

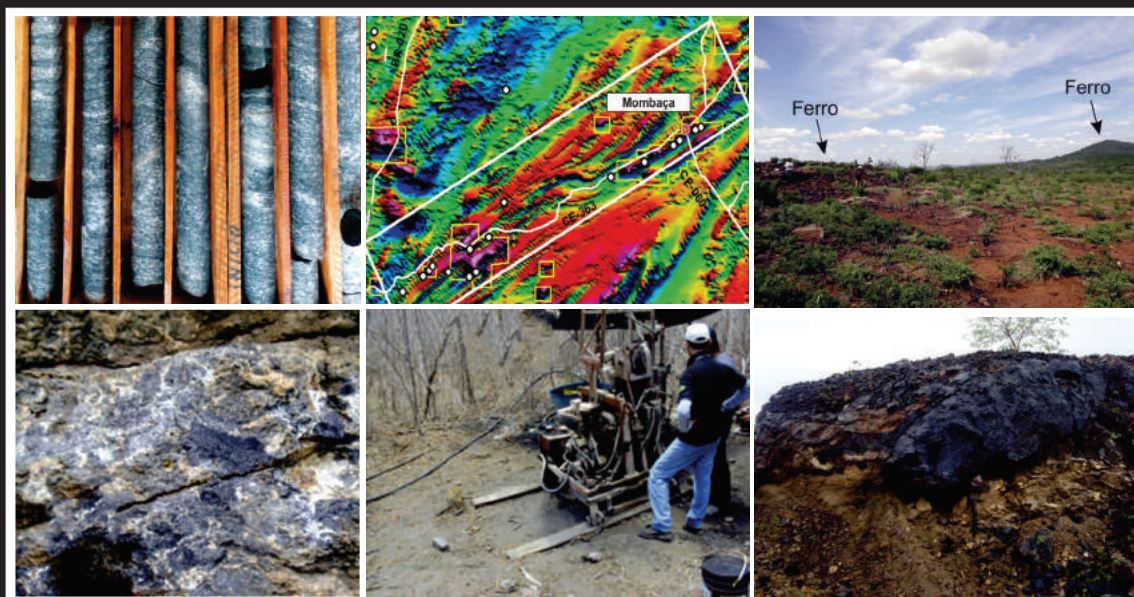
# INFORME DE RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

*Série Províncias Mineraias do  
Brasil, nº 02*

*Gestão Estratégica da Geologia, da Mineração  
e da Transformação Mineral*

**ARINA**  
ÁREAS DE RELEVANTE  
INTERESSE MINERAL NO BRASIL



## METALOGENIA DAS PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL: ÁREA TROIA-PEDRA BRANCA, ESTADO DO CEARÁ

Fortaleza – 2015

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais  
Departamento de Recursos Minerais  
Divisão de Geologia Econômica

**Programa Geologia do Brasil**

**GESTÃO ESTRATÉGICA DA GEOLOGIA DA MINERAÇÃO E DA  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

**METALOGENIA DAS PROVÍNCIAS  
MINERAIS DO BRASIL: ÁREA TROIA-  
PEDRA BRANCA**

**ESTADO DO CEARÁ**

Felipe Grandjean da Costa  
Edney Smith de Moraes Palheta  
Bruno de Oliveira Calado  
João Luiz Carneiro Naletto  
Tércyo Rinaldo G. Pinéo  
Angela Pacheco Lopes  
Mariane Dornas Martins  
Frederico R.F.R. Oliveira e Sousa

**INFORME DE RECURSOS MINERAIS**

Série Províncias Minerais do Brasil, nº 2



**CPRM**  
Serviço Geológico do Brasil

BRASÍLIA  
2015

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais  
Departamento de Recursos Minerais  
Divisão de Geologia Econômica

**Programa Geologia do Brasil**

**METALOGENIA DAS PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL:  
ÁREA TROIA-PEDRA BRANCA  
ESTADO DO CEARÁ**

**INFORME DE RECURSOS MINERAIS**

Série Províncias Minerais do Brasil, nº 2

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

Costa, Felipe Grandjean da

C837m      Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil : Área Troia-Pedra Branca, Estado do Ceará / Felipe Grandjean da Costa... [et al.] – Brasília : CPRM, 2015.  
49 p.; il. color. (Informe de Recursos Minerais. Série Províncias Minerais do Brasil, 2)

Programa Geologia do Brasil  
Gestão Estratégica da Geologia da Mineração e da Transformação Mineral  
Inclui referências bibliográficas  
ISBN 978-85-7499-268-6

1. Metalogenia – Troia-Pedra Branca, CE. 2. Recursos Minerais – Troia-Pedra Branca, CE. I. Título. IV. Série.

CDD 553.1098131

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais  
Departamento de Recursos Minerais  
Divisão de Geologia Econômica

**Programa Geologia do Brasil**

**METALOGENIA DAS PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL:  
ÁREA TROIA-PEDRA BRANCA  
ESTADO DO CEARÁ**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

Carlos Eduardo de Souza Braga  
*Ministro de Estado*

**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Carlos Nogueira da Costa Junior  
*Secretário*

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

Manoel Barretto da Rocha Neto  
*Diretor-Presidente*  
Roberto Ventura Santos  
*Diretor de Geologia e Recursos Minerais*  
Stênio Petrovich Pereira  
*Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial*  
Antônio Carlos Bacelar Nunes  
*Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento*  
Eduardo Santa Helena  
*Diretor de Administração e Finanças*  
Reginaldo Alves dos Santos  
*Chefe do Departamento de Geologia*  
Francisco Valdir Silveira  
*Chefe do Departamento de Recursos Minerais*  
Evandro Luiz Klein  
*Chefe da Divisão de Geologia Econômica*  
Edilton José dos Santos  
*Chefe da Divisão de Geologia Básica*  
João Henrique Larizzatti  
*Chefe da Divisão de Geoquímica*  
Patricia Duringer Jacques  
*Chefe de Divisão de Geoprocessamento*  
José Márcio Henriques Soares  
*Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação*

**RESIDÊNCIA DE FORTALEZA**

Darlan Filgueira Maciel  
*Chefe da Residência*  
Antonio Maurilio Vasconcelos  
*Coordenador Executivo de Geologia e Recursos Minerais*  
Edney Smith de Moraes Palheta  
*Assistente de Produção de Geologia e Recursos Minerais*

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais  
Departamento de Recursos Minerais  
Divisão de Minerais e Rochas Industriais

**METALOGENIA DAS PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL:**  
**ÁREA TROIA-PEDRA BRANCA**  
**ESTADO DO CEARÁ**

---

**EQUIPE TÉCNICA**

**AUTORIA DO INFORME MINERAL**

Felipe Grandjean da Costa (CPRM – Residência de Fortaleza)  
Edney Smith de Moraes Palheta (CPRM – Residência de Fortaleza)  
Bruno de Oliveira Calado (CPRM – Residência de Fortaleza)  
João Luiz Carneiro Naletto (CPRM – Residência de Fortaleza)  
Tércyo Rinaldo G. Pinéo (CPRM – Residência de Fortaleza)  
Angela Pacheco Lopes (CPRM – Superintendência de São Paulo)  
Mariane Dornas Martins (CPRM – Residência de Fortaleza)  
Frederico R.F.R. Oliveira e Sousa (CPRM – Residência de Fortaleza)

**AUTORIA DO MAPA GEOLÓGICO E DE RECURSOS MINERAIS**

Felipe Grandjean da Costa  
Edney Smith de Moraes Palheta  
Bruno de Oliveira Calado  
João Luiz Carneiro Naletto

---

**COLABORADORES**

Joseneusa Brilhante Rodrigues (análises geocronológicas)  
Iaponira Paiva Gomes (Petrografia)

**APOIO TÉCNICO**

**Campo**

Antonio Celso R. de Melo  
Raimundo Anunciato de Carvalho  
Vicente Calixto Duarte Neto

**Laboratório**

Wanessa de Sousa Marques  
Jorgina Figueira Choairy  
Elnondas Burman

**Bibliotecária**

Francisca Giovania Freire do Nascimento

**Revisão de Texto e Mapas**

Homero Coelho Benevides

**Cartografia Digital e SIG**

Guilherme Marques e Sousa  
Mariane Martins Dornas

---

Editoração para publicação  
Geride-SP

---

**EDIÇÃO DO PRODUTO**

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento  
Divisão de Marketing e Divulgação – DIMARK – José Márcio Henriques Soares  
Divisão de Geoprocessamento – DIGEOP – Patricia Durringer Jacques – SIG/GEOBANK

# APRESENTAÇÃO

---

O Ministério de Minas e Energia e a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, por meio da CPRM – Serviço Geológico do Brasil, tem a satisfação de disponibilizar à comunidade geocientífica, empresários do setor mineral e à sociedade em geral, os resultados obtidos no projeto Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Troia-Pedra Branca, como parte do Projeto Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil. Este é um empreendimento ligado ao PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO (PACII) do governo federal, denominado Avaliação do Potencial dos Minerais Estratégicos do Brasil, dentro da ação Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil, que integra o programa GESTÃO ESTRATÉGICA DA GEOLOGIA, DA MINERAÇÃO E DA TRANSFORMAÇÃO MINERAL.

O projeto Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil estabeleceu como meta geral contribuir para o entendimento do potencial e vocação metalogenética das diferentes províncias geológicas que abrangem o território nacional, fomentando, assim, a exploração mineral. Envolve estudos temáticos de geologia básica e geologia econômica com uso de técnicas avançadas e sua execução e gerenciamento, na CPRM – Serviço Geológico do Brasil, foi de responsabilidade das unidades regionais (Superintendências e Residências), com supervisão nacional da Divisão de Geologia Econômica – DIGECO e coordenação geral do Departamento de Geologia e Recursos Minerais – DEREM.

A área Troia-Pedra Branca, no Estado do Ceará, foi selecionada em razão de representar uma das principais entidades geológico-metalogenéticas da região nordeste do Brasil, onde se destacam zonas favoráveis para conter mineralizações de ouro, elementos do grupo da platina, ferro, grafita e manganês.

Este produto, aqui disponibilizado, (i) texto em pdf do Informe Mineral, (ii) carta geológica e de recursos minerais preliminar da área na escala 1:500.000, (iii) SIG geológico disponibilizado no GEOBANK.

Com mais este lançamento, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil cumpre seu papel de induzir o desenvolvimento socioeconômico regional e setorial por meio da atualização do conhecimento geológico e dos recursos minerais do Brasil.

MANOEL BARRETTO DA ROCHA NETO  
Diretor - Presidente

ROBERTO VENTURA SANTOS  
Diretor de Geologia e Recursos Minerais



# RESUMO

---

A exposição de rochas do embasamento Arqueano/Paleoproterozoico na porção central do Estado Ceará é conhecida na literatura técnico-científica como Maciço de Troia (ou Complexo Cruzeta) e representa um dos mais importantes domínios metalogenéticos da Província Borborema, nordeste do Brasil. Estas rochas do embasamento hospedam diversos depósitos e ocorrências minerais, com destaque para ouro, grafite, manganês, ferro, cromo e elementos do grupo da platina (EGP).

Este Informe de Recursos Minerais constitui uma contribuição do Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) ao setor mineral do estado do Ceará, onde é apresentada uma breve descrição dos principais recursos minerais do Maciço de Troia, incluindo informações recentes da literatura e nossos novos dados.

Discute-se aqui o controle litológico, estrutural e mineralógico da mineralização aurífera associada à sequência tipo-*greenstone belt* de idade paleoproterozoica, o controle estrutural das mineralizações de ferro da região de Tauá-Mombaça, o controle litoestratigráfico para os depósitos de grafite e manganês da região de Itapiúna-Canindé e os principais aspectos da mineralização de EGP no complexo máfico-ultramáfico de Troia-Pedra Branca.

Também é apresentada uma nova interpretação sobre dados aerogeofísico regional e informação geoquímica de sedimentos de corrente. Os dados apresentados permitem uma leitura atualizada do quadro geológico-metalogenético do Maciço de Troia, com intuito de estimular investimentos do setor mineral nesta área.





# ABSTRACT

---

The exposed Archean/Paleoproterozoic basement rocks in the central portion of the Ceará State, known in the literature as the Troia Massif (or Cruzeta Complex), represents one of the most important metallogenic domains of the Borborema Province, northeastern Brazil. These basement rocks host several mineral deposits and occurrences, including gold, graphite, manganese, iron-ore, chrome and platinum group elements.

This report is a contribution of the Geological Survey of Brazil (SGB/CPRM) to the mineral sector of the Ceará State, where a brief description of the main mineral resources in the Troia Massif is presented, including recent literature information and our new data.

We discuss the lithological, structural and mineralogical controls of a greenstone-hosted gold deposit, the structural control on iron-ore mineralization of the Tauá-Mombaça region, the lithostratigraphic control for graphite and manganese deposits of the Itapiúna-Canindé region and the main aspects of the PGE mineralization in the Troia-Pedra Branca mafic-ultramafic complex.

We also provide a new interpretation on regional airborne geophysical data and stream sediment geochemical data. The results allow for an updated reading of the geological and metallogenic framework of the Troia Massif, aiming to stimulate investment in the mineral sector in this area.



# SUMÁRIO

---

1 – INTRODUÇÃO.....	15
2 – CONTEXTO GEOLÓGICO E ESTRATIGRAFIA REGIONAL.....	17
3 – RECURSOS MINERAIS.....	21
3.1 - INTRODUÇÃO.....	21
3.2 - OURO NAS SEQUÊNCIAS GRANITO- <i>GREENSTONE</i> DA REGIÃO DE TROIA.....	21
3.3 - ELEMENTOS DO GRUPO DA PLATINA NO COMPLEXO MÁFICO-ULTRAMÁFICO DE TROIA-PEDRA BRANCA.....	22
3.4 - MINERALIZAÇÕES DE FERRO DA REGIÃO DE TAUÁ-MOMBAÇA E BOA VIAGEM.....	29
3.5 - MINERALIZAÇÕES DE MANGANÊS E GRAFITA DA REGIÃO DE ITAPIÚNA-CANINDÉ.....	29
3.5.1 - Grafita.....	29
3.5.2 - Manganês.....	31
4 – GEOQUÍMICA PROSPECTIVA.....	37
5 – CONCLUSÕES PRELIMINARES.....	37
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS.....	43



**METALOGENIA DAS PROVÍNCIAS  
MINERAIS DO BRASIL :  
ÁREA TROIA-PEDRA BRANCA**

---

**ESTADO DO CEARÁ**



# 1 – INTRODUÇÃO

Visando uma melhor avaliação do potencial mineral da região nordeste do Brasil são apresentados aqui alguns resultados da integração geológico-geofísica, prospecção geoquímica e recursos minerais do Projeto Troia-Pedra Branca (“Área Troia-Pedra Branca”), executado na porção noroeste da Província Borborema. A área do projeto compreende uma superfície de 27.000 km<sup>2</sup>, contida em nove folhas recentemente mapeadas pela CPRM-Serviço Geológico do Brasil, na região central do Estado do Ceará, na escala 1:100.000. O principal acesso à área se faz pela rodovia BR-020, a partir de Fortaleza (Fig. 1).

No contexto regional, a área do projeto engloba o núcleo Arqueano/Paleoproterozoico de Troia-Pedra Branca, conhecido na literatura técnico-científica como “Maciço de Troia” (Brito Neves, 1975), uma importante unidade geotectônica e metalogenética da porção norte da Província Borborema. Do ponto de vista geológico e metalogenético, a área é extremamente promissora, principalmente em função dos domínios litológicos presentes (ex: Núcleo Arqueano e *greenstone belts* paleoproterozoicos), refletindo na grande quantidade de requerimentos de pesquisa para substâncias como ouro, elementos do grupo da platina, níquel, cobre e ferro (Fig. 2).

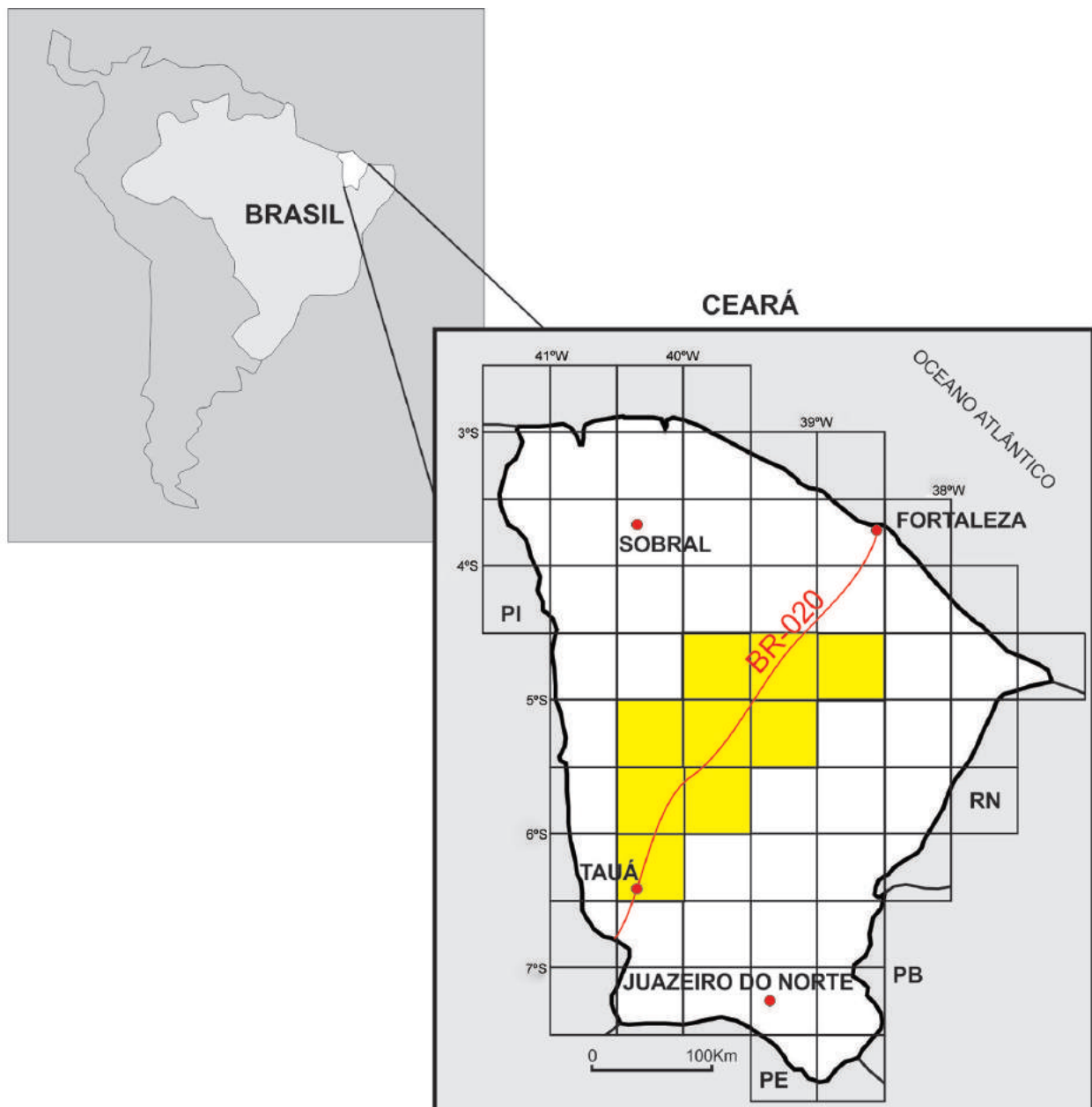


Figura 1: Localização da área do projeto no estado do Ceará.



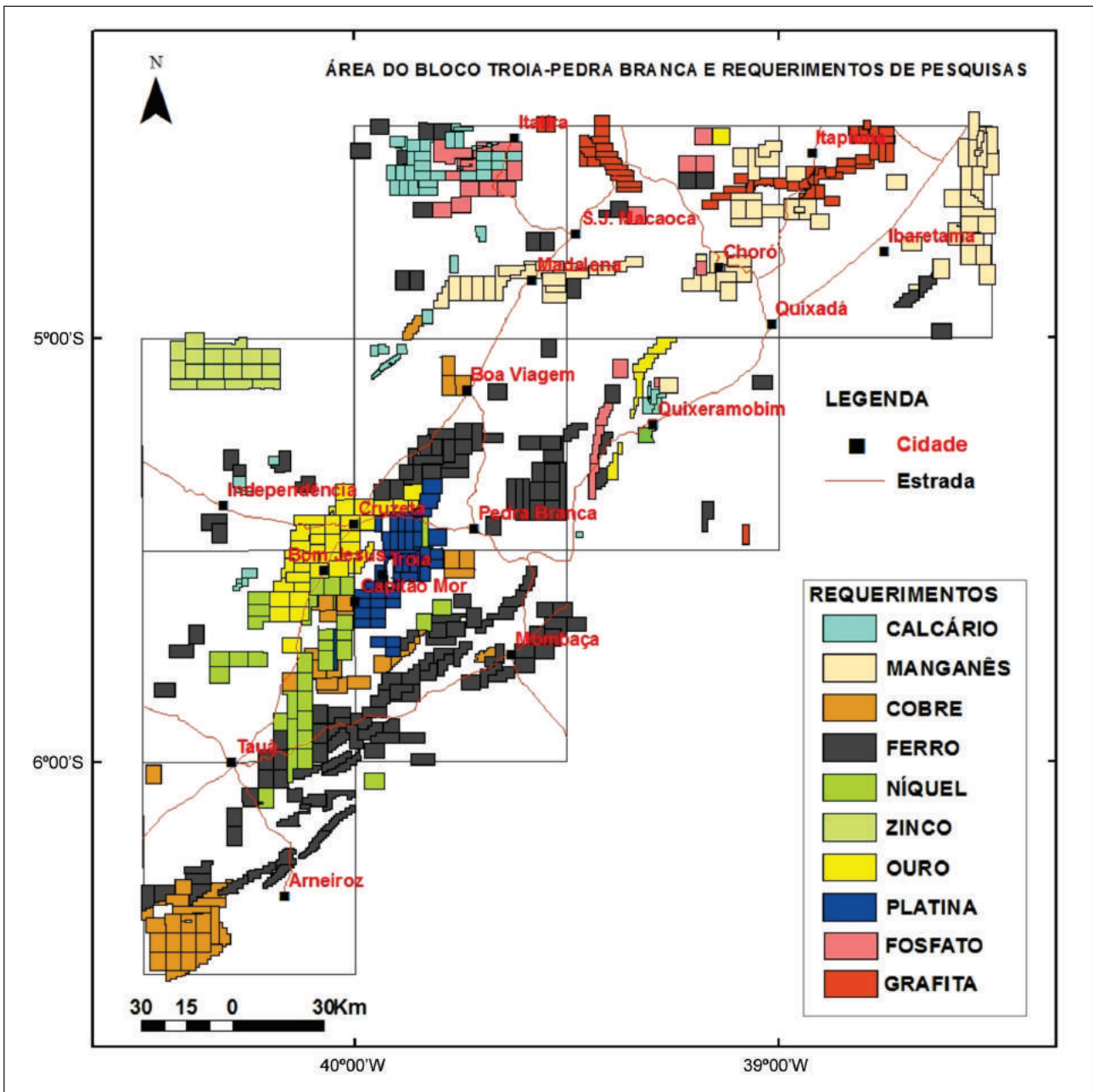


Figura 2: Área do Bloco Troia-Pedra Branca com os principais polígonos requeridos para pesquisa mineral. Destaque para o núcleo Arqueano/Paleoproterozoico (região central), com maior parte de requerimentos para minerais metálicos (fonte: [www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br), novembro/2014).

O controle metalogenético para estas mineralizações do Bloco Troia-Pedra Branca, se estabelece por questões litológicas, tectônicas e estruturais. Portanto, é fundamental que esta região esteja coberta por mapeamento geológico atualizado, em consonância com levantamento aerogeofísico de alta resolução.

O trabalho apresentado neste Informe Mineral consistiu na integração regional de dados litológicos, litoestruturais, geoquímicos, geofísicos e de ocorrências minerais, junto a novos dados de campo e laboratório, resultando em produtos cartográficos como:

mapa geológico em escala 1:500.000 (simplificado na Fig. 3), mapa de recursos minerais e associações tectônicas em escala 1:500.000 e diversos produtos de interpretação geofísica, geoquímica e estrutural. Destaque foi dado para as mineralizações de ouro, platinoides, ferro, grafita e manganês.

Os dados levantados aqui, ainda que preliminares, permitem estabelecer um quadro geológico-metalogenético atualizado para a área do Maciço de Troia, servindo de base para trabalhos futuros, com intuito de fomentar o investimento do setor mineral para esta região do semiárido brasileiro.

## **2 – CONTEXTO GEOLÓGICO E ESTRATIGRAFIA REGIONAL**

O embasamento Arqueano/Paleoproterozoico da porção central do Estado do Ceará foi inicialmente chamado de “Maciço Mediano de Troia” por Brito Neves (1975), mas também é conhecido na literatura como Complexo Cruzeta (Oliveira e Cavalcante, 1993), cujas exposições se limitam às regiões de Pedra Branca e Mombaça (Fig. 3). As análises por U-Pb (TIMS) em zircão obtidas por Fetter (1999) definiram idades de ~2,8 e 2,7 Ga para algumas rochas deste domínio. Seu limite sudeste é definido por contato tectônico pela zona de cisalhamento de Senador Pompeu (Fig. 3), enquanto que os limites norte e oeste são menos distintos. Recentemente estes limites foram inferidos com base em dados geocronológicos e geofísicos (Pinéo e Costa, 2013). O Complexo Cruzeta é constituído principalmente por ortognaisses e migmatitos (tipo TTG), exibindo complexa estruturação e bandamentos diversos. Domínios de metatonalitos são predominantes, alternando-se com metagranodioritos, anfíbolitos e granitos intrusivos. A idade U-Pb (SHRIMP) de 3,27 Ga foi determinada por Silva *et al.* (2002) em um metatonalito e é a idade U-Pb mais antiga obtida para o Maciço de Troia. De acordo com Silva *et al.* (2002), esta é a idade de cristalização para o metatonalito. No entanto, Arthaud *et al.* (2008) sugeriram que os zircões são discordantes, e podem ser interpretados como herdados. Recentemente, idades U-Pb (SHRIMP) em zircão de ~2,15 e 2,13 Ga foram obtidas para metatonalitos da mesma região (Silva *et al.*, 2014). Segundo esses autores, grande parte dos ortognaisses tonalíticos e granodioríticos ao redor da cidade de Boa Viagem (Complexo Boa Viagem) é de idade Riachiana, e podem representar plutonismo de arco continental na porção norte do Complexo Cruzeta (Fig. 3). Mais ao norte, o Complexo São José de Macaoca (Fig. 3), definido por Torres *et al.* (2007), também representa uma grande parcela de ortognaisses tonalíticos e granodioríticos com idades semelhantes de ~ 2,15-2,13 Ga (U-Pb em zircão por TIMS) (Fetter, 1999; Castro, 2004).

Nas bordas do Complexo Cruzeta são reconhecidas sequências metavulcanossedimentares (tipo *greenstone belt*), denominadas de sequência Algodões, ao norte (Martins, 2000; Martins *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2015), e de Troia (Serra das Pipocas), ao sul (Pessoa *et al.*, 1986; Fetter, 1999; Cavalcante *et al.*, 2003; Costa *et al.*, 2014a) (Fig. 3).

A Sequência Algodões foi originalmente definida na região de Algodões e Choró (Arthaud e Landim, 1995; Martins, 2000) e posteriormente estendida para oeste, na região de Madalena (Castro, 2004) (Fig. 3). Esta sequência compreende rochas metavulcanossedimentares, representadas por anfíbolitos derivados de basaltos, paragnaisses de granulação fina, metagrauvacas, metarcóseos, metapelitos, quartzitos, metandesitos, meta-conglomerados e rochas cálcio-silicáticas (Martins, 2000; Martins *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2015). Os anfíbolitos (metabasaltos) da Sequência Algodões foram datados em ca. 2236 Ma (Martins *et al.*, 2009) e apresentam características geoquímicas semelhantes às de rochas de platôs oceânicos e/ou basaltos de retro-arco (Martins *et al.*, 2009; Verma e Oliveira, 2014). A Sequência Algodões registra condição metamórfica de fácies xisto-verde superior a anfíbolito (Martins, 2000; Arthaud *et al.*, 2008). Estruturalmente, esta sequência mostra *trends* regionais NE-SW, com foliações mergulhando para SE (Costa *et al.*, 2015). Este padrão estrutural é provavelmente relacionado a evento ocorrido no Neoproterozoico (~ 650 e 600 Ma), durante o ciclo orogênico Brasileiro. No entanto, uma idade U-Pb (LA-ICPMS) zircão de 2046 ± 12 Ma foi obtida recentemente por Gomes (2013) para o leucossoma de ortognaisses-migmatíticos (Complexo São José da Macaoca), registrando que o metamorfismo Paleoproterozoico foi localmente preservado.

As sequências metavulcanossedimentares da região central de Troia (Serra das Pipocas, Fig. 3) são compostas por metabasaltos (anfíbolitos), localmente com alto-Mg (10-18 % MgO), rochas metavulcânicas félsicas e intermediárias, rochas metasedimentares, metacherts, formações ferríferas e serpentinitos (Pessoa e Archanjo, 1984; Pessoa *et al.*, 1986; Cavalcante *et al.*, 2003). Localmente ocorrem nesta sequência intrusões de leucogranito (ex: Suíte Cedro), tonalitos e de corpos máfico-ultramáficos (Pessoa e Archanjo, 1984; Pessoa *et al.*, 1986; Cavalcante *et al.*, 2003). Dados U-Pb em zircão detrítico de metagrauvaca desta sequência revelam uma população com idades por volta de 2200 Ma e idades mais antigas, de 3074 Ma, 3096 Ma, 2600 e 2500 Ma, o que indica uma mistura de áreas fontes arqueanas e paleoproterozoicas e uma idade máxima de deposição em ca. 2,2 Ga (Costa *et al.*, 2014a). A presença de zircão detrítico de idade arqueana sugere uma evolu-

ção ensiálica (retro-arco?) para estas sequências da região central de Troia (Costa *et al.*, 2014a). As rochas máficas-ultramáficas desta região, provavelmente associadas à base destas sequências tipo- *greenstone*, são geralmente interpretadas como corpos metaplutônicos acamadados, contendo mineralizações de platinoides associados a níveis de cromititos (ex: Angeli *et al.*, 2009; Barrueto e Hunt, 2010). Uma isócrona Sm-Nd de ~2060 Ma, obtida para estas rochas máficas-ultramáficas, indica idade paleoproterozoica para este magmatismo (Liégeois, não publicado, citado por Fetter, 1999). Recentemente, uma idade U-Pb (SHRIMP) de  $2036 \pm 28$  Ma foi obtida em cristais de zircão extraídos de uma amostra de cromitito e interpretada como idade de cristalização da rocha (Costa *et al.*, 2014b).

O plutonismo paleoproterozoico presente no Maciço de Troia é representado principalmente por metatrandhjemitos (tipo Cipó) restritos às sequências do tipo *greenstone belts* (Fig. 3), com idades em torno de 2190-2160 Ma (Martins

*et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2015), e metatonalitos dos complexos Boa Viagem e São José de Macaoca com idades em torno de 2150-2120 Ma (Fetter, 1999; Castro, 2004; Silva *et al.*, 2014). O Complexo Boa Viagem compreende um domínio gnáissico-migmatítico, na margem norte do núcleo arqueano (2,7-2,8 Ga), e para esta granitogênese paleoproterozoica (2150-2130 Ma) sugere-se um ambiente de arco continental em margem acrescionária (Silva *et al.*, 2014). Granitoides potássicos e granitos peraluminosos diversos, com idade em torno de 2080 Ma, são intrusivos nos granitoides pré-colisionais de 2150-2130 Ma, e provavelmente representam magmatismo sin- a pós-colisional do Paleoproterozoico (Fig. 3).

Envelopando o Maciço de Troia, rochas metassedimentares do Complexo Canindé do Ceará (Paleoproterozoico?) e do Complexo Ceará (Neoproterozoico) são as mais expressivas em área, assim como grandes batólitos sin- a tardi-transcorrentes de idade neoproterozoica (ca. 580-560 Ma) (Fig.3).

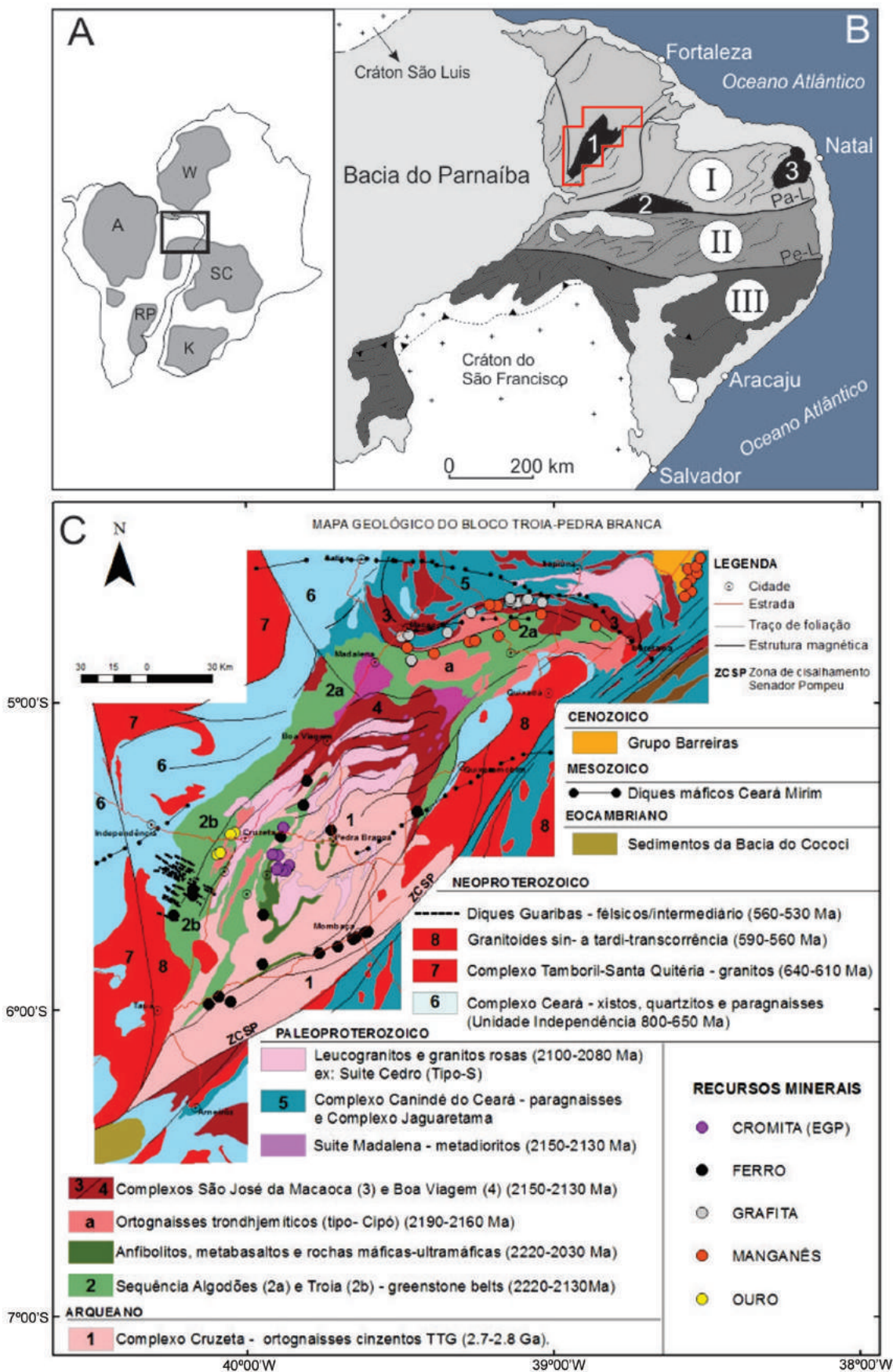


Figura 3: (A) Localização da Província Borborema na configuração do supercontinente Gondwana Oeste; (B) Província Borborema (I) - Domínio Norte, (II) - Domínio Central e (III) - Domínio Meridional. Domínio Norte com a localização dos núcleos arqueanos (1) - Maciço de Troia, (2) - Complexo Granjeiro e (3) - Maciço São José do Campestre; (C) Mapa geológico simplificado da área (Bloco Troia-Pedra Branca) com localização dos principais recursos minerais presentes na região.



## 3 – RECURSOS MINERAIS

### 3.1 INTRODUÇÃO

O Estado do Ceará, embora não seja historicamente um grande polo produtor mineral, nos últimos anos tem atraído atenção de empresas ligadas à mineração devido ao aumento recente no conhecimento do seu contexto geológico e à implantação do porto de Pecém, além da demanda e preços crescentes de algumas *commodities*.

Um panorama geral sobre a potencialidade mineral no núcleo Arqueano/Paleoproterozoico do Bloco Troia-Pedra Branca pode ser visualizado nas áreas requeridas junto ao DNPM, mostrado na Figura 2. Dentre estes requerimentos, destacam-se as pesquisas de platinoides, níquel, cobre, ouro e ferro, as quais, na maioria, são projetos executados por empresas subsidiárias de multinacionais. Pesquisas isoladas voltadas para grafita e minério de manganês também ocorrem com destaque, principalmente na área norte do projeto, próximo das cidades de Itapiúna e Quixadá (Fig. 2 e 3).

Com base nos dados de relatórios de pesquisa e em relatórios anuais presentes em *websites*, as pesquisas de platinoides e ouro são as de maior destaque na região, pelo aporte financeiro despendido e resultados já alcançados. Pelo menos um depósito de cada substância já foi bloqueado, embora dados econômicos não tenham sido divulgados. Pode-se afirmar que em ambos os casos são esperados resultados que venham a testar a possível viabilidade econômica de futuros projetos de lavra, dependendo do avanço no conhecimento e da tendência de mercado favorável.

### 3.2 OURO NAS SEQUÊNCIAS GRANITO-GREENSTONE DA REGIÃO DE TROIA

A Figura 3 resume simplificada as principais unidades litológicas do Bloco Troia-Pedra Branca, incluindo sequências metavulcanossedimentares mapeadas como Unidade Troia ao sul e Algodões ao norte. Estas unidades representam sequências tipo *greenstone belt* de idade paleoproterozoica (entre 2,2-2,1 Ga) (Martins *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2015). Esta definição torna esta sequência extremamente favorável do ponto de vista metalogenético, principalmente para mineralizações de ouro orogênico (*greenstone-hosted gold deposits*), similarmente a outros *greenstone belts* paleoproterozoicos do Cráton do São Francisco (*Greenstone belt* do Rio Itapicuru; ex: Mello *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2001), Cráton São Luís e Cinturão Gurupi (Klein *et al.*, 2005; 2008), Escudo das Guianas (ex: Voicu *et al.*, 2001; Ian McReath & Faraco, 2006; Daoust *et al.*, 2011; Klein e Rosa-

-Costa, 2003) e Cráton Oeste-Africano (Birrimiano; ex: Béziat *et al.*, 2008; Hammond *et al.*, 2011).

A exploração para minério de ouro na região do núcleo Arqueano/Paleoproterozoico de Troia-Pedra Branca é relativamente recente. Foi iniciado em 2007 com os trabalhos de prospecção realizados pela parceria das empresas Jaguar Mining Inc. e Xstrata. Em março de 2012, a Jaguar adquiriu a participação da Xstrata e, atualmente, detém 100% do projeto ([www.jaguarmining.com](http://www.jaguarmining.com)). As mineralizações de ouro ocorrem associadas a zonas de cisalhamento regionais de direção NE-SW, que cortam as sequências de rochas metavulcanossedimentares metamorfozadas em fácies anfíbolito. A mineralização ocorre em veios de quartzo, associados a zonas de alteração hidrotermal com silicificação, hospedados em rochas metavulcanossedimentares, medindo centenas de metros ao longo da direção NE-SW, com 1 a 5 metros de espessura, contendo teor de 1 g/t até 3 g/t ouro (depósito de Pedra Branca - [www.jaguarmining.com](http://www.jaguarmining.com)). A mineralização de ouro revelada no depósito de Pedra Branca, da empresa Jaguar Mining Inc., está localizada a oeste do distrito de Santa Cruz do Banabuiú, na região da Serra das Pipocas, e se constitui de quatro principais alvos de sondagem; (1)-Mirador, (2)-Coelho Central, (3)-Queimadas e (4)-Igrejinha (Fig. 4). Para três destes alvos (Mirador, Coelho Central e Queimadas) a CPRM teve acesso aos testemunhos de sondagem.

Na descrição preliminar dos furos, para o Alvo Mirador, o minério encontra-se associado a veios de quartzo hospedado em metatonalitos (Fig. 5A), geralmente com zonas de alteração por silicificação, e baixa sulfetação associada. Para este metatonalito, uma idade U-Pb (SHRIMP) em zircão de  $2192 \pm 11$  Ma foi recentemente obtida (CPRM, inédito). Portanto, no caso do Alvo Mirador, esta idade, representa a idade máxima para mineralização de ouro. Para os alvos Coelho Central e Queimadas, a mineralização encontra-se hospedada entre rochas metavulcânicas máficas (anfíbolitos), intermediárias (metandesitos) e rochas metassedimentares. As zonas mineralizadas (de 2 a 5 metros) apresentam poucos veios de quartzo, os sulfetos (pirrotita) ocorrem disseminados nos planos da foliação e localmente mobilizados ao longo de pequenas falhas (rúptil-dúctil) e fraturas (Fig. 5B). A alteração hidrotermal normalmente apresenta-se na forma de pequenas manchas ou bolsões, contendo pirrotita e ouro associados a quartzo, tremolita, titanita, biotita e epidoto (Fig. 5C). Em imagem de microscópio eletrônico de varredura (MEV), nota-se localmente, titanita intercrescida com pirrotita (Fig. 5D). A partir das análises semi-quantitativas por MEV (EDS), nota-se a presença de inclusões metálicas com variáveis proporções de ouro (Au), prata (Ag) e telúrio

(Te), inclusos na titanita, provavelmente na forma de teluretos (Fig. 5E).

Na escala regional, nota-se que a mineralização do depósito Pedra Branca encontra-se no contato entre a unidade basal da sequência (com predomínio de metagrabros, metatonalitos e anfibolitos) e a unidade superior (com predomínio de rochas metassedimentares) (Fig. 4). No entanto, a sequência apresenta-se invertida por tectônica, com mergulhos da foliação principal em torno de 30-50° para SE (Fig. 4). As rochas metassedimentares desta unidade superior são representadas principalmente por xistos e paragneisses, com a presença de cianita, granada, moscovita, biotita e grafita. A presença de grafita nestas rochas torna esta sequência tipo-greenstone bastante favorável para mineralização de ouro (alta reatividade e redução de fluidos), sendo que, na literatura internacional, uma conexão genética entre ouro e grafita é geralmente inferida para alguns depósitos de ouro do tipo orogênico (ex: Cox *et al.*, 1995; Bierlein *et al.*, 2001; Henne e Craw, 2012).

A partir da integração geológico-geofísica realizada pela CPRM (projeto Troia-Pedra Branca), algumas considerações preliminares podem ser levantadas acerca destas mineralizações de ouro, principalmente sobre seu controle estrutural. Um quadro estrutural simplificado para área pode ser visualizado regionalmente, baseado no modelo de Riedel, em um sistema de binário dextral de cisalhamento (Fig. 6). O desenvolvimento de grandes zonas de cisalhamento de direção NE-SW (~N45E) e cinemática dextral está intimamente associado à tectônica transcorrente desenvolvida entre ca. 580 e 530 Ma, durante o Evento Pan-Africano/Brasiliano (ex: Vauchez *et al.*, 1995; Neves *et al.*, 1996; Monié *et al.*, 1997). Para compor este arranjo estrutural regional, podem-se citar, estruturas de primeira ordem como as zonas de cisalhamento Sobral-Pedro-II (Lineamento Transbrasiliano), Paramoti e Senador Pompeu (Fig. 6). Estas estruturas NE, de movimento dextral, condicionam grande parte da deformação do Maciço de Troia, que, por sua vez, configura uma grande dobra de arrasto ao longo da zona de cisalhamento Senador Pompeu (Fig. 6). A presença de uma foliação Sn+1, paralela às zonas de cisalhamento NE, é bem marcada na área, e notavelmente, representam estruturas plano-axiais às principais feições de dobras locais e regionais. Portanto, sugere-se preliminarmente, que o ouro foi precipitado (e/ou deformado) ao longo desta direção NE, nas zonas de cisalhamento. Esta mineralização é representada por sulfetos (e ouro) observados ao longo dos planos da foliação Sn+1. No entanto, no desenvolvimento progressivo da deformação, estruturas rúptil-dúcteis subsidiárias foram formadas, podendo também estar associadas parte da mineralização. Estas estruturas secundárias de direção NW-SE e movimentação sinistral são representadas, principalmente, pelas zonas de cisalhamento Tauá e Rio Groaíras (Fig. 6). Estas estruturas provavelmente apresentam um pa-

pel importante na mineralização de ouro da área, por se tratarem de estruturas de evolução tardia, desenvolvidas em regime rúptil-dúctil e associadas a intenso magmatismo (alcalino/shoshonítico) gerado entre 580 e 530 Ma (Fig.6).

Na análise preliminar dos dados geoquímicos de sedimento de corrente, aliado ao arcabouço estrutural da área, notou-se valores anômalos de ouro (análises em ppb) em rochas neoproterozoicas do Complexo Ceará. Estes altos valores da geoquímica tendem a delinear uma direção NW-SE, compatível com a direção das zonas de cisalhamento Tauá e Rio Groaíras (Fig. 7). Adicionalmente, este *trend* NW-SE das anomalias geoquímicas, é deslocado por um falhamento dextral de direção aproximadamente E-W (Fig. 7). Todo este conjunto de falhas se enquadra muito bem no sistema de Riedel, com o tensor  $\sigma_1$  orientado segundo a direção dos diques Guaribas, de ~580 Ma, alojados ao longo de estruturas extensionais (Fig. 7). Tendo em vista este quadro geoquímico-tectono-estrutural da área, é bastante sugestivo que exista também uma mineralização de ouro (epigenética) nas rochas neoproterozoicas do Complexo Ceará, similarmente a outros depósitos neoproterozóicos (ca. 580-530 Ma) encontrados em rochas metassedimentares dos grupos Seridó e Cachoeirinha, nos estados do Rio Grande do Norte e Pernambuco, respectivamente (ex: Coutinho, 1994; Legrand *et al.*, 1996; Beurlen *et al.*, 1997; Luiz-Silva, 2000; Araújo *et al.*, 2002; 2005).

No entanto, as mineralizações de ouro do depósito Pedra Branca, encontram-se hospedadas em sequência tipo-greenstone belt de idade paleoproterozoica, que são terrenos conhecidos por conter mineralização de ouro orogênico datados em ca. 2,1-2,0 Ga (Ciclo Birrimiano/Transamazônico) (ex: Mello *et al.*, 2006; Voicu *et al.*, 2001; McReath & Faraco, 2006; Hammond *et al.*, 2011). Sendo assim, estudos mais detalhados são necessários para discussão da gênese e idade desta mineralização de ouro na região de Troia, visando gerar modelos metalogenéticos mais robustos, para futuramente auxiliar nos modelos de prospecção.

### 3.3. ELEMENTOS DO GRUPO DA PLATINA NO COMPLEXO MÁFICO-ULTRAMÁFICO DE TROIA-PEDRA BRANCA

Ocorrências de cromititos do complexo máfico-ultramáfico de Troia-Pedra Branca são conhecidas por mais de 30 anos (Gomes *et al.*, 1984; Simões, 1993), no entanto, nos últimos anos, vem ganhando maior importância devido à presença de Elementos do Grupo da Platina (EGP) na cromita (ex: Angeli *et al.*, 1993; Angeli, 2005; Angeli *et al.*, 2009; Barrueto & Hunt, 2010). Localmente, horizontes de cromititos, com 3 a 30m de espessura, contêm até 8 ppm de platina e 21 ppm de paládio (Barrueto & Hunt, 2010). Atualmente, a prospecção mineral é feita pela empresa Pedra Branca do Brasil Mineração S.A. (PBM),

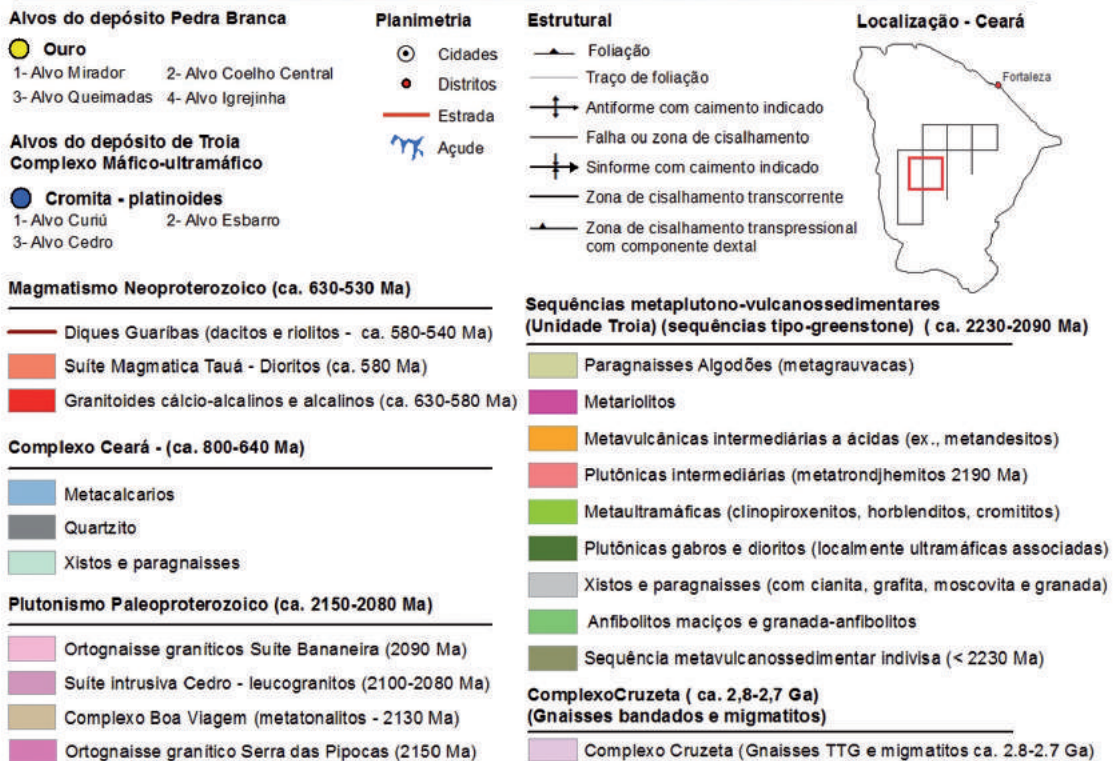
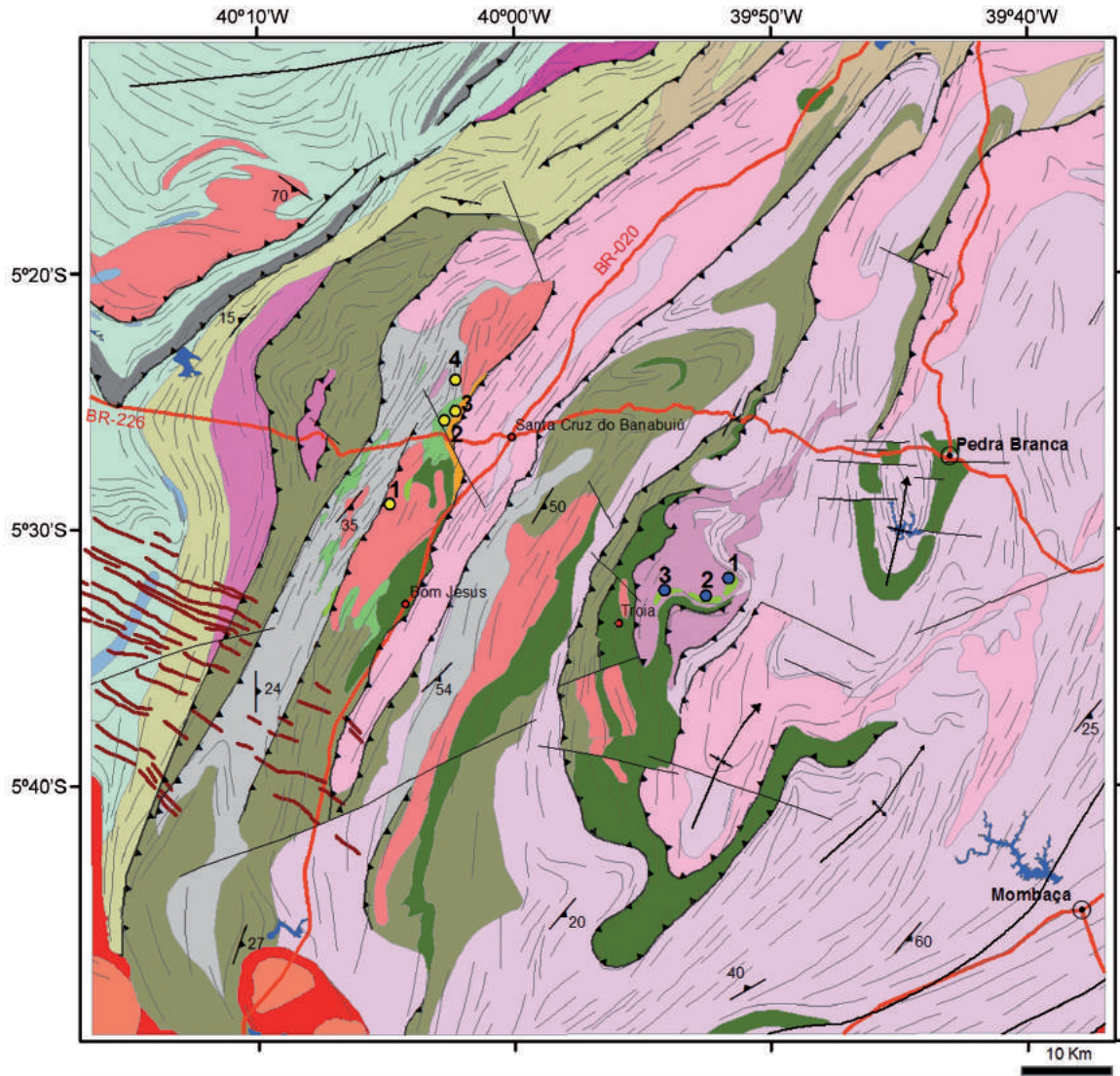


Figura 4: Mapa geológico da área que abrange as mineralizações de ouro e platinoídes da região de Troia.



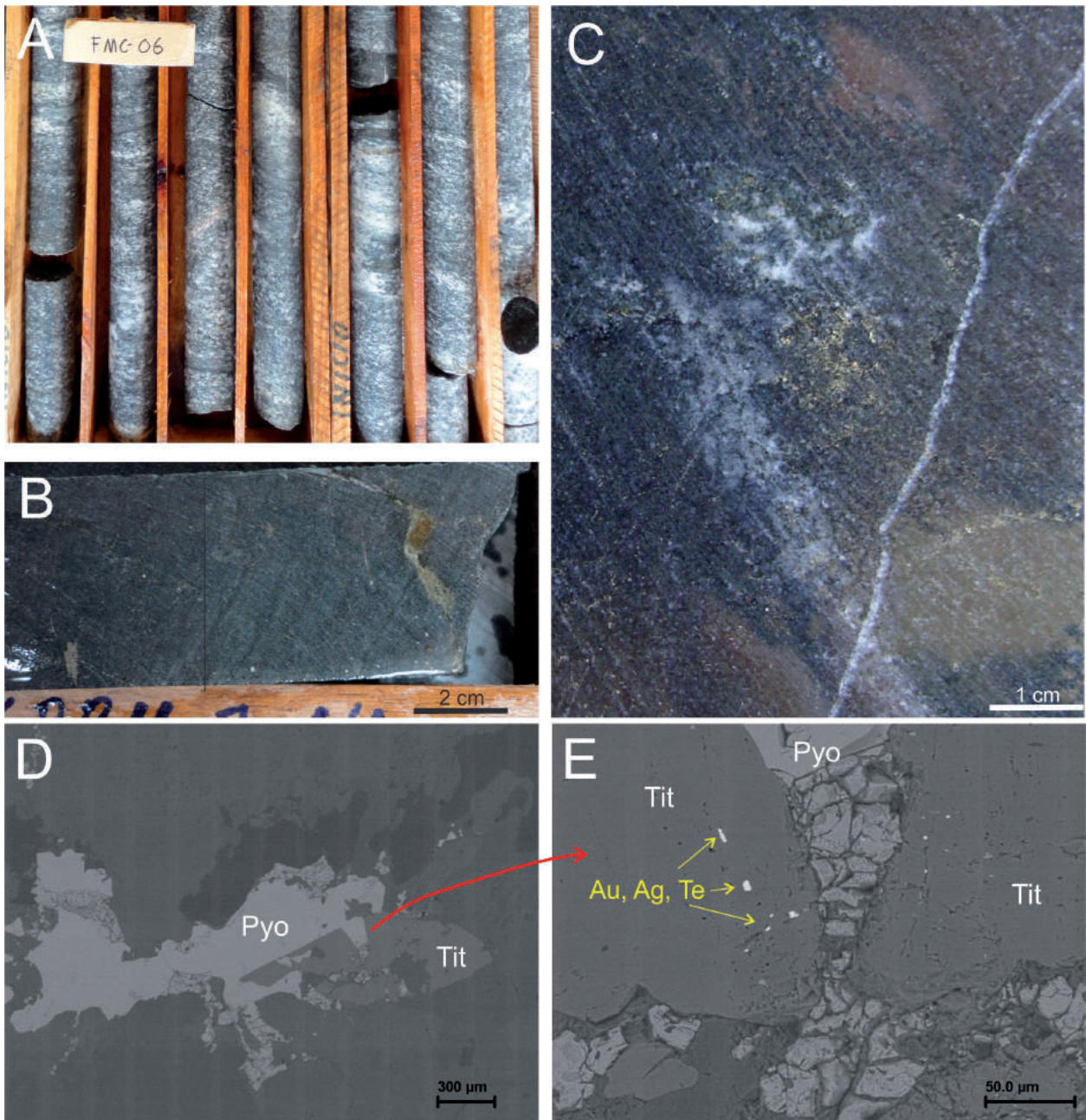


Figura 5: (A) Testemunho de sondagem do Alvo Mirador, destacando o aspecto do biotita-metatonalito deformado que hospeda a mineralização de ouro; (B) Rocha metavulcânica máfica/intermediária (basalto andesítico) (Alvo Queimadas) com pirrotita disseminada e ao longo de fraturas; (C) Rocha metavulcânica (metandesito) com alteração hidrotermal na forma de manchas contendo quartzo, tremolita, biotita e pirrotita, cortada por vênula tardia de carbonato; (D) Imagem de elétrons retroespalhados mostrando titanita (Tit) intercrescida com pirrotita (Pyo) associada com a paragênese hidrotermal; (E) Detalhe da foto anterior mostrando inclusões metálicas contendo variadas proporções de ouro (Au), prata (Ag) e telúrio (Te), conforme revelado por análises no MEV (Au, Ag e Te provavelmente na forma de teluretos).

formada pela parceria entre as empresas Anglo Platinum (51%) e Solitario (49%). O ano de 2012 marcou o décimo ano consecutivo em que a Anglo Platinum vem financiando a pesquisa de platinoides na área, e atualmente detém a gestão de todas as atividades do Projeto Pedra Branca Platinum/Palladium (Solitario Annual Report, 2013). O plano da PBM é continuar com levantamento aerogeofísico regional para identificar novos corpos (magnéticos) de rocha ultramáfica que contêm as mineralizações de platina e paládio, e realizar mais furos de sondagem. Alguns corpos magnéticos já foram identificados, nos quais

a Anglo Platinum esta planejando investigar com sondagens (de 7000 a 8000 metros) (Solitario Annual Report, 2013).

Os principais prospectos trabalhados para cromita/platinoides na região de Troia-Pedra Branca correspondem aos alvos (1) Curiú, (2) Esbarro e (3) Cedro (Fig. 3) (Gomes *et al.*, 1984; Solitario Annual Report, 2009). Os cromititos ocorrem hospedados em lentes de dunito-peridotito. Aquelas de maior potencial apresentam dimensões de aproximadamente 30 metros de comprimento, por 1,5 metro de largura e 1 metro de espessura (ex: Angeli, 2005; Bar-

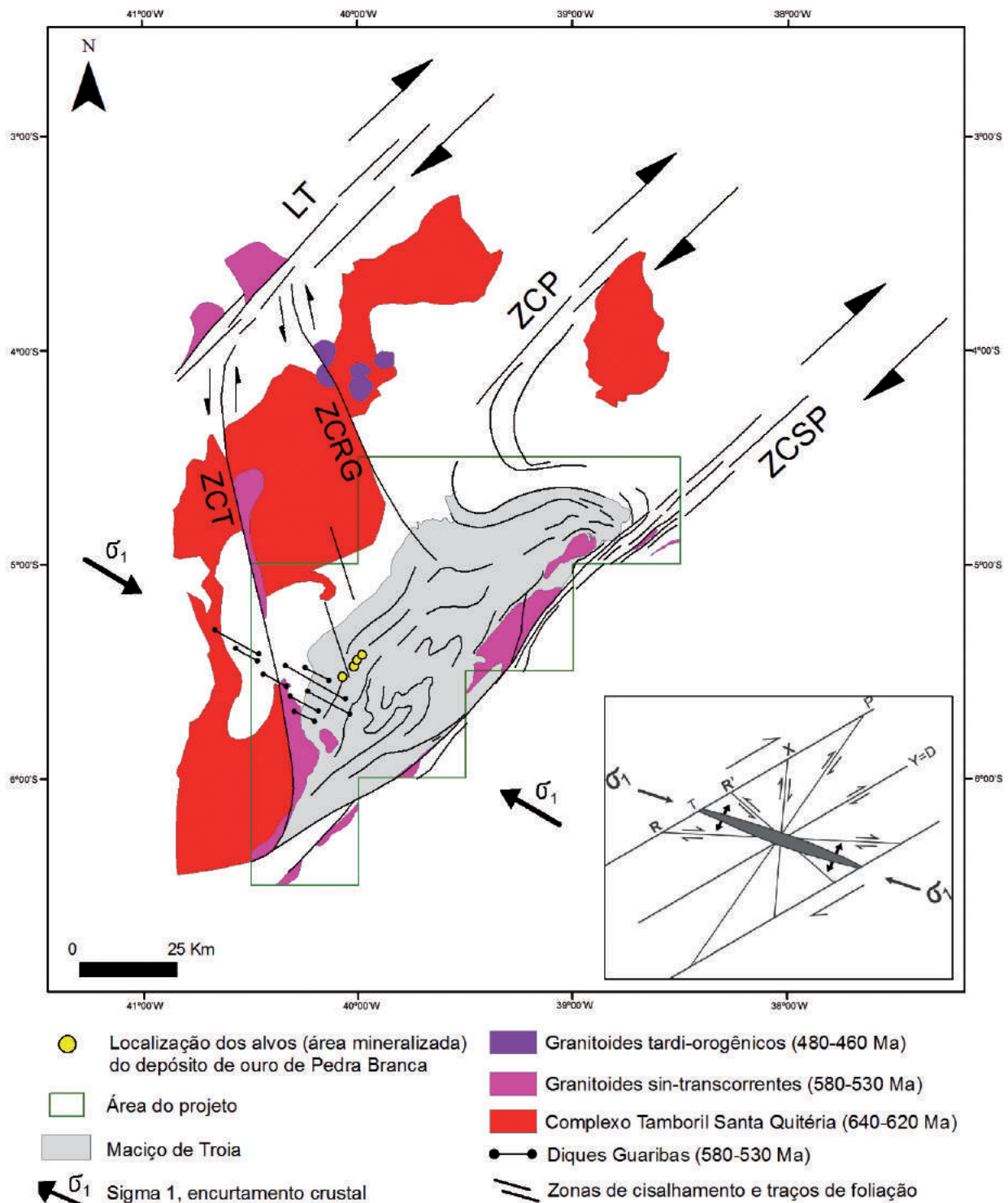


Figura 6: Arcabouço estrutural simplificado mostrando as principais zonas de cisalhamento e magmatismo associado. (LT= Lineamento Transbrasiliano (zona de cisalhamento Sobral-Pedro-II); ZCP= zona de cisalhamento Paramoti; ZCRG= zona de cisalhamento Rio Groaíras; ZCT= zona de cisalhamento Tauú, ZCSP= zona de cisalhamento Senador Pompeu).

rueto and Hunt, 2010). Estas lentes de cromitito podem ser traçadas por 1,2 km na direção E-NE, tendo, em média, 55 a 65% de cromita, em textura cumulática (ex: Angeli, 2005; Barrueto and Hunt, 2010). A cromita ocorre como grãos octaédricos euédricos, com 0,3 mm a 1 mm de comprimento, numa matriz secundária foliada composta por clorita ou tremolita de granulação fina. Alguns grãos de cromita são muito irregulares, possivelmente devido a alteração hidrotermal durante o metamorfismo de baixo grau

(ex: Simões, 1993; Angeli, 2005; Barrueto and Hunt, 2010). Cristais reliquiais de olivina e ortopiroxênio são ocasionalmente observados (ex: Barrueto and Hunt, 2010). Kammeririta (clorita cromífera) foi encontrada nas margens de cristais alterados e na matriz silicática (Fleet *et al.*, 1993).

Estudos de microsonda em amostras de cromitita sugerem que ela é quimicamente similar à cromitita de depósitos estratiformes (Simões, 1993;

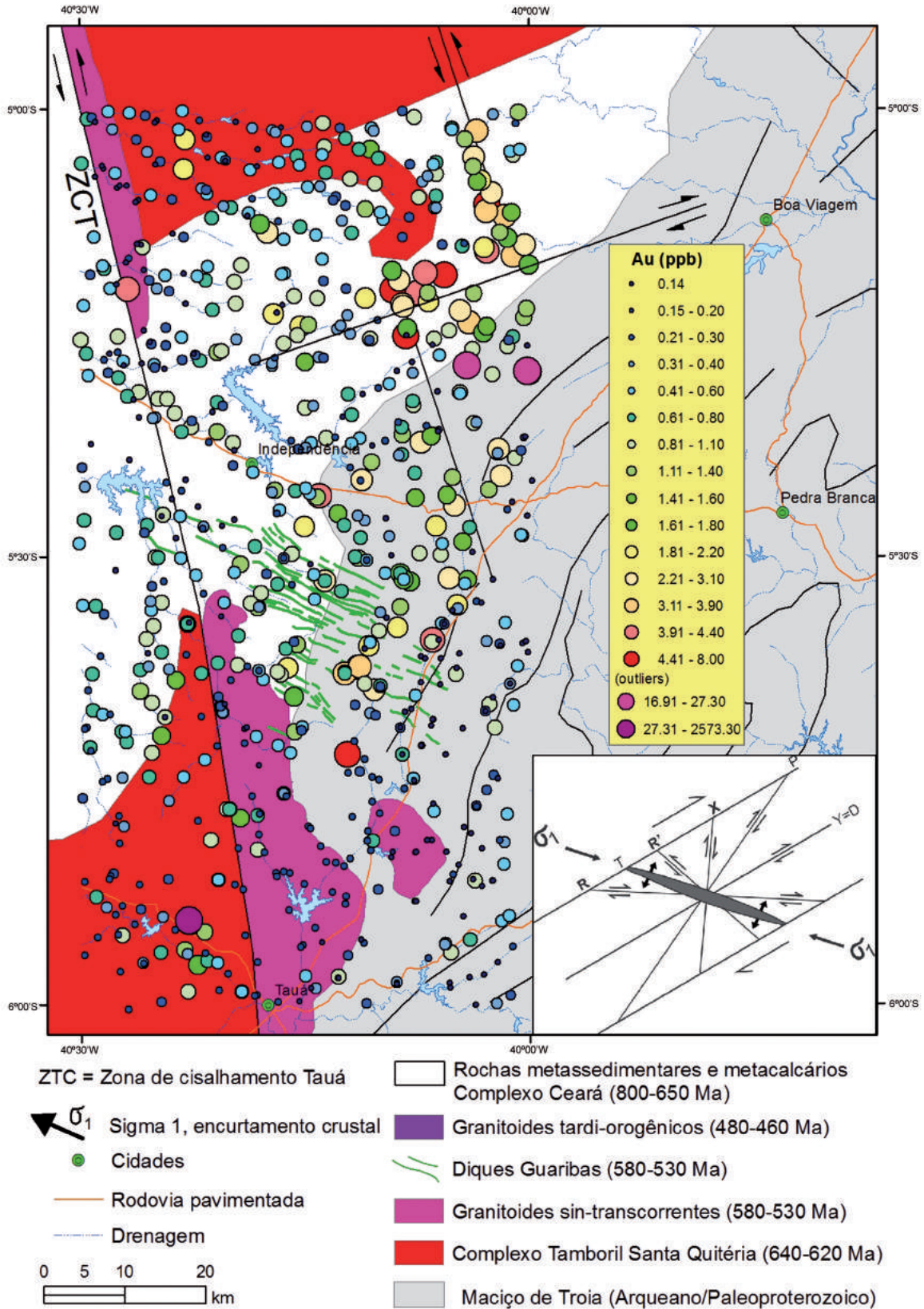


Figura 7: Feições estruturais da área junto à geoquímica de sedimento de corrente, sugerindo um controle estrutural para as mineralizações de ouro (estruturas de direção NW-SE).

Angeli *et al.*, 2009). No entanto, de acordo com Barreto e Hunt (2010), as variações das concentrações de Ti, Al e Cr sugerem diversos ambientes tectônicos de formação. Os conteúdos de Mg, Al e Cr das bordas dos grãos de cromita são inferiores em relação aos núcleos, o que sugere alteração por processos pós-

-magmáticos/metamórficos (Simões, 1993; Angeli *et al.*, 2009). Diagramas de Cr-Fe<sup>3+</sup>-Al indicam que os cristais têm núcleos compostos por cromita aluminosa (composição química original) e bordas de cromita ferrífera (alteração associada ao metamorfismo) (Angeli *et al.*, 2009).

Nas ocorrências de campo, os cromititos afloram na forma de blocos dispersos, de 10 a 60 cm de comprimento, e bem preservados do intemperismo. Estruturas bandadas são observadas, e localmente, camadas ricas em silicatos (tremolita/actinolita) de cerca de 3,0 cm de largura alternam com camadas ricas em cromita (Fig. 8A). Em fotomicrografia tomada em luz refletida, notam-se inclusões de sulfetos

presentes na cromita. No geral, os sulfetos são representados por calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) e pentlandita [ $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_2$ ] (Fig. 8B, C e D). Inclusões silicáticas (clorita e anfibólio) são também encontradas na cromita. Análises por EDS, em microscópio eletrônico de varredura, confirmam a presença de calcopirita, bornita e pentlandita como principais fases de sulfetos incluídos na cromita (Fig. 8E).

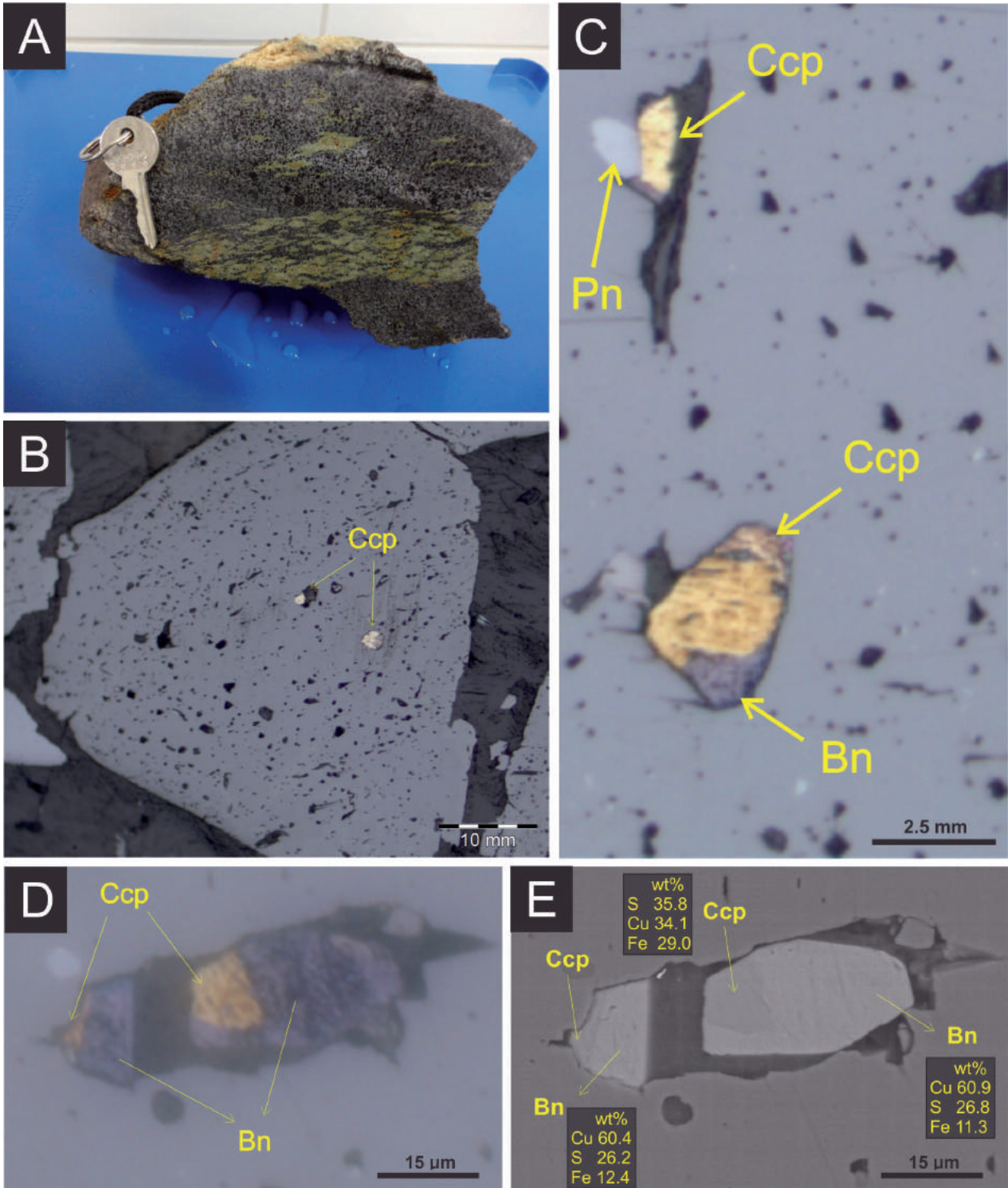


Figura 8: (A) Amostra de cromitito com nível silicático (anfíbólios) intercalado; (B) Detalhe de secção polida em microscópio petrográfico (luz refletida), mostrando inclusões de calcopirita (Ccp) em cromita; (C) Detalhe de sulfetos incluídos em cromita (Bn= bornita; Pn= pentlandita; Ccp= calcopirita); (D) Detalhe em microscópio petrográfico de inclusão composta por bornita e calcopirita e (E) Detalhe em microscópio eletrônico de varredura (MEV) da mesma inclusão (foto anterior), com porcentagens atômica (wt.%) dos principais elementos identificados em análise por EDS.

A partir de imagens e análise EDS por microscópio eletrônico de varredura (MEV) da CPRM em Belém-PA, foram identificados cristais de irarsita [(Ir, Pt, Rh)AsS] e cooperita (PtS) (Fig. 9B e C), que até o momento não haviam sido descritas para estes cromititos da região de Troia-Pedra Branca. A irarsita ocorre como solução sólida com a hollingworthita, sendo que geralmente a hollingworthita ocorre mantendo um núcleo de irarsita (Fig. 9C), de modo similar às mineralizações descritas no complexo ofiolítico de Shetland, Escócia (Tarkian e Prichard, 1987). Localmente, cristais de galena (PbS) também foram encontrados (Fig. 9 D).

Os minerais metálicos contendo platinoides, geralmente ocorrem na matriz dos cromititos e no contato com os cristais de cromita (Fig. 9A, B e C), enquanto os sulfetos (ex: calcopirita, bornita e pentlandita) encontram-se inclusos na cromita. Segundo Angeli *et al.* (2009), a maior frequência de minerais de platinoides na matriz dos cromititos indica que estes se cristalizaram durante a alteração metamórfica/hidrotermal da rocha, quando o fluido extraiu Cr da cromita para formar a kammererita (Cr-clorita), e também elementos do grupo da platina, para formar os minerais de platinoides.

Para o Complexo máfico-ultramáfico de Troia uma idade U-Pb (SHRIMP) de  $2036 \pm 28$  Ma foi obtida a partir de zircões extraídos de uma amostra de cromitito (Costa *et al.*, 2014b). Portanto, esta unidade foi desmembrada do Complexo Cruzeta (Arqueano), no qual era anteriormente incluída. A idade de  $2036 \pm 28$  Ma para estas rochas máficas-ultramáficas, não apenas, auxilia na construção litoestratigráfica da área, mas também tem implicação metalogenética positiva. Esta idade de  $\sim 2,0$  Ga é similar a de muitos corpos mineralizados em cobre e cromo no orógeno paleoproterozoico Itabuna-Salvador-Curaça da Bahia (Cráton do São Francisco), por exemplo, as intrusões de Mirabela-Palestina e Medrado-Ipueira (Abram, 1993; Oliveira & Lafon, 1995; Oliveira *et al.*, 2004; Lazzarin, 2011). Adicionalmente, esta idade também é similar à idade de 2,05 Ga do complexo máfico-ultramáfico de Bushveld (África do Sul), famoso pelas suas mineralizações de cromo e platinoides (Scoates & Friedman, 2008).

No entanto, mesmo com a idade de  $2036 \pm 28$  Ma para a cristalização do cromitito, o posicionamento estratigráfico das rochas máficas-ultramáficas da região de Troia ainda não está bem estabelecido, sendo possível que haja uma reinci-

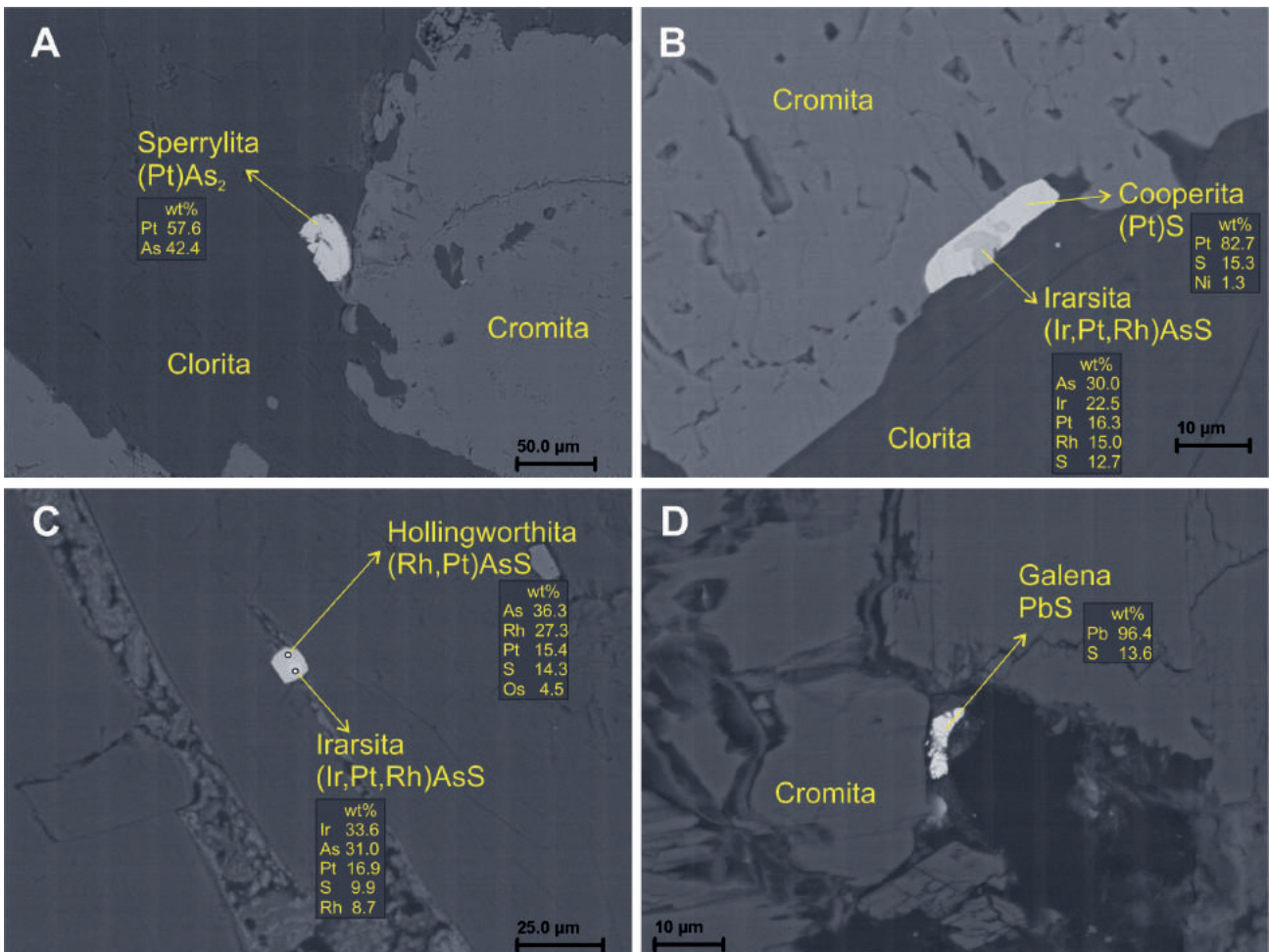


Figura 9: Imagem de elétrons retroespalhados em secção polida de cromititos mostrando: (A) Cristal de sperrylita em contato com borda de cromita; (B) Cristais de cooperita e irarsita (solução sólida?) na borda de cromita; (C) Solução sólida entre hollingworthita e irarsita presente em borda fraturada de cromita; (D) Cristal de galena em borda de cromita.

dência de magmatismo máfico-ultramáfico na área. Um primeiro pulso associado à base das sequências tipo-*greenstone* (ca. 2200 Ma) e outro associado ao colapso orogenético (relaxamento) pós-colisional (ca. 2080-2030 Ma) (?).

### 3.4. MINERALIZAÇÕES DE FERRO DA REGIÃO DE TAUÁ-MOMBAÇA E BOA VIAGEM

No núcleo Arqueano/Paleoproterozoico do Bloco Troia-Pedra Branca são conhecidas algumas ocorrências de ferro, principalmente nas proximidades da cidade de Boa Viagem (ex. Veríssimo *et al.* 2009). Recentemente várias ocorrências de ferro foram levantadas na porção sul-sudeste do bloco, por mapeamento da CPRM (Araújo e Naleto, 2014; Cavalcanti, 2011) e trabalhos da iniciativa privada em parceria com a UFMG (ex: Alcântara e Alkmim, 2013; Gomes e Rachid, 2012). Em geral estas ocorrências de ferro (formações ferríferas bandadas) encontram-se encaixadas em gnaisses migmatíticos arqueanos do Complexo Cruzeta. O interesse econômico na área é notável, como pode ser visualizado na porção sul-sudeste do bloco (Fig. 2). Segundo informações verbais do geólogo Fernando Rego, enquanto consultor da Terrativa Mineraias SA., assim como os trabalhos de Alcântara e Alkmim (2013) e Gomes e Rachid (2012), amostras das ocorrências de ferro da região de Tauá e Mombaça, já foram estudadas em ensaios tecnológicos, apresentando teores de ferro variáveis (~35%).

Estudos mais avançados são necessários para melhor avaliação geológico/metagenética do prospecto. Correlações com outras áreas, como o ferro explorado (e explotado) na região de Quiterianópolis-CE pela empresa Globest, tornam a área ainda mais interessante. Para as formações ferríferas bandadas (BIF) da região de Boa Viagem, Veríssimo *et al.* (2009) relatam que os padrões de elementos terras raras são similares aos padrões exibidos pelas BIF tipo Lago Superior (Canada), e associam estas ocorrências às rochas do Complexo Cruzeta (2.7-2.8 Ga). No entanto, não se sabe ao certo se a idade destas formações ferríferas é arqueana ou paleoproterozoica. O controle lito-estratigráfico para estas ocorrências de ferro do Bloco Troia-Pedra Branca, também não está bem estabelecido. Para Veríssimo *et al.* (2009) as ocorrências estão associadas aos gnaisses migmatíticos (TTG) do Complexo Cruzeta (Arqueano). Mas, localmente, ocorrências de ferro também são encontradas nas sequências tipo-*greenstone* de idade paleoproterozoica.

As ocorrências de ferro na região de Tauá-Mombaça estão dispostas ao longo da zona de cisalhamento Sabonete-Inharé (paralela à zona de cisalhamento Senador Pompeu) (Fig. 3), sugerindo uma provável origem (ou enriquecimento) hidrotermal para estas mineralizações (?), sendo que também, não se encontra nenhuma sequência metassedimentar (preservada ou conhecida) associada a estas formações ferríferas da região de Tauá-Mombaça.

Do ponto de vista prospectivo, a magnetometria aérea (em escala regional) se torna uma ferramenta poderosa, tendo em vista as propriedades magnéticas destas mineralizações (magnetita). Na imagem do campo magnético anômalo, os principais dipolos magnéticos foram delimitados (Fig. 10A), sendo que alguns já foram visitados em campo e coincidem com ocorrências de ferro. Outras destas anomalias devem ser checadas em campo. Na região de Boa Viagem, duas anomalias ocorrem nas margens da BR-020 e da CE-021, cerca de 5 km ao Sul da cidade de Boa Viagem (Fig. 10B). Estas anomalias representam formações ferríferas situadas fora da direção NE-SW, como encontrado na região de Tauá e Mombaça (Fig. 10C). Em geral, as ocorrências de ferro das regiões de Boa Viagem e Tauá-Mombaça são bastante semelhantes, ocorrendo na forma de blocos (Fig. 10D e E) e frequentemente se destacam no relevo pela forma de morros isolados (Fig. 10F). No entanto, os teores de ferro das ocorrências de Boa Viagem (~50%) (Veríssimo *et al.*, 2009) são ligeiramente maiores do que os da região de Tauá-Mombaça (~35%) (Gomes e Rachid, 2012).

Por fim, ressalta-se aqui, que para se descobrir novas ocorrências, e definir o real potencial para minério de ferro na região, é de extrema importância o entendimento do controle estratigráfico (ou hidrotermal) destas mineralizações, a partir de estudos mais detalhados sobre a gênese destes depósitos.

### 3.5. MINERALIZAÇÕES DE MANGANÊS E GRAFITA DA REGIÃO DE ITAPIÚNA-CANINDÉ

A grafita e o manganês são extremamente importantes para indústria siderúrgica, principalmente para fabricação de ligas de ferro (ex. aço). As mineralizações de grafita e manganês na região de Itapiúna-Canindé, norte do Bloco Troia-Pedra Branca, são conhecidas desde os anos 1930 e 1940, quando, na Segunda Guerra Mundial, o interesse por estes recursos era intenso para suprir a indústria armamentista internacional. No entanto, mais recentemente, principalmente após a instalação do Porto do Pecém, em 2002, no litoral cearense, o crescente interesse por grafita e manganês vem sendo despertado por empresas de mineração.

#### 3.5.1. Grafita

Atualmente, a empresa canadense Lara Exploration contem 12.325 hectares de licenças de exploração perto das cidades de Canindé e Itapiúna (ver requerimentos de grafita, Fig. 2). Segundo informações desta empresa vários corpos maciços de grafita, com até 10 metros de largura, já foram encontrados, assim como vastas áreas com grafita disseminada (*flake graphite*) em paragneisses aluminosos de alto-grau (<http://www.laraexploration.com>). Os resultados analíticos para amostras destas ocorrências indicaram teores com até 32,48% de carbono gráfico (<http://www.laraexploration.com>).

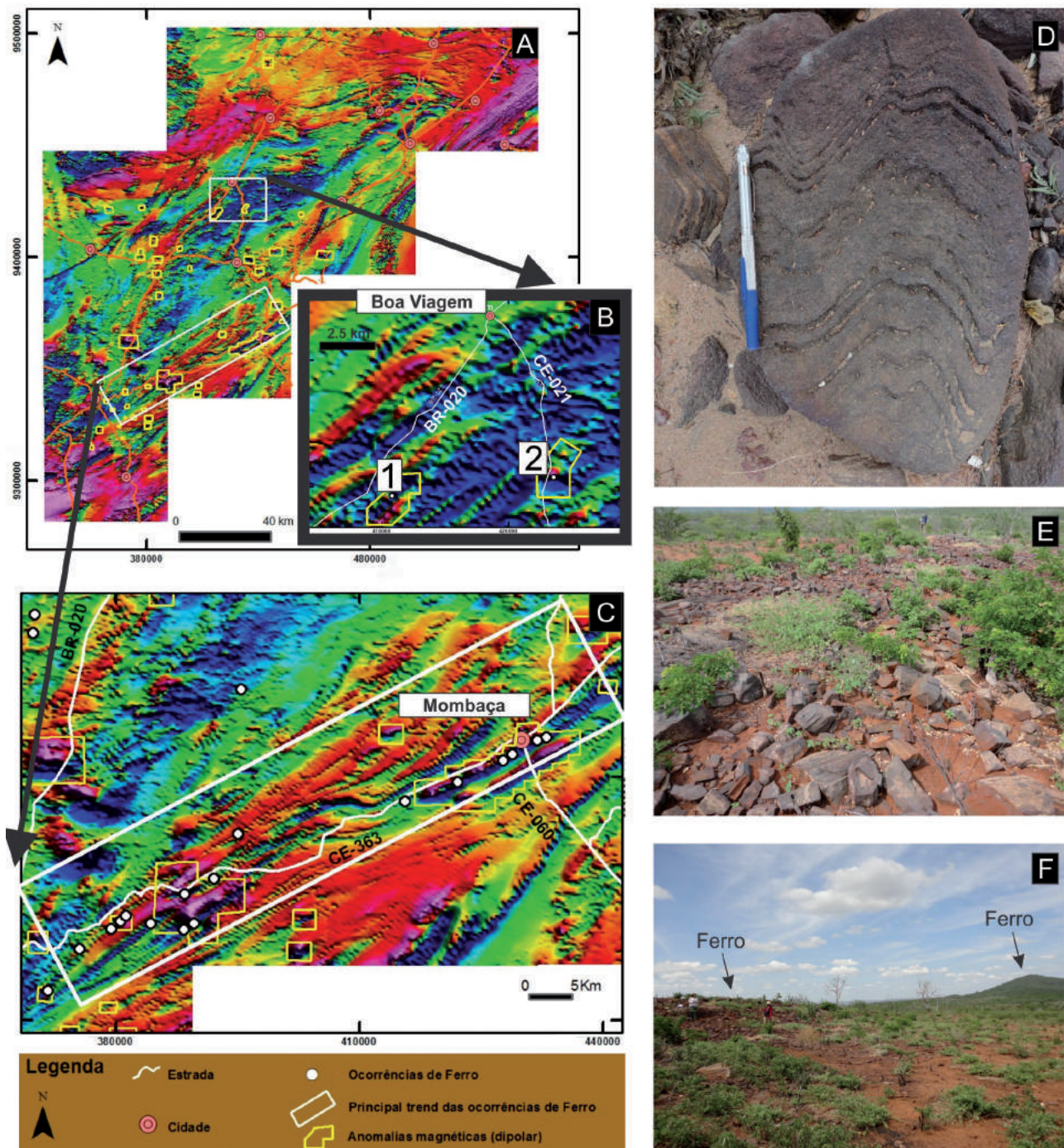


Figura 10: (A) Imagem magnetométrica (campo anômalo) com as principais anomalias dipolares ressaltadas por polígonos amarelos; (B) Detalhe da região ao sul da cidade de Boa Viagem onde existem as ocorrências descritas por Verissimo et al., (2009) (1), e ocorrência de ferro marcada por pequena anomalia dipolar a margem da CE-021 (2); (C) Alinhamento magnético das ocorrências de ferro da região de Tauá-Mombaça; (D) Aspecto de campo de formação ferrífera da região de Tauá-Mombaça; (E) Aspecto em afloramento de blocos de formações ferríferas na região de Tauá-Mombaça e (F) Afloramento de formações ferríferas alinhadas segundo a direção NE com cristas topográficas também de formações ferríferas.

Para esta região, estudos geológicos e prospectivos recentes foram realizados por Fragomeni (2011), e sintetizados em Fragomeni e Pereira (2013). Segundo Fragomeni (2011), na região entre os povoados de Itans- Lagoinha e Pedra Branca, na Folha Itapiúna (1:100.000), a mineralização de grafita é disseminada e os corpos de minério tem forma lenticular, com teores de carbono variando de 1,5 a 8% em jazimento de grande dimensão (dezenas a centenas

de metros) o que o faz ser economicamente o mais importante. De acordo com este autor, nesta mesma região, porém nas proximidades de Pedra Branca, os corpos de minérios distribuídos ao redor da Suíte Pedra Aguda (granitoide), apresentam teores elevados de carbono, entre 20 e 60%, e são caracterizados por minério maciço do tipo “em veio”, encontrados em formas de *stockwork* e bolsões lenticulares. A reserva total, estimada a partir de oito corpos de minérios, é de 17.289.200t de protominério e 843.618t

de grafita contida, com destaque para o depósito do assentamento Nova Terra (Fazenda Lajes) (Fragomeni, 2011) (Fig. 11A). Este minério é composto por grafita, feldspato, quartzo e proporções menores de biotita, goethita, argilominerais, anfibólio, sillimanita e/ou cianita, rutilo, leucóxênio, hematita, magnetita e ilmenita. Variações dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  entre -20,83 e -27,03‰ em grafita maciça e disseminada, revelaram que as mesmas são derivadas de matéria orgânica (Fragomeni e Pereira, 2013).

As ocorrências de grafita são encontradas em níveis irregulares ou disseminadas em xistos e paragneisses aluminosos migmatíticos (kinzigitos) do Complexo Canindé do Ceará e na faixa paraderivada do Complexo São José de Macaoca (Paleoproterozoico). Geralmente, essas rochas são representadas por paragneisses com sillimanita, granada e grafita (gnaisses de alto-grau), mas também são frequentes as ocorrências de grafita em granitos peraluminosos (tipo S) da região Itapiúna, cujo protólito originou-se pela fusão parcial das rochas paraderivadas com grafita. Os jazimentos das grafitas nos leucogranitos ocorrem em forma de bolsões e níveis irregulares ou

disseminados, formando agregados (*flakes*), principalmente nas porções mais quartzo-feldspáticas. Essas ocorrências orientam-se nas direções W-E e NE-SW, quase sempre na mesma direção das lineações de estiramento mineral (baixo ângulo), normalmente paralelas aos eixos de dobras.

### 3.5.2. Manganês

Na região norte do Bloco Troia-Pedra Branca, encontram-se varias ocorrências de manganês, refletidas na grande quantidade de requerimentos de pesquisas para este bem mineral na área (Fig. 2). O manganês apresenta grande importância econômica para o cenário mineral no Estado do Ceará, tendo em vista que há tempos se conhecem o minério supergênico da região de Aracoia-ba-Pacajus (ex. Souza e Filho, 1983) e, mais recentemente, gonditos maciços (protominério) foram descritos próximo da cidade de Quixadá, na Mina do Juá (Gomes, 2013).

As principais ocorrências de manganês da área estão inseridas na Província manganésifera de Ara-

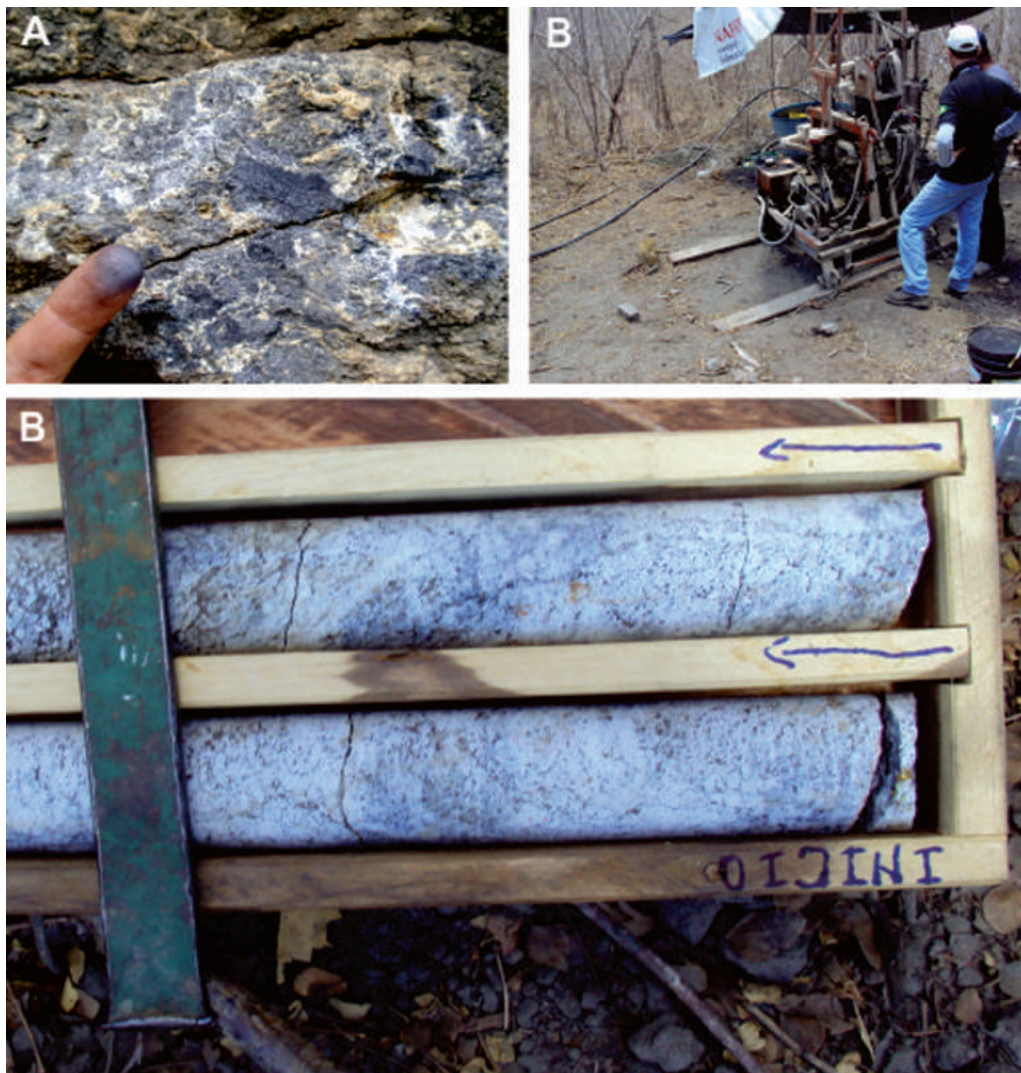


Figura 11: (A) Ocorrência de grafita do assentamento Nova Terra (povoado de Pedra Branca); (B) Sondagem (empresa privada) em área mineralizada em grafita; (C) Leucogranito (tipo-S) contendo diminutos cristais de grafita.



coiaba-Pacajús, extremo nordeste da área (Fig. 3), e são conhecidas desde a década de 50 do século passado. Os corpos de minério de manganês estão encaixados, em forma lenticular, nas rochas do Complexo Canindé do Ceará e a norte da unidade Algodões (Fig. 3). Geralmente, os gonditos encontram-se encaixados em paragnaisses migmatíticos, normalmente ricos em granada (e grafita), com intercalações de granada-sillimanita quartzitos. As ocorrências são em forma de blocos, às vezes dispersos, de dimensões centimétricas a métricas, de minério maciço, comumente associado a quartzo, de coloração preta, situados sobre uma cobertura arenosa. Furos de sondagem da mina de manganês da empresa Libra Ligas do Brasil indicam que, até 100m de profundidade, ocorrem biotita gnaisses migmatíticos granadíferos (diatexitos). Em trincheiras de pesquisa ou em abertura de lavra de mina observa-se que o corpo de minério, em geral, apresenta-se concordante com a foliação dos paragnaisses, dando aspecto aparente

de uma estrutura estratificada (Fig. 12A). Ocorrem também porções com desenvolvimento de lateritização, associadas a quartzo e óxido de ferro, onde são comuns nódulos ou fragmentos de minério de manganês nas áreas de solos transportado (colúvios) (Fig. 12B), além de blocos ferro-manganesíferos.

Segundo Souza e Ribeiro Filho (1983), nos depósitos de manganês da Província Aracoiaba-Pacajús, o protominério de manganês é do tipo silicático e trata-se de gondito que consiste de quartzo (20%), espessartita (75%), rodonita (< 2%) e mangano-cumingtonita (< 2%), além de pirita e pirrotita, ocorrendo como inclusões em granada e quartzo; e o minério é composto por criptomelana, pirolusita, litioforita e mangano n-sutita. A paragênese do minério-gondito revelou uma evolução de origem sedimentar, seguida por metamorfismo em fácies anfibolito alto a granulito, com surgimento, principalmente, de espessartita e rodonita e, posteriormente, enriquecimento supergênico (Souza e Ribeiro Filho, 1983). O



Figura 12: (A) Manganês em planos de foliação e/ou em estrutura estratificada; (B) Nódulos ou fragmentos de manganês nas áreas intemperizadas, aparentando material coluvionar; (C) Ocorrência de protominério de manganês (gondito) na forma lenticular em paragnaisses migmatíticos do Complexo São José do Macoca, região de Juá.

protominério alterado apresenta os melhores teores de manganês, entre 18-39%, e são considerados depósitos de pequenas reservas (Ribeiro Filho e Marinho; 1983; Souza e Ribeiro Filho, 1983).

Estudos de prospecção magnetométrica nos depósitos óxido-silicáticos na região de Pacatuba foram realizados por Ribeiro Filho e Marinho (1983), uma vez que o minério desta região é portador do mineral magnético jacobscita. Apesar de se tratar de pequenos corpos lenticulares de protominério, o método magnético mostrou-se bem indicado e útil na investigação, posto que a presença de jacobscita, como mineral primário de manganês, provoca anomalias suficientemente fortes para serem detectadas (Ribeiro e Marinho, 1983). Segundo estes autores, os pequenos depósitos de manganês de Itacima (região de Pacajus), formados pelo intemperismo de protominério óxido-silicático, não apresentam interesse econômico. As reservas totais de todos os depósitos não atingem 200.000 toneladas de minério (Ribeiro e Marinho, 1983).

Na região de Quixadá, destaca-se a ocorrência de minério de manganês do distrito de Juá, localidade de São Bernardo, no limite entre os municípios de Choró e Quixadá. Nesta região predomina a ocorrên-

cia do protominério (metamórfico), apresentando-se como lentes de gondito em paragnaises migmatíticos do Complexo Algodões (Fig. 12C). Estes corpos lenticulares apresentam coloração cinza escura a preta, estrutura granular variada e composta essencialmente de quartzo, granada e óxido de manganês. A partir de estudos de química mineral e difratometria de raios-X, podem-se diferenciar dois tipos de protominério nesta região; um com predomínio de granada manganésifera (espessartita), e outro, em que o minério é a rodonita (piroxênio manganésifero) (Gomes, 2013). Posteriormente, o enriquecimento supergênico dos protominérios gerou minérios maciços contendo pirolusita, manganita, criptomelana e todorokita em porções variadas (Gomes, 2013).

Estas ocorrências de manganês e grafita são geralmente associadas aos paragnaises aluminosos de alto-grau metamórfico dos complexos Canindé do Ceará e São José de Macaoca (Fig. 3), e, portanto, definem um controle estratigráfico importante para a região. Neste sentido, devido à grande expressão em área dos paragnaises do Complexo Canindé do Ceará, é bem possível que muitas áreas potenciais para grafita e manganês ainda estão para se descobrir.



## 4 – GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

Todas as folhas 1:100.000 que compõem a área do Bloco Troia-Pedra Branca, possuem informações de geoquímica de prospecção, recentemente levantadas (entre 2007 e 2013), referentes a sedimentos de corrente e concentrados de bateia. No geral, estas folhas contam com levantamento padrão realizado pela CPRM, com amostragem sistemática de aproximadamente uma amostra/10-20km<sup>2</sup>, análises multielementares feitas por ICP-MS, com abertura por água régia em fração menor que 80 mesh, e análises mineralométricas dos concentrados de bateia. Para o tratamento dos dados foram feitos mapas de distribuição geoquímica unielementar, que, posteriormente, foram integrados para delineamento das zonas anômalas (anomalias geoquímicas). Em adição, foram apresentadas áreas de influência de pintas de ouro em concentrado de bateia, que serão integrados (futuramente) com a geologia para gerar mapas previsionais para a área.

O tratamento preliminar dos dados de geoquímica de sedimentos de corrente com resolução (ppb) para ouro (dados da Acme Analytical Laboratories Ltd.) revelaram alto *background* na área do depósi-

to de Pedra Branca, onde a empresa privada Jaguar Mining já tem requerimento mineral de pesquisa. No entanto, um *trend* com teores anômalos de 3 a 6 ppb também foi encontrado em área de rochas neoproterozoicas do Complexo Ceará, onde, até o momento, não existem requerimentos de pesquisa mineral vigente (Fig. 13).

O efeito de valores *outliers* é observado na distribuição dos dados de ouro como mostra a análise visual do histograma, com uma distribuição lognormal e uma população de altos valores a partir do teor de 3 ppb (Fig. 13). Embora a composição média da crosta terrestre seja de 4 ppb (Levinson, 1980) o valor de 3 ppb encontrado neste estudo foi usado como limiar na China, onde possibilitou delinear anomalias que cobrem 800 km<sup>2</sup> com centros de concentração de 6 ppb (Wang *et al.*, 2007). Na ocasião, levantamento de sedimentos de corrente e mapa geológico na escala de 1:50.000 permitiram a descoberta de mineralizações de cinábrio (HgS) e realgar (As<sub>4</sub>S<sub>4</sub>) em rochas hospedeiras, que apresentaram teores de 1,5g/t (Wang *et al.*, 2007).

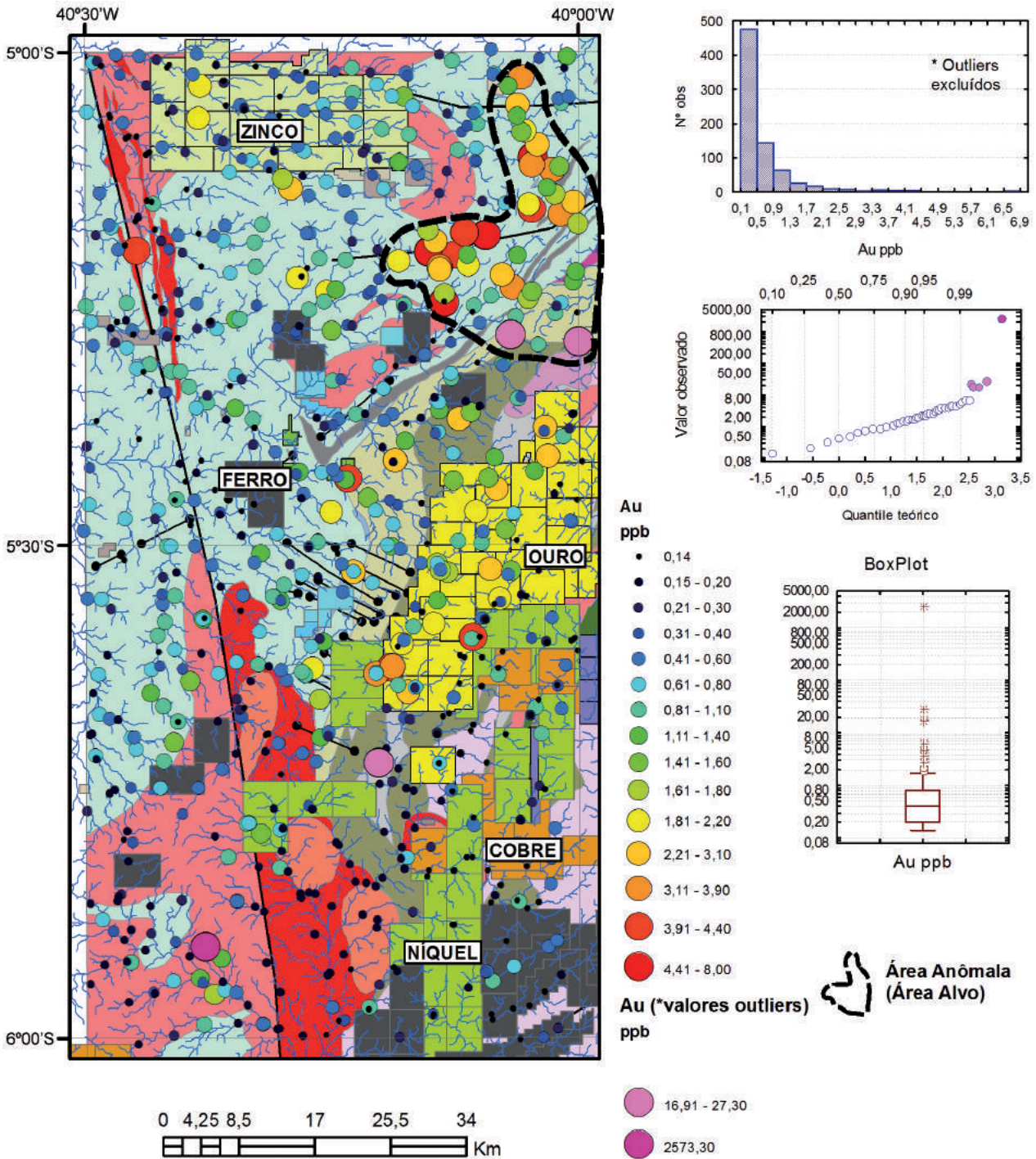


Figura 13: Mapa de distribuição de ouro (ppb) em sedimentos de corrente das folhas (1:100.000) Independência e Várzea do Boi. Polígonos coloridos representam requerimentos de pesquisa. Notar que a "área alvo" delimitada é anômala em ouro e não apresenta nenhum requerimento de pesquisa mineral.

## **5 – CONCLUSÕES PRELIMINARES**

Os dados aqui reunidos sobre os principais insumos mineraias presentes no núcleo Arqueano/Paleoproterozoico de Troia-Pedra Branca (Maciço de Troia), permitiram, em uma visão integrada, apontar as principais características das mineralizações de ouro, elementos do grupo da platina, ferro, grafita e manganês da região:

- A mineralização de ouro do depósito Pedra Branca ocorre em sequencia tipo-*greenstone* de idade paleoproterozoica, hospedada em rochas meta-plutônicas (Alvo Mirador) e metavolcanossedimentares (Alvo Coelho e Queimadas). Regionalmente, a mineralização apresenta um controle litoestratigráfico, localizada no contato de unidade metaplutono-vulcanossedimentar com xistos grafitosos da unidade metassedimentar. A idade da mineralização do depósito Pedra Branca é incerta (Paleoproterozoica ou Neoproterozoica?). No entanto, a estruturação regional e o contexto tectono-metamórfico da área permite inferir, pelo menos, remobilização neoproterozoica da mineralização.

- A mineralização de elementos do grupo da platina (EGP) no complexo máfico-ultramáfico de Troia-Pedra Branca está associada a mineraias metálicos formados na matriz metamórfica dos cromititos, que, por sua vez, estão associados a dunitos. A idade de 2036 +/- 28 Ma para os cromititos tem implicação metalogenética positiva, pois esta idade de ~2.0 Ga é similar a de muitos corpos mineralizados em cobre e cromo no Cráton do São Francisco (ex:

Mirabela-Palestina, Medrado-Ipueira), assim como à idade de 2,05 Ga do Complexo máfico-ultramáfico de Bushveld (África do Sul), famoso pelas suas mineralizações de platinoides.

- As mineralizações de ferro na região de Tauá-Mombaça e Boa Viagem representam um recurso mineral importante na área, refletindo na grande quantidade de requerimentos de pesquisa para este elemento. Os teores de ferro das ocorrências de Boa Viagem (~50%) são ligeiramente maiores que os da região de Tauá-Mombaça (~35%). No entanto, para se descobrir novas ocorrências, e o real potencial para minério de ferro na região, é de extrema importância o entendimento do controle estratigráfico (ou hidrotermal) destas mineralizações, a partir de estudos mais detalhados.

- As ocorrências de manganês e grafita na área do bloco Troia-Pedra Branca são geralmente associadas aos paragneisses aluminosos de alto-grau metamórfico dos complexos Canindé do Ceará e São José de Macaoca, definindo um controle estratigráfico importante para estas mineralizações.

- O tratamento dos dados de geoquímica de sedimentos de corrente com resolução revelaram alto *background* na área do depósito de Pedra Branca, e teores anômalos encontrados em área de rochas neoproterozoicas do Complexo Ceará, onde até o momento não existem requerimentos de pesquisa mineral vigente, ou ocorrência mineral conhecida.



## 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAM, M. B. **O corpo máfico – ultramáfico da Fazenda Mirabela, Ipiáú- BA: caracterização petrográfica, geoquímica, tipologia e implicações metalogenéticas.** Salvador, 1993. 137p. il. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador, 1993.
- ALCÂNTARA, D. C. B. G.; ALKMIN, L. A. S. **Estudo geológico da região a leste do Município de Tauá-CE na escala 1:30.000.** Belo Horizonte: UFMG/, 2013. Trabalho de conclusão de curso.
- ANGELI, N. Platinum group minerals in eastern Brazil: geology and occurrences in chromitites and placers. **Platinum Metals Review**, v. 49, p. 41-53, 2005.
- \_\_\_\_\_ et al. Cromititos do Complexo de Pedra Branca: química mineral e platinoides associados, Ceará, Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 23., 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBG, 2009. 1 CD-ROM.
- \_\_\_\_\_ et al. Ir-bearing sperrylite and Pd-bearing hollingworthite in chromitites from the Pedra Branca Complex, Ceará, Brazil. In: BRAZILIAN MEETING ON PGEs, 1., 1993, Brasília. **Anais...** Brasília: [s.n.], 1993. p. 44-46.
- ARAÚJO, C. E. G.; NALETO, J. L. C. **Folha Mombaça (SB.24-V-D-V).** Fortaleza: CPRM, 2014. 1 mapa, color., 70cm x 98cm. Escala 1:100.000. Programa Geologia do Brasil-PLGB.
- ARAÚJO, M. N. C. et al. Geometry and structural control of gold vein mineralizations in Seridó Belt, northeast Brazil. **Journal of South American Earth Science**, v. 15, p. 337-348, 2002.
- \_\_\_\_\_ et al. <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar geochronology of gold mineralization in Brasiliano strike-slip shear zones in the Borborema province, NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 19, n. 4, p. 445-460, 2005.
- ARTHAUD, M. H. et al. Geology of the northern Borborema Province, NE Brazil and its correlation with Nigeria, NW Africa. In: PANKHURST, R. J. et al (ed.). **West Gondwana: pre-cenozoic correlations across the south atlantic region.** London: The Geological Society of London, 2008. 430 p. il. (Geological Society Special Publication, n. 294). p. 49-67.
- \_\_\_\_\_ ; LANDIM, D. F. Relações da sequência metassedimentar de Quixeramobim com seu embasamento. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 16., 1995, Recife. **Anais...** Recife: SBG, 1995. p. 125-128.
- BARRUETO, H. R.; HUNT, W. Main features of the Pt-Pd Chromitite-type ore deposit, Troia Unit, Cruzeta Complex, Northeast Brazil: Insights provide by microscopic and chemical approaches. In: INTERNATIONAL PLATINUM SYMPOSIUM, 11., 2010, Sudbury, CA. **Anais...** Sudbury, CA: [s.n.], 2010.
- BESIAT, D. et al. Gold metallogeny in the Birimian craton of Burkina Faso, West Africa. **Journal of African Earth Sciences**. v. 50, n. 2-4, p. 215-233, 2008.
- BEURLEN, H.; SILVA, R. R. M.; SANTOS, R. B. Auriferous quartz veins from Northeastern Brazil: a fluid-inclusion study. **International Geology Reviews**, v. 39, p. 578-588, 1997.
- BIERLEIN, F. P.; CARTWRIGHT, I.; MCKNIGHT, S. The role of carbonaceous "indicator" slates in the genesis of lode gold mineralization in the western Lachlan Orogen, Victoria, southeastern Australia. **Economic Geology**, v.96, p. 431-451, 2001.
- BRITO NEVES, Benjamim Bley de. **Regionalização geotectônica do Precambriano Nordestino.** São Paulo, 1975. 188 p. Tese(Doutorado em Geociências)-Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1975.
- CANINDÉ Graphite Project. Disponível em: <<http://www.laraexploration.com/our-projects/brazil/caninde-graphite-project/default.aspx>>. Acesso em: nov. 2015.
- CASTRO, N. A. **Evolução geológica proterozoica da região entre Madalena e Taperuaba, Domínio Tectônico Ceará Central (Província Borborema).** 2004. 221p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. São Paulo.
- CAVALCANTI, J. A. D. **Folha Várzea do Boi (SB.24-V-D-IV).** Fortaleza: CPRM, 2011. 1 mapa, color., 70cm x 98cm. Escala 1:100.000. Programa Geologia do Brasil-PLGB.
- CAVALCANTE, J. C. et al. **Mapa Geológico do Estado do Ceará.** Fortaleza: CPRM, 2003. Escala 1:500.000. 1 CD-Rom.
- COSTA, F. G. et al. Geochemistry and U-Pb zircon ages of plutonic rocks from the Algodões granite-greenstone terrane, Troia Massif, northern Borborema Province, Brazil: Implications for Paleoproterozoic subduction-accretion processes. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 59, p.45-68, 2015.
- \_\_\_\_\_ et al. U-Pb LA-ICPMS ages of detrital zircons from the Paleoproterozoic Algodões and Serra das Pipocas greenstone-like sequences, Ceará Central Domain. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 9, 06-09 abr. 2014, São Paulo. **Program and Abstracts.** São Paulo: CPGeo, 2014a. p. 110



- \_\_\_\_\_ et al. 2036 Ma SHRIMP U-Pb zircon age for PGE-bearing chromitite of the Troia mafic-ultramafic complex, Ceará Central Domain, north Borborema Province. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 9, 06-09 abr. 2014, São Paulo. **Program and Abstracts**. São Paulo: CPGeo, 2014b.
- COUTINHO, M. G. da N. **The geology of shear-zone hosted gold deposits in Northeast Brazil**. [Geologia dos depósitos de ouro hospedados em zonas de cisalhamento no Nordeste do Brasil]. London, 1994. 359 p. Tese(Doutorado)-Department of Geology. Royal Holloway University of London, London, 1994.
- COX, S. F. et al. Structural and geochemical controls on the development of turbidite-hosted gold quartz vein deposits, Wattle Gully mine, central Victoria, Australia. **Economic Geology**, v. 90, p. 1722-1746, 1995.
- DAOUST, C. et al. Geological setting of the Paleoproterozoic Rosebel gold district, Guiana Shield, Suriname. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 32, n. 3, p. 222-245, 2011.
- 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. Kansas: University of Kansas, 1999. 164 p. il. Tese(Doutorado em Geologia)-Department of Geology, University of Kansas, Kansas.
- FRAGOMENI, P. R. P. **Levantamento e estudo das ocorrências de grafita do Distrito Grafítico Aracoiaba-Baturité, CE**. Rio de Janeiro, 2011. 137 p. il. Tese(Doutorado em Geociências)-Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Centro de Tecnologias e Ciências.
- \_\_\_\_\_; PEREIRA, R. M. The graphite mineralization in the Aracoiaba-Baturité District (CE): geotectonic and metallogenetic implications. **Brazilian Journal of Geology**, v. 43, n. 2, p. 223-234, 2013.
- GOMES, C. C. C.; RACHID, S. V. **Mapeamento Geológico em Escala 1:30.000 na Região de Marruás, Município de Tauá – CE**. Belo Horizonte: UFMG, 2012. Trabalho de conclusão de curso.
- GOMES, E. N. **Protominérios e minérios de manganês de Juá - CE**. 2013. 100p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- GOMES, F. E. M.; SANTOS, J. C. dos; MEDEIROS, M. de F. **Projeto Tauá**: relatório preliminar de pesquisa de cromo e níquel nos municípios de Tauá, Pedra Branca e Mombaça - estado do Ceará. Fortaleza: CPRM, 1984. 70 p.
- HAMMOND, N. Q. et al. Mineralogical, fluid inclusion and stable isotope characteristics of Birimian orogenic gold mineralization at the Morila Mine, Mali, West Africa. **Ore Geology Reviews**, v. 39, n. 4, p. 218-229, 2011.
- HENNE, A.; CRAW, D. Synmetamorphic carbon mobility and graphite enrichment in metaturbidites as a precursor to orogenic gold mineralisation, Otago Schist, New Zealand. **Mineralium Deposita**, v. 47, p. 781-797, 2012.
- KLEIN, E. L.; ROSA-COSTA, L. T. da. Geology of quartz-vein gold deposits in the Ipitinga Auriferous District, northern Brazil, southeastern Guiana Shield. **Géologie de la France**, n.2-4, p. 231-242, 2003.
- \_\_\_\_\_. et al. Reconnaissance Stable Isotope (C, O, H, S) Study of Paleoproterozoic Gold Deposits of the São Luis Craton and country rocks, Northern Brazil: Implications for Gold Metallogeny. **International Geology Review**, v. 47, n. 11, p. 1131-1143, 2005.
- \_\_\_\_\_. et al. Geology and Fluid Characteristics of the Mina Velha and Mandiocacal Orebodies and Implications for the Genesis of the Orogenic Chega Tudo Gold Deposit, Gurupi Belt, Brazil. **Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists**, v. 103, p. 957-980, 2008.
- LAZARIN, F. A. **Geologia, petrologia e estudos isotópicos dos depósitos de níquel-cobre sulfetados Santa Rita e Peri-Peri, nordeste do Brasil**. 2011. 109p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade de Brasília, Brasília.
- LEGRAND, J. M. et al. Origin and Classification of Gold Mineralization in the Seridó Fold Belt and Basement Rocks, Northeast Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1-6 set. 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG. Núcleo da Bahia, 1996. p. 221-224.
- LEVINSON, A. A. **Introduction to Exploration Geochemistry**. 2. ed. Illinois: Applied Publishing, 1980.
- SILVA, W. L. **Mineralizações auríferas de quartzo na faixa Seridó, NE do Brasil: exemplos de depósitos de ouro de fácies anfibolito em faixa móvel proterozóica**. Rio Claro, 2000. 157 p. Tese(Doutorado em Geologia Regional)-Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.
- MARTINS, G. **Litogeoquímica e Controles Geocronológicos da Suíte Metamórfica Algodões-Choró**. 2000. 220p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, Campinas.
- \_\_\_\_\_; OLIVEIRA, E. P.; LAFON, J. M. The Algodões amphibolite-tonalite gneiss sequence, Borborema Province, NE Brazil: geochemical and geochronological evidence for paleoproterozoic accretion of oceanic plateau/back-arc basalts and adakitic plutons. **Gondwana Research**, v. 15, p. 71-85, 2009.
- McREATH, I.; FARACO, M. T. L. Paleoproterozoic greenschist-granite belts in Northern Brazil and the for-

- mer Guyana Shield - West African Craton province. **Geologia USP. Série Científica**, v. 5, n. 2, p. 49-63, 2006.
- MELLO, E. F. et al. Age constraints on felsic intrusions, metamorphism and gold mineralization in the Palaeoproterozoic Rio Itapicuru greenstone belt, NE Bahia State, Brazil. **Mineralium Deposita**, v. 40, p. 849-866, 2006.
- MONIÉ, P.; CABY, R.; ARTHAUD, M. H. The Neoproterozoic Brasileiro Orogeny in Northeast Brazil:  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  and petrostructural data from Ceará. **Precambrian Research**, v. 81, p. 241-264, 1997.
- NEVES, S.P.; VAUCHEZ, A.; ARCHANJO, C. J. Shear zone-controlled magma emplacement or magma assisted nucleation of shear zones? Insights from northeastern Brasil. **Tectonophysics**, v. 262, p.349-364, 1996.
- OLIVEIRA, E. P.; LAFON, J. M. Age of ore-rich Caraíba and Medrado. Bahia, Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 5. , 1995, Niterói. **Anais...** Niterói: UFF; SBGq, 1995.
- OLIVEIRA, E. P. et al. Contrasting copper and chromium metallogenic evolution of terranes in the Palaeoproterozoic Itabuna-Salvador-Curaçá orogen, São Francisco craton, Brazil: new zircon (SHRIMP) and Sm-Nd (model) ages and their significance for orogenparallel escape tectonics. **Precambrian Research**, v. 128, p. 143-165, 2004.
- OLIVEIRA, J. F. de; CAVALCANTE, J. C. (Org.). **Mombaça**: folha SB.24-V-D-V - Estado do Ceará. Brasília: CPRM, 1993. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.
- PESSOA, R. R.; ARCHANJO, C. J. Tectônica de empurros na região de Troia-CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 28 out. - 04 nov. 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG-Núcleo Norte, 1984, p.721-1728.
- \_\_\_\_\_ et al. Contribuição ao estudo de evolução geocronológica do Maciço de Troia - CE. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 12., 01 a 04 de Maio 1986, João Pessoa. **Atas...** João Pessoa: SBG - Núcleo Nordeste; DNPM; CPRM, 1986. p.1721-1728.
- PINÉO, T. R. G.; COSTA, F. G. Dados aerogamaespectrométricos aplicados na delimitação do Complexo Cruzeta (Maciço arqueano de Troia), Domínio Ceará Central da Província Borborema. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 13., 26-29 Aug. 2013, Rio de Janeiro. **Resumos Expandidos...** Rio de Janeiro: SBGF, 2013.
- RIBEIRO FILHO, E.; MARINHO, J. M. L. Prospecção magnética de depósitos óxidos-silicáticos de manganês com jacobsita, no Ceará. **Boletim IG-USP**, v.14, p. 13-20, 1983.
- SCOATES, J. S.; FRIEDMAN, R. M. Precise age of the platiniferous Merensky reef, Bushveld complex, South Africa, by the U-Pb zircon chemical abrasion ID-TIMS technique. **Economic Geology**, v. 103, n. 3, p. 465-471, 2008.
- SILVA, L. C. et al. Reavaliação da evolução geológica em terrenos Pré-Cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SRIMP, Parte III: Província Borborema, Mantiqueira Meridional e Rio Negro-Juruena. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, p. 529-544, 2002.
- \_\_\_\_\_ et al. U-Pb (SHRIMP) zircon dating and Nd isotopes at basement inliers from northern Borborema Province, Ceará State, NE Brazil: evidences for the Archean and Paleoproterozoic crustal evolution. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 9., 2014, São Paulo. **Program and Abstracts**. São Paulo: CPGeo, 2014. p.175.
- SILVA, M. G. et al. The Rio Itapicuru greenstone belt, Bahia, Brazil: geologic evolution and review of gold mineralization. **Mineralium Deposita**, v. 36, p. 345-357, 2001.
- SIMÕES, S. J. C. **Análise da deformação regional e mineral do Complexo Pedra Branca (CE) e de seus depósitos cromitíferos**. 1993. 175p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SOLITARIO Annual Report, 2009. Disponível em: <http://www.pitecreative.com/staging/XPL/QsARs/2009AR/images/Solitario-AR2009.pdf> . Acesso em: 10 abr. 2015.
- SOLITARIO Annual Report, 2013. Disponível em: [https://materials.proxyvote.com/Approved/8342EP/20140429/AR\\_207016/pubData/source/2013ar.pdf](https://materials.proxyvote.com/Approved/8342EP/20140429/AR_207016/pubData/source/2013ar.pdf). Acesso em: 10 abr. 2015.
- SOUZA, J. V.; RIBEIRO FILHO, E. Geologia e gênese dos depósitos de manganês da Província de Aracoiaba-Pacajús, Ceará. **Boletim IG-USP**, 1983.
- TARKIAN, M.; PRICHARD, H. M. Irsite-hollingworthite solid-solution series and other associated Ru-, Os-, Ir-, and Rh-bearing PGM's from the Shetland ophiolite complex. **Mineralium Deposita**, v. 22, n. 3, p. 178-184, 1987.
- TORRES, P. F. M. et al. **Folha Quixadá - SB-24-V-B, Escala 1:250.000**: geologia e metalogênese. CPRM: Fortaleza, 2007. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.
- VAUCHEZ, A. et al. The Borborema shear zone system, NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 8, p. 247-266, 1995.
- VERÍSSIMO, C. U. V. et al. Petrografia e litogeoquímica das Formações Ferríferas Bandadas da Região de Quixeramobim – Boa Viagem, Ceará, Brasil. **Geociências**, v. 28, n. 1, p. 43-52, 2009.

- VERMA, S. K.; OLIVEIRA, E. P. Tectonic setting of basic igneous and metaigneous rocks of Borborema Province, Brazil using multi-dimensional geochemical discrimination diagrams. **Journal of South American Earth Science**, v. 58, p. 307-319, 2014.
- VOICU, G.; BARDOUX, M.; STEVENSON, R., 2001. Lithostratigraphy, geochronology and gold metallogeny in the northern Guiana Shield, South America: a review. **Ore Geology Reviews**, v. 18, p. 211-236, 2001.
- WANG, X. ; ZHANG, Q.; ZHOU, G., 2007. National-Scale Geochemical Mapping Projects in China. **Geostandards and Geoanalytical Research**, v. 31, n. 4, p. 311-320, 2007. Disponível em: <[www.jaguarmining.com](http://www.jaguarmining.com). <http://www.jaguarmining.com/s/ExpPedraBranca.asp>>. Acesso em: 04 set. 2013.

**LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS**

---



### **SÉRIE METAIS DO GRUPO DA PLATINA E ASSOCIADOS**

- Nº 01 - Mapa de Caracterização das Áreas de Trabalho (Escala 1:7.000.000), 1996.  
Nº 02 - Mapa Geológico Preliminar da Serra do Colorado - Rondônia e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.  
Nº 03 - Mapa Geológico Preliminar da Serra Céu Azul - Rondônia, Prospecção Geoquímica e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.  
Nº 04 - Síntese Geológica e Prospecção por Concentrados de Bateia nos Complexos Canabrava e Barro Alto - Goiás, 1997.  
Nº 05 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Migrantinópolis - Rondônia, 2000.  
Nº 06 - Geologia e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Corumbiara/Chupinguaia - Rondônia, 2000.  
Nº 07 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Serra Azul - Rondônia, 2000.  
Nº 08 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Branco/Alta Floresta - Rondônia, 2000.  
Nº 09 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Luzia - Rondônia, 2000.  
Nº 10 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Nova Brasilândia - Rondônia, 2000.  
Nº 11 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Rio Madeirinha - Mato Grosso, 2000.  
Nº 12 - Síntese Geológica e Prospectiva das Áreas Pedra Preta e Cotingo - Roraima, 2000.  
Nº 13 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Bárbara - Goiás, 2000.  
Nº 14 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Barra da Gameleira - Tocantins, 2000.  
Nº 15 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Córrego Seco - Goiás, 2000.  
Nº 16 - Síntese Geológica e Resultados Prospectivos da Área São Miguel do Guaporé - Rondônia, 2000.  
Nº 17 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cana Brava - Goiás, 2000.  
Nº 18 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cacoal - Rondônia, 2000.  
Nº 19 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Morro do Leme e Morro Sem Boné - Mato Grosso, 2000.  
Nº 20 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Serra dos Pacaás Novos e Rio Cautário - Rondônia, 2000.  
Nº 21 - Aspectos Geológicos, Geoquímicos e Potencialidade em Depósitos de Ni-Cu-EGP do Magmatismo da Bacia do Paraná - 2000.  
Nº 22 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Tabuleta - Mato Grosso, 2000.  
Nº 23 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Alegre - Mato Grosso, 2000.  
Nº 24 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Figueira Branca/Indiavaí - Mato Grosso, 2000.  
Nº 25 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar das Áreas Jaburu, Caracará, Alto Tacutu e Amajari - Roraima, 2000.  
Nº 26 - Prospecção Geológica e Geoquímica no Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra da Onça - Pará, 2001.  
Nº 27 - Prospecção Geológica e Geoquímica nos Corpos Máfico-Ultramáficos da Suíte Intrusiva Cateté - Pará, 2001.  
Nº 28 - Aspectos geológicos, Geoquímicos e Metalogenéticos do Magmatismo Básico/Ultrabásico do Estado de Rondônia e Área Adjacente, 2001.  
Nº 29 - Geological, Geochemical and Potentiality Aspects of Ni-Cu-PGE Deposits of the Paraná Basin Magmatism, 2001.  
Nº 30 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Barro Alto – Goiás, 2010.

### **SÉRIE MAPAS TEMÁTICOS DE OURO - ESCALA 1:250.000**

- Nº 01 - Área GO-09 Aurilândia/Anicuns - Goiás, 1995.  
Nº 02 - Área RS-01 Lavras do Sul/Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 1995.  
Nº 03 - Área RO-01 Presidente Médici - Rondônia, 1996.  
Nº 04 - Área SP-01 Vale do Ribeira - São Paulo, 1996.  
Nº 05 - Área PA-15 Inajá - Pará, 1996.  
Nº 06 - Área GO-05 Luziânia - Goiás, 1997.  
Nº 07 - Área PA-01 Paru - Pará, 1997.  
Nº 08 - Área AP-05 Serra do Navio/Cupixi - Amapá, 1997.  
Nº 09 - Área BA-15 Caripará - Bahia, 1997.  
Nº 10 - Área GO-01 Crixás/Pilar - Goiás, 1997.  
Nº 11 - Área GO-02 Porangatu/Mara Rosa - Goiás, 1997.  
Nº 12 - Área GO-03 Niquelândia - Goiás, 1997.  
Nº 13 - Área MT-01 Peixoto de Azevedo/Vila Guarita - Mato Grosso, 1997.  
Nº 14 - Área MT-06 Ilha 24 de Maio - Mato Grosso, 1997.  
Nº 15 - Área MT-08 São João da Barra - Mato Grosso/Pará, 1997.  
Nº 16 - Área RO-02 Jenipapo/Serra Sem Calça - Rondônia, 1997.  
Nº 17 - Área RO-06 Guaporé/Madeira - Rondônia, 1997.  
Nº 18 - Área RO-07 Rio Madeira - Rondônia, 1997.  
Nº 19 - Área RR-01 Uraricaá - Roraima, 1997.  
Nº 20 - Área AP-03 Alto Jari - Amapá/Pará, 1997.

- Nº 21 - Área CE-02 Várzea Alegre/Lavras da Mangabeira/Encanto - Ceará, 1997.
- Nº 22 - Área GO-08 Arenópolis/Amorinópolis - Goiás, 1997.
- Nº 23 - Área PA-07 Serra Pelada - Pará, 1997.
- Nº 24 - Área SC-01 Botuverá/Brusque/Gaspar - Santa Catarina, 1997.
- Nº 25 - Área AP-01 Cassiporé - Amapá, 1997.
- Nº 26 - Área BA-04 Jacobina Sul - Bahia, 1997.
- Nº 27 - Área PA-03 Cuiapucu/Carará - Pará/Amapá, 1997.
- Nº 28 - Área PA-10 Serra dos Carajás - Pará, 1997.
- Nº 29 - Área AP-04 Tumucumaque - Pará, 1997.
- Nº 30 - Área PA-11 Xinguara - Pará, 1997.
- Nº 31 - Área PB-01 Cachoeira de Minas/Itajubatiba/Itapetim - Paraíba/Pernambuco, 1997.
- Nº 32 - Área AP-02 Tartarugalzinho - Amapá, 1997.
- Nº 33 - Área AP-06 Vila Nova/Iratapuru - Amapá, 1997.
- Nº 34 - Área PA-02 Ipitinga - Pará/Amapá, 1997.
- Nº 35 - Área PA-17 Caracol - Pará, 1997.
- Nº 36 - Área PA-18 Vila Riozinho - Pará, 1997.
- Nº 37 - Área PA-19 Rio Novo - Pará, 1997.
- Nº 38 - Área PA-08 São Félix - Pará, 1997.
- Nº 39 - Área PA-21 Marupá - Pará, 1998.
- Nº 40 - Área PA-04 Três Palmeiras/Volta Grande - Pará, 1998.
- Nº 41 - Área TO-01 Almas/Natividade - Tocantins, 1998.
- Nº 42 - Área RN-01 São Fernando/Ponta da Serra/São Francisco - Rio Grande do Norte/Paraíba, 1998.
- Nº 43 - Área GO-06 Cavalcante - Goiás/Tocantins, 1998.
- Nº 44 - Área MT-02 Alta Floresta - Mato Grosso/Pará, 1998.
- Nº 45 - Área MT-03 Serra de São Vicente - Mato Grosso, 1998.
- Nº 46 - Área AM-04 Rio Traíra - Amazonas, 1998.
- Nº 47 - Área GO-10 Pirenópolis/Jaraguá - Goiás, 1998.
- Nº 48 - Área CE-01 Reriutaba/Ipu - Ceará, 1998.
- Nº 49 - Área PA-06 Manelão - Pará, 1998.
- Nº 50 - Área PA-20 Jacareacanga - Pará/Amazonas, 1998.
- Nº 51 - Área MG-07 Paracatu - Minas Gerais, 1998.
- Nº 52 - Área RO-05 Colorado - Rondônia/Mato Grosso, 1998.
- Nº 53 - Área TO-02 Brejinho de Nazaré - Tocantins, 1998.
- Nº 54 - Área RO-04 Porto Esperança - Rondônia, 1998.
- Nº 55 - Área RO-03 Parecis - Rondônia, 1998.
- Nº 56 - Área RR-03 Uraricoera - Roraima, 1998.
- Nº 57 - Área GO-04 Goiás - Goiás, 1998.
- Nº 58 - Área MA-01 Belt do Gurupi - Maranhão/Pará, 1998.
- Nº 59 - Área MA-02 Aurizona/Carutapera - Maranhão/Pará, 1998.
- Nº 60 - Área PE-01 Serrita - Pernambuco, 1998.
- Nº 61 - Área PR-01 Curitiba/Morretes - Paraná, 1998.
- Nº 62 - Área MG-01 Pitangui - Minas Gerais, 1998.
- Nº 63 - Área PA-12 Rio Fresco - Pará, 1998.
- Nº 64 - Área PA-13 Madalena - Pará, 1998.
- Nº 65 - Área AM-01 Parauari - Amazonas/Pará, 1999.
- Nº 66 - Área BA-01 Itapicuru Norte - Bahia, 1999.
- Nº 67 - Área RR-04 Quino Maú - Roraima, 1999.
- Nº 68 - Área RR-05 Apiaú - Roraima, 1999.
- Nº 69 - Área AM 05 Gavião/Dez Dias - Amazonas, 1999.
- Nº 70 - Área MT-07 Araés/Nova Xavantina - Mato Grosso, 2000.
- Nº 71 - Área AM-02 Cauaburi - Amazonas, 2000.
- Nº 72 - Área RR-02 Mucajá - Roraima, 2000.
- Nº 73 - Área RR-06 Rio Amajari - Roraima, 2000.
- Nº 74 - Área BA-03 Jacobina Norte - Bahia, 2000.
- Nº 75 - Área MG-04 Serro - Minas Gerais, 2000.
- Nº 76 - Área BA-02 Itapicuru Sul - Bahia, 2000.
- Nº 77 - Área MG-03 Conselheiro Lafaiete - Minas Gerais, 2000.
- Nº 78 - Área MG-05 Itabira - Minas Gerais, 2000.
- Nº 79 - Área MG-09 Riacho dos Machados - Minas Gerais, 2000.
- Nº 80 - Área BA-14 Correntina - Bahia, 2000.
- Nº 81 - Área BA-12 Boquira Sul - Bahia, 2000

- Nº 82 - Área BA-13 Gentio do Ouro - Bahia, 2000.
- Nº 83 - Área BA-08 Rio de Contas/Ibitiara Sul - Bahia, 2000.
- Nº 84 - Área MT-05 Cuiabá/Poconé - Mato Grosso, 2000.
- Nº 85 - Área MT-04 Jauru/Barra dos Bugres - Mato Grosso, 2000.

### **SÉRIE OURO - INFORMES GERAIS**

- Nº 01 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1996.
- Nº 02 - Programa Nacional de Prospecção de Ouro - Natureza e Métodos, 1998.
- Nº 03 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1998.
- Nº 04 - Gold Prospecting National Program - Subject and Methodology, 1998.
- Nº 05 - Mineralizações Auríferas da Região de Cachoeira de Minas – Municípios de Manaíra e Princesa Isabel - Paraíba, 1998.
- Nº 06 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 2000.
- Nº 07 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Minas do Camaquã - Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 08 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Ibaré – Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 09 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 10 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Passo do Salsinho - Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 11 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Marmeleiro - Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 12 - Map of Gold Production and Reserves of Brazil (1:7.000.000 Scale), 2000
- Nº 13 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Cambaizinho - Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 14 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Passo do Ivo - Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 15 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Batovi – Rio Grande do Sul, 2001.
- Nº 16 - Projeto Metalogenia da Província Aurífera Juruena-Teles Pires, Mato Grosso – Goiânia, 2008.
- Nº 17 - Metalogenia do Distrito Aurífero do Rio Juma, Nova Aripuanã, Manaus, 2010.

### **SÉRIE INSUMOS MINERAIS PARA AGRICULTURA**

- Nº 01 - Mapa Síntese do Setor de Fertilizantes Mineraiis (NPK) no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1997.
- Nº 02 - Fosfato da Serra da Bodoquena - Mato Grosso do Sul, 2000.
- Nº 03 - Estudo do Mercado de Calcário para Fins Agrícolas no Estado de Pernambuco, 2000.
- Nº 04 - Mapa de Insumos Mineraiis para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 05 - Estudo dos Níveis de Necessidade de Calcário nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 06 - Síntese das Necessidades de Calcário para os Solos dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 07 - Mapa de Insumos Mineraiis para Agricultura e Áreas Potenciais de Rondônia, 2001.
- Nº 08 - Mapas de Insumos Mineraiis para Agricultura nos Estados de Amazonas e Roraima, 2001.
- Nº 09 - Mapa-Síntese de Jazimentos Mineraiis Carbonatados dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 10 - Insumos Mineraiis para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados do Pará e Amapá, 2001.
- Nº 11 - Síntese dos Jazimentos, Áreas Potenciais e Mercado de Insumos Mineraiis para Agricultura no Estado da Bahia, 2001.
- Nº 12 - Avaliação de Rochas Calcárias e Fosfatadas para Insumos Agrícolas do Estado de Mato Grosso, 2008.
- Nº 13 - Projeto Fosfato Brasil – Parte I, Salvador, 2011.
- Nº 14 - Projeto Fosfato Brasil – Estado de Mato Grosso – Áreas Araras/Serra do Caeté e Planalto da Serra, 2011.
- Nº 15 - Projeto Mineralizações Associadas à Plataforma Bambuí no Sudeste do Estado do Tocantins (TO) – Goiânia, 2012.
- Nº 16 – Rochas Carbonáticas do Estado de Rondônia, Porto Velho, 2015.
- Nº 17 – Projeto Fosfato Brasil – Parte II, Salvador, 2016.
- Nº 18 – Geoquímica Orientativa para Pesquisa de Fosfato no Brasil, Salvador, 2016.

### **SÉRIE PEDRAS PRECIOSAS**

- Nº 01 - Mapa Gemológico da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, 1997.
- Nº 02 - Mapa Gemológico da Região Lajeado/Soledade/Salto do Jacuí - Rio Grande do Sul, 1998



- Nº 03 - Mapa Gemológico da Região de Ametista do Sul - Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 04 - Recursos Gemológicos dos Estados do Piauí e Maranhão, 1998.
- Nº 05 - Mapa Gemológico do Estado do Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 06 - Mapa Gemológico do Estado de Santa Catarina, 2000.
- Nº 07 - Aspectos da Geologia dos Pólos Diamantíferos de Rondônia e Mato Grosso – O Fórum de Juína – Projeto Diamante, Goiânia, 2010.
- Nº 08 - Projeto Avaliação dos Depósitos de Opalas de Pedro II – Estado do Piauí, Teresina, 2015.
- Nº 09 - Aluviões Diamantíferos da Foz dos Rios Jequitinhonha e Pardo - Fase I – Estado da Bahia, Salvador, 2015.

#### **SÉRIE OPORTUNIDADES MINERAIS - EXAME ATUALIZADO DE PROJETO**

- Nº 01 - Níquel de Santa Fé - Estado de Goiás, 2000.
- Nº 02 - Níquel do Morro do Engenho - Estado de Goiás, 2000.
- Nº 03 - Cobre de Bom Jardim - Estado de Goiás, 2000.
- Nº 04 - Ouro no Vale do Ribeira - Estado de São Paulo, 1996.
- Nº 05 - Chumbo de Nova Redenção - Estado da Bahia, 2001.
- Nº 06 - Turfa de Caçapava - Estado de São Paulo, 1996.
- Nº 08 - Ouro de Natividade - Estado do Tocantins, 2000.
- Nº 09 - Gipsita do Rio Cupari - Estado do Pará, 2001.
- Nº 10 - Zinco, Chumbo e Cobre de Palmeirópolis - Estado de Tocantins, 2000.
- Nº 11 - Fosfato de Miriri - Estados de Pernambuco e Paraíba, 2001.
- Nº 12 - Turfa da Região de Itapuã - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 13 - Turfa de Águas Claras - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 14 - Turfa nos Estados de Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 15 - Nióbio de Uaupés - Estado do Amazonas, 1997.
- Nº 16 - Diamante do Rio Maú - Estado da Roraima, 1997.
- Nº 18 - Turfa de Santo Amaro das Brotas - Estado de Sergipe, 1997.
- Nº 19 - Diamante de Santo Inácio - Estado da Bahia, 2001.
- Nº 21 - Carvão nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 1997.
- Nº 22 - Coal in the States of Rio Grande do Sul and Santa Catarina, 2000.
- Nº 23 - Kaolin Exploration in the Capim River Region - State of Pará - Executive Summary, 2000.
- Nº 24 - Turfa de São José dos Campos - Estado de São Paulo, 2002.
- Nº 25 - Lead in Nova Redenção - Bahia State, Brazil, 2001.

#### **SÉRIE DIVERSOS**

- Nº 01 - Informe de Recursos Minerais - Diretrizes e Especificações - Rio de Janeiro, 1997.
- Nº 02 - Argilas Nobres e Zeolitas na Bacia do Parnaíba - Belém, 1997.
- Nº 03 - Rochas Ornamentais de Pernambuco - Folha Belém do São Francisco - Escala 1:250.000 - Recife, 2000.
- Nº 04 - Substâncias Minerais para Construção Civil na Região Metropolitana de Salvador e Adjacências - Salvador, 2001.

#### **SÉRIE RECURSOS MINERAIS MARINHOS**

- Nº 01 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Leste do Ceará – Recife, 2007.

#### **SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS**

- Nº 01 – Projeto Materiais de Construção na Área Manacapuru-Iranduba-Manaus-Careiro (Domínio Baixo Solimões) – Manaus, 2007.
- Nº 02 – Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Salvador – Salvador, 2008.
- Nº 03 – Projeto Materiais de Construção no Domínio Médio Amazonas – Manaus, 2008.
- Nº 04 – Projeto Rochas Ornamentais de Roraima – Manaus, 2009.
- Nº 05 – Projeto Argilas da Bacia Pimenta Bueno – Porto Velho, 2010.
- Nº 06 – Projeto Quartzo Industrial Dueré-Cristalândia – Goiânia, 2010.
- Nº 07 – Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Aracaju – Salvador, 2011.
- Nº 08 – Rochas Ornamentais no Noroeste do Estado do Espírito Santo – Rio de Janeiro, 2012.
- Nº 09 – Projeto Insumos Minerais para a Construção Civil na Região Metropolitana do Recife – Recife, 2012.
- Nº 10 – Materiais de Construção Civil da Folha Porto Velho – Porto Velho, 2013.
- Nº 11 – Polo Cerâmico de Santa Gertrudes – São Paulo, 2014.
- Nº 12 – Projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Natal – Recife, 2015.
- Nº 13 – Materiais de Construção Civil para Vitória da Conquista, Itabuna-Ilhéus e Feira de Santana – Salvador, 2015.

- Nº 14 – Projeto Materiais de Construção da Região de Marabá e Eldorado dos Carajás – Belém, 2015.
- Nº 15 – Panorama do Setor de Rochas Ornamentais do Estado de Rondônia – Porto Velho, 2015
- Nº 16 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Goiânia – Goiânia, 2015
- Nº 17 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre – Porto Alegre, 2016
- Nº 18 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Fortaleza – Fortaleza, 2016

#### **SÉRIE METAIS - INFORMES GERAIS**

- Nº 01 – Projeto BANEÓ – Bacia do Camaquã – Metalogenia das Bacias Neoproterozóico-eopaleozóicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2008
- Nº 02 – Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu Entorno - MG – Rio de Janeiro, 2014.
- Nº 03 – Projeto BANEÓ – Bacias do Itajaí, de Campo Alegre e Corupá – Metalogenia das Bacias Neoproterozóico-eopaleozóicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2015

#### **SÉRIE PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL**

- Nº 01 – Áreas de Relevante Interesse Mineral - ARIM, Brasília, 2015
- Nº 02 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Tróia-Pedra Branca, Estado do Ceará, Fortaleza, 2015

#### **SÉRIE MINERAIS ESTRATÉGICOS**

- Nº 01 – Diretrizes para Avaliação do Potencial do Potássio, Fosfato, Terras Raras e Lítio no Brasil, Brasília, 2015



# INFORME DE RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

## *Série Províncias Minerais do Brasil, nº 02*

### **METALOGENIA DAS PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL: ÁREA TROIA-PEDRA BRANCA, ESTADO DO CEARÁ**

O produto Informe de Recursos Minerais, parte integrante do Programa Geologia do Brasil, objetiva sistematizar e divulgar os resultados das atividades e projetos desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM nos campos da geologia econômica, prospecção, pesquisa e economia mineral. Tais resultados são apresentados na forma de estudos, artigos, relatórios e mapas.

Este relatório apresenta os resultados do mapeamento geológico e de recursos minerais em escala regional (1:500.000) da exposição de rochas do embasamento arqueano-paleoproterozoico que ocorre na porção central do estado do Ceará, conhecida na literatura técnico-científica como Maciço de Troia (ou Complexo Cruzeta), que representa um dos mais importantes domínios metalogenéticos da Província Borborema, no nordeste do Brasil.

A cartografia executada na região objetivou estabelecer: controle litológico, estrutural e mineralógico da mineralização aurífera associada à sequência tipo-greenstone belt de idade paleoproterozoica; o controle estrutural das mineralizações de ferro da região de Tauá-Mombaça; o controle litoestratigráfico para os depósitos de grafite e manganês da região de Itapiúna-Canindé e os principais aspectos da mineralização de EGP no complexo máfico-ultramáfico de Troia-Pedra Branca.

Além de ser um instrumento para formulação de políticas públicas, este produto auxilia na atração de investimentos no setor mineral, fator importante para a manutenção do crescimento econômico, cujos efeitos podem resultar na geração de emprego, renda e desenvolvimento social à luz da sustentabilidade e respeito ao meio ambiente.

#### **Sede**

Setor Bancário Norte - SBN - Quadra 02, Asa Norte  
Bloco H - Edifício Central Brasília - Brasília – DF  
CEP: 70040-904  
Tel: 61 2108-8400

#### **Escritório Rio de Janeiro**

Av Pasteur, 404 – Urca  
Rio de Janeiro – RJ Cep: 22290-255  
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382

#### **Diretoria de Geologia e Recursos Minerais**

Tel: 21 2546-0212 - 61 3223-1166

#### **Departamento de Geologia**

Tel: 71 3371-8886

#### **Departamento de Recursos Minerais**

Tel: 61 2108-8486

#### **Divisão de Projetos Especiais e Minerais Estratégicos**

Tel: 92 2126-0308

#### **Divisão Geologia Econômica**

Tel: 61 2108-8485

#### **Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

Tel: 21 2295-5837 - 61 3223-1059

#### **Residência de Fortaleza**

Avenida Antônio Sales, 1418 – Joaquim Távora  
Fortaleza - CE - CEP: 60135-101  
Tel.: 85 3878-0200

#### **Assessoria de Comunicação**

Tel: 61 2108-8468

E-mail: [asscomdf@cprm.gov.br](mailto:asscomdf@cprm.gov.br)

#### **Divisão de Marketing e Divulgação**

Tel: 31 3878-0372

E-mail: [marketing@cprm.gov.br](mailto:marketing@cprm.gov.br)

#### **Ouvidoria**

Tel: 21 2295-4697

E-mail: [ouvidoria@cprm.gov.br](mailto:ouvidoria@cprm.gov.br)

#### **Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS**

Tel: 21 2295-5997

E-mail: [seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br)

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)