa unidade tem espessura variável, podendo chegar 50 metros.

Os calcários margosos (Cm) são maciços ou pouco bioturbados, têm coloração cinza clara e contem abundante material fossilífero, com espessuras variáveis alcançando o máximo de 5m (Figura 28). Microscopicamente essas rochas são classificadas como *mudstones* a *packstones* (Dunham, 1962) e apresentam de 5 a 30% de grãos aloquímicos (bioclastos, oóides, esferulitos e raros intraclastos). A matriz, formada por calcita/dolomita e argilominerais, em geral supera 60% do volume da rocha e é envolvida por cimento variando entre franja isópaca e de dolomitas em mosaicos. É frequente a presença de minerais fosfáticos.

A fácies marga (M), em geral bastante bioturbada, pode ser classificada como *mudstone* (Dunham, 1962). Têm coloração cinza esverdeada ou amarelo esbranquiçada e está sempre associada aos calcários

margosos e aos calcários compactos. A matriz (mais de 90%) é lamosa, com siliciclásticos, carbonatos e raros aloquímicos, sendo encontrados foraminíferos (Figura 19).
A fácies calcários compactos (Cc**)** tem coloração creme amarelada, é marcada por raras bioturbações e composta por dolomita euédrica a subédrica (cerca de 90%) e raros constituintes aloquímicos (Figura 29). A rocha pode ser classificada como *Mudstone* dolomitizado (Dunham, 1962) ou Dolomicrito (Folk, 1968).

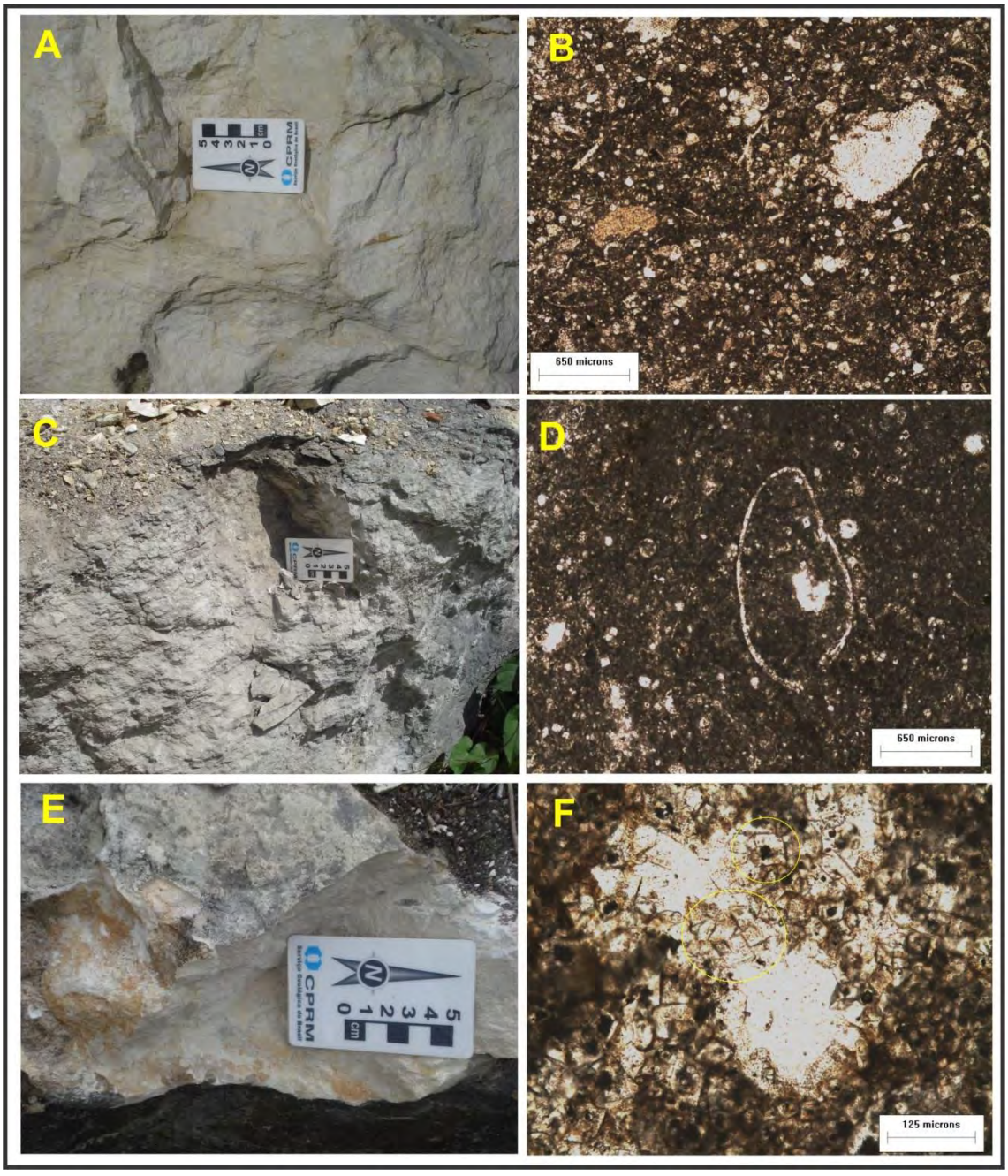

Figura 19. A) Fácies Cm, afloramento CM-41, Alhandra. B) Fotomicrografia NP de *packstone* da fácies Cm. C) Fácies M, Afloramento CM-41. D) Fotomicrografia NP de mudstone com destaque para ostracodes. E) Fácies Cc, Mina Garapú, Alhandra-PB. F) Fotomicrografia NP de dolomito da fácies Cc.

A fácies calcarenito (Ca) tem coloração cinza escura, granulação areia fina a média e é composta por matriz carbonática com aloquímicos fosfáticos, principalmente bioclastos e intraclastos, além de quartzo em menor quantidade (Figura 20). Em alguns furos observa-se intercalações das fácies margas e calcário margoso laminado, porém sem expressão estratigráfica.

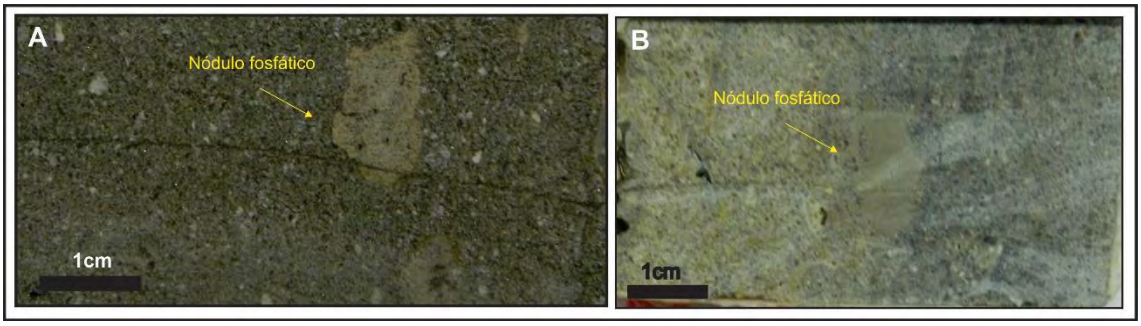

Figura 20. A) Calcarenito fosfático do poço 1IG-03-PE, Igarassu-PE. B) Calcarenito fosfático do poço 1PL-01-PE, Paulista-PE.

Em subsuperfície, a Formação Gramame só ocorre nas áreas distais em relação à borda da bacia, sempre no topo da Formação Itamaracá. Em situações mais proximais essa unidade pode ocorrer interdigitada à Formação Itamaracá, com ocorrência local de arenito calcífero (Ac) com até 5% de P_2O_5 e de calcarenito com até 7% de P_2O_5 (Figura 21).

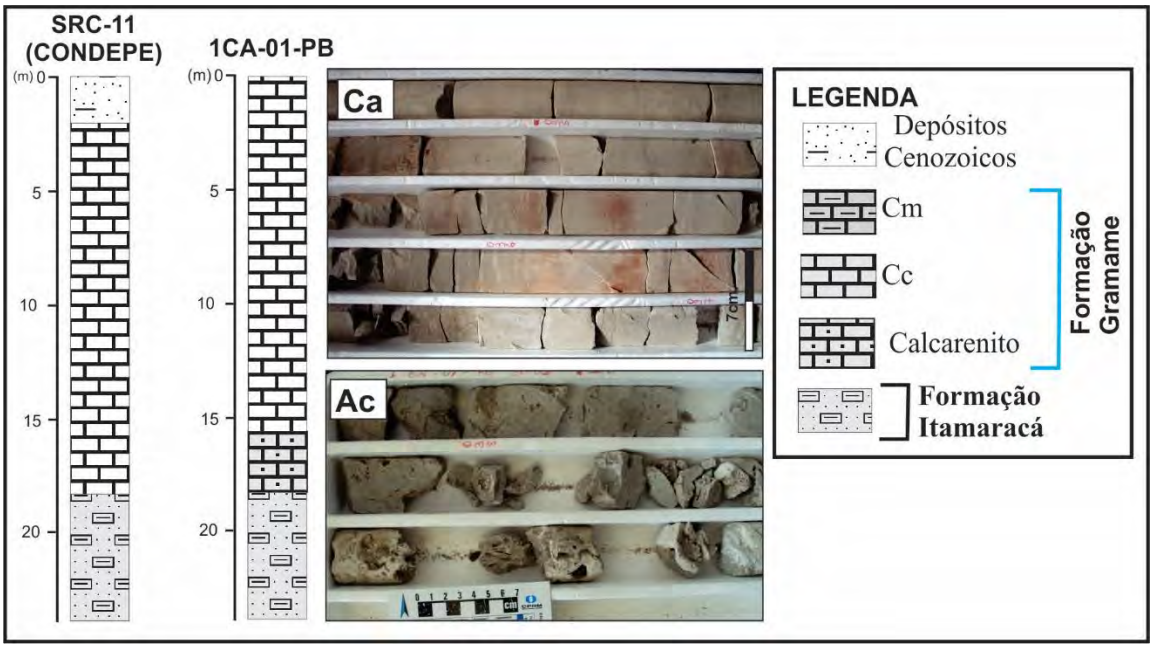

Figura 21. Perfis dos furos SRC-11 e 1CA-01-PB com amostras dos testemunhos da fácies Ca e Ac.

A Formação Gramame foi depositada em um trato de sistema de mar alto em plataforma do tipo rampa, possivelmente na rampa exterior. A alternância de fácies indica que essa unidade tem registros de variações cíclicas com aumento e diminuição do nível do mar, onde as fácies margosas fazem parte de um ciclo menor, com nível de mar baixo e com entrada de material siliciclástico.

- Depósitos Cenozoicos

A região do depósito Miriri é predominantemente encoberta pelos depósitos Cenozoicos denominados Pós-Barreiras I e II e pelo Grupo Barreiras, que formam os tabuleiros costeiros. O Grupo Barreiras é mais expressivo na parte norte da área, entre os municípios de Tejucupapo-PE e Caaporã-PB. Na região de Alhandra só ocorre em vales e falésias. Essa unidade é caracterizada por arenitos maciços, arenitos com estratificações cruzadas tangenciais e argilitos maciços de coloração variegada (Figura 22).

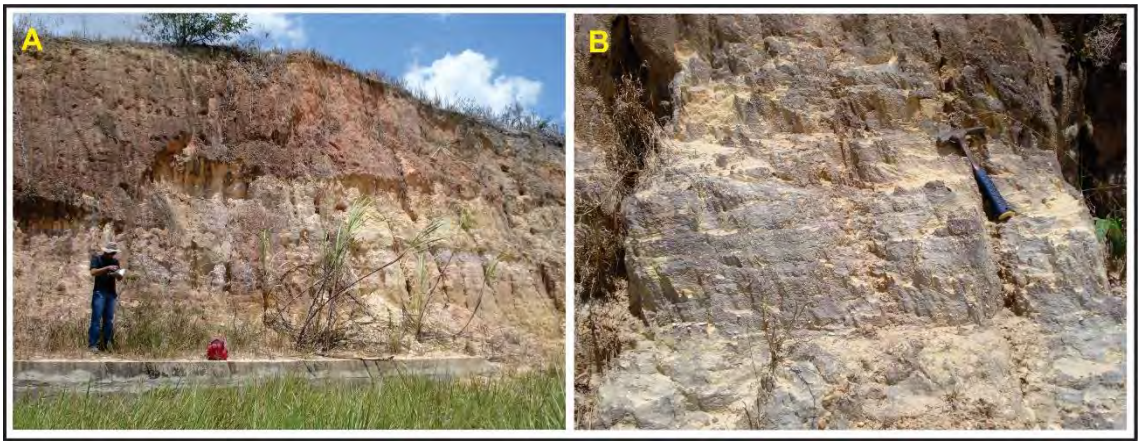

Figura 22. A) Grupo Barreiras com intercalação de arenitos friáveis e argilito com cores variegadas. B) Detalhe de arenito com estratificação cruzada planar tangencial.

Os depósitos Pós-Barreiras 1 (PB1) são caracterizados por conglomerado cascalhoso e arenito friável maciço, muito comum na região a oeste de Alhandra-PB, próximo ao embasamento, e pelos arenitos friáveis maciços ferruginosos com intraclastos de arenitos retrabalhados, que ocorrem mais próximo à área de praia, formado parte dos tabuleiros costeiros e falésias (Figura 23). No topo dessa unidade ocorre um processo de ferruginização que pode registrar anomalias de urânio, porém sem significado econômico.

Figura 23. A) Conglomerado cascalhoso do PBI. B) Arenito maciço com intraclastos de arenito e argilito.

Os depósitos Pós-barreiras 2 são formados por areia quartzosa de cor branca, provavelmente produto de retrabalhamento eólico, e sempre estão associados às fácies de arenito maciço friável do PB1 (Figura 34).

Figura 24. Depósito de areia quartzosa do PBII. B) Contato arenito friável do PBI e areia quartzosa do PBII.

4.7. VEGETAÇÃO

Geomorfologicamente (IBAMA, 2006), a região está inserida na unidade dos Tabuleiros Costeiros que acompanha o litoral de todo o nordeste, cuja altitude média é de 50 a 100 m. Essa unidade compreende platôs de origem sedimentar que apresentam grau de entalhamento variável, ora vales estreitos e encostas abruptas, ora vales abertos com encostas suaves e fundos com amplas várzeas.
De modo geral, os solos são profundos e de baixa fertilidade natural, representados por Latossolos e Podzólicos nos topos de chapadas e topos residuais; Podzólicos com Fregipan, Podzólicos Plínticos e Podzóis nas pequenas depressões nos tabuleiros; Podzólicos Concrecionários em áreas dissecadas e encostas; e Gleissolos e Solos Aluviais nas áreas de várzeas (IBAMA, 2006).

5. PLANO DE TRABALHO PARA PESQUISA COMPLEMENTAR

5.1. ESCOPO PROPOSTO AO TRABALHO DE PESQUISA

- **Adensamento das malhas de sondagens nos alvos e pesquisa em áreas com relativo potencial econômico**

Segundo Ribeiro et al. (2012), um depósito pode ser considerado como conhecido do ponto de vista da exploração, se a informação disponível for suficiente para dar suporte ao planejamento de longo prazo, sem nenhum desvio significativo em relação ao depósito real.
Neste sentido, fica claro que a densidade de informações disponíveis é insuficiente para um completo conhecimento do depósito de Miriri. Além disso, a malha atual, executada pela CPRM, não permite análises geoestatísticas avançadas como modelagem variográfica de indicadores.
Assim, buscando solucionar esta problemática, e viabilizando a migração dos recursos calculados da categoria Inferidos para Indicados e Medidos, foi proposta uma nova campanha de sondagem, de caráter exploratório e de adensamento da malha.
A sondagem exploratória foi planejada de modo a aumentar o conhecimento do depósito, definir os limites dos corpos de minério e identificar possíveis novas áreas antes desconhecidas. Para isto, deverá ser executada em malhas com espaçamento de 150x150 metros cobrindo a maior parte das áreas definidas como alvos favoráveis à lavra a céu aberto, de acordo com os aspectos de relação estéril/minério e restrições socioambientais. Esta etapa permitirá a geração de variogramas preliminares e krigagem de teores.
A partir do desenvolvimento da modelagem tridimensional do depósito fosfático de Miriri, foi possível identificar áreas potenciais onde se entende existir indícios da presença do minério. Tais áreas, entretanto, não foram investigadas nas campanhas de sondagem do passado, não existindo, portanto, dados de subsuperfície que comprovem a existência ou não do minério.
Com o objetivo de investigar o potencial destas áreas e consequentemente agregar recursos ao depósito fosfático, projetou-se malhas exploratórias com espaçamento de 150x150 metros.
Projeta-se a execução de 282 furos de sondagem com uma profundidade média de 40 metros, totalizando 11.280 metros.
Em função do modelo tridimensional do depósito indicar a presença do minério fosfático de alto teor apenas no Bloco Norte, as malhas foram planejadas apenas nestas áreas.
Complementam os estudos exploratórios as etapas de levantamento topográfico, mapeamento geológico, prospecção geoquímica e geofísica, abertura de trincheiras e análises químicas.
Executada a sondagem os testemunhos devem ser encaminhados para descrição, amostrados e arquivados. A amostragem deverá ser feita cortando o testemunho ao meio com uma serra com disco diamantado, coletando-se uma amostra a cada 0,5 metro, a qual deverá ser ensacada e enviada ao laboratório. As amostras deverão ser submetidas a análise multielementar (Al_2O_3, BaO, CaO, Cr_2O_3, Fe_2O_3, K2O, MgO, MnO, Na_2O, Nb_2O_5, P_2O_5, SiO_2, TiO_2, LOI) através de fusão com metaborato de lítio e leitura por fluorescência de raios-X.

Tendo em vista o caráter tabular do depósito, todos os furos planejados foram verticais. Além disso, as profundidades dos furos projetados, referem-se ao último registro de intervalo mineralizado, devendo-se assim ser considerado uma margem de 10 metros para um controle adequado da mineralização.

Pesquisa complementar		**TOTAL**
Quantidade de Furos		282
Análises químicas		2820
Metragem	Mín.	-
	Máx.	-
	Média	40
	Total	**11.280**

Tabela 2 – Furos de sondagem e metragem planejados para a pesquisa complementar.

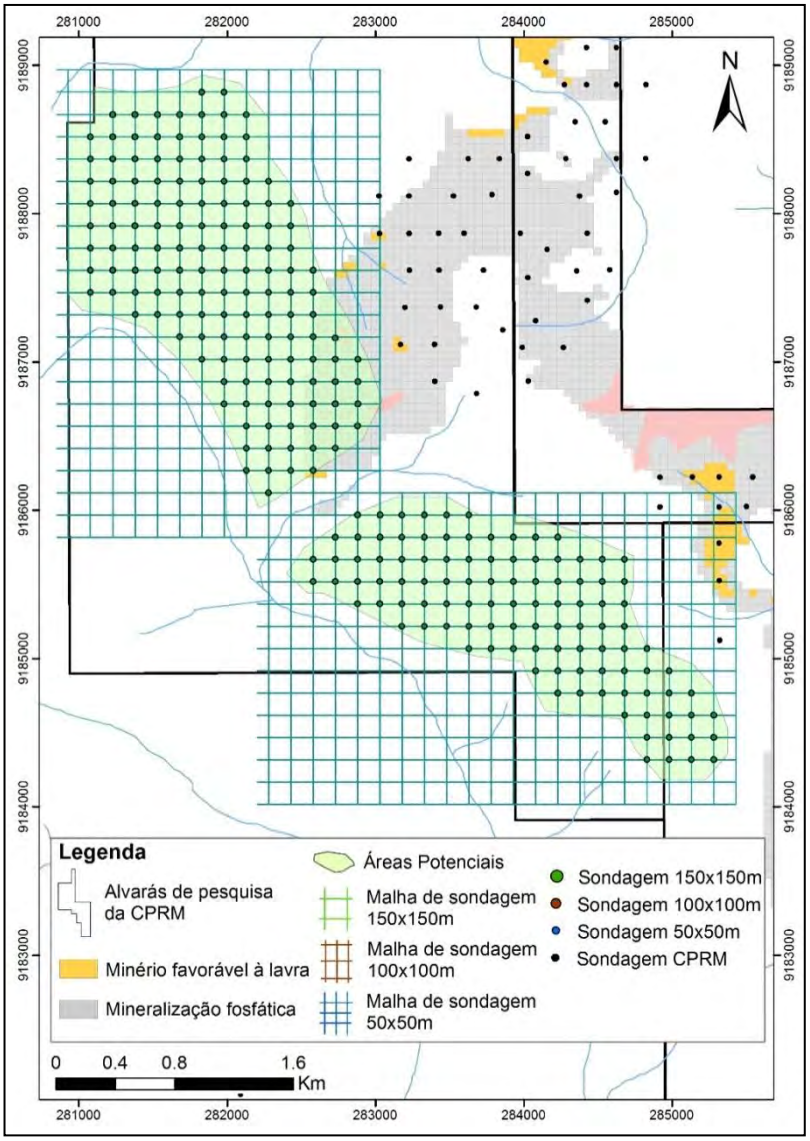

Figura 8. Detalhe das áreas potenciais do Bloco Norte, apresentando as malhas de sondagem planejadas para os trabalhos exploratórios.

5.2. OBJETIVO DA PESQUISA

Os principais objetivos da pesquisa complementar proposta são:

1) Aumentar o nível de confiabilidade nos recursos reportados migrando para categoria mínima de indicado, com o adensamento das malhas de sondagem nos alvos definidos como favoráveis à lavra a céu aberto (com relação estéril/minério menor ou igual a 5 e livre de restrições socioambientais)

2) Estudos complementares e malha de sondagem aberta nas áreas com relativo potencial econômico visando aumentar o nível de conhecimento geológico categorizando recursos inferidos.

5.3. SEQUÊNCIA DOS TRABALHOS TÉCNICOS

1) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA
2) RECONHECIMENTO LOCAL
3) SERVIÇOS EXPLORATÓRIOS DE SONDAGEM E AMOSTRAGEM
4) ANÁLISES QUÍMICAS
5) ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS
6) MODELAGEM GEOLÓGICA
7) ESTIMATIVA E CUBAGEM DOS RECURSOS
8) LAVRA CONCEITUAL
9) PLANTA DE BENEFICIAMENTO CONCEITUAL
9) AVALIAÇÃO ECONÔMICA
10) RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA

6. ORÇAMENTO PARA PESQUISA

6.1. MATRIZ DE CUSTOS ESTIMADOS

O total estimado equivale a R$ 4,97 milhões e foi estimado por meio de cotações de mercado ao custo de R$ 450,00 por metro perfurado, para 282 perfurações com profundidade média de 40 metros. A readequação destas pesquisas é de suma importância para o futuro do projeto, uma vez que o aumento das reservas minerais pode modificar os resultados da avaliação do empreendimento.
Somam-se ao valor total em perfurações, o valor necessário para análises químicas no valor de aproximadamente R$ 160 mil Reais.

7. CRONOGRAMA FÍSICO FINANCEIRO

ATIVIDADE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1. Revisão bibliográfica	■																							
2. Reconhecimento local	■																							
1. Campanha sondagem: Adensamento das malhas		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
2. Campanha sondagem: Pesquisa áreas potenciais		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
3. Análises químicas			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
4. Banco de Dados																			■					
5. Modelagem Geológica																				■				
6. Estimativa e Cubagem dos recursos																					■			
7. Estudos Engenharia																						■	■	
9.Avaliação Econômica																						■	■	

10. Relatório Final de Pesquisa																							

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa da área em questão deverá estar terminada em 24 meses, conforme cronograma físico anexo, com uma despesa estimada em R$ 5 milhões de Reais.
Se em qualquer das etapas do trabalho de pesquisa forem constata¬dos resultados negativos, os mesmos deverão ser suspensos, sendo apresentado um relatório a CPRM com os dados e interpretações obtidas na área.

9. RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA

Independente da avaliação final do depósito quanto a sua viabilidade econômica ser positiva ou não, deverá ser apresentado a CPRM um relatório com todos os trabalhos desenvolvidos e resultados obtidos.

10. RESPONSABILIDADE RÉCNICA

_____

Geólogo Ricardo Wosniak CREA: PR-75471/D REGISTRO NACIONAL: 1703400682