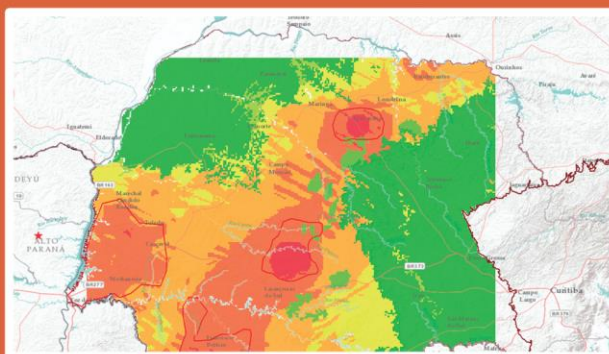


# PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

PROJETO TEMÁTICO EM ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

TITÂNIO LATERÍTICO NA BACIA DO PARANÁ:  
PANORAMA DO ESTADO DO PARANÁ



**INFORME DE RECURSOS MINERAIS,**  
Série Rochas e Minerais Industriais N.º 38

São Paulo - 2022

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

**Ministro de Estado**

Adolfo Sachsida

**Secretária de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**

Líliã Mascarenhas Sant'agostino

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor-Presidente interino**

Cassiano de Souza Alves

**Diretor de Geologia e Recursos Minerais interino**

Paulo Afonso Romano

**Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial**

Alice Silva de Castilho

**Diretor de Infraestrutura Geocientífica**

Paulo Afonso Romano

**Diretor de Administração e Finanças**

Cassiano de Souza Alves

**COORDENAÇÃO TÉCNICA**

**Chefe do Departamento de Recursos Minerais**

Marcelo Esteves Almeida

**Chefe da Divisão de Rochas e Minerais Industriais**

Michel Marques Godoy

**Chefe da Divisão de Geoquímica**

Silvana Carvalho Melo

**Chefe do Departamento de Geologia**

Valter Rodrigues S. Sobrinho

**Chefe da Divisão de Geologia Básica**

Patrick Araújo dos Santos

**Chefe do Departamento de Relações Intitucionais e Divulgação**

Patrícia Düringer Jacques

**Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação**

David Teles Ferreira

**Chefe da Divisão de Editoração Geral**

Lucas Victor de Alcântara Estevão

**SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO**

**Superintendente**

Lauro Gracindo Pizzatto

**Gerência de Geologia e Recursos Minerais**

Maurício Pavan Silva

**Supervisores**

Roberto Loreti Junior

Jairo Jamerson Correia de Andrade

Líder do Projeto

Roberto Loreti Junior

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**  
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS  
I PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL I

## **AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL**

---

# **PROJETOS TEMÁTICOS EM ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS TITÂNIO LATERÍTICO NA BACIA DO PARANÁ - PANORAMA DO ESTADO DO PARANÁ**

### **ORGANIZADORES**

Roberto Loreti Junior  
Guilherme Iolino Troncon Guerra

**INFORME DE RECURSOS MINERAIS**  
Série Rochas e Minerais Industriais, nº 38



---

São Paulo  
2022

**REALIZAÇÃO**

Superintendência de São Paulo

**ORGANIZAÇÃO**

Roberto Loreti Junior  
Guilherme Iolino Troncon Guerra

**CRÉDITOS DE AUTORIA DO TEXTO EXPLICATIVO****1. Introdução**

Roberto Loreti Junior

**2. Economia Mineral**

Roberto Loreti Junior

**3. Alto Paraná**

Roberto Loreti Junior  
Guilherme Iolino Troncon Guerra

**4. Potencial de Mineralização de Ti na Bacia do Paraná**

Guilherme Iolino Troncon Guerra

**5. Discussões**

Roberto Loreti Junior  
Guilherme Iolino Troncon Guerra

**6. Sugestões**

Roberto Loreti Junior  
Guilherme Iolino Troncon Guerra

**COLABORAÇÃO TÉCNICA**

Rafael Bittencourt Lima  
Viviane Carrilo Ferrari

**REVISÃO FINAL**

Marcelo Esteves Almeida

**PROJETO GRÁFICO/EDITORIAÇÃO****Capa (DIEDIG)**

Lucas Victor de Alcântara Estevão

**Miolo (DIEDIG)**

Andréia Amado Continentino  
Agmar Alves Lopes

**Diagramação (SUREG-PA)**

Alessandra Luiza Rahel

**Supervisão**

Michel Marques Godoy

**NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA**

Margareth Lopes Moraes

**REVISÃO DE TEXTO**

Irinéa Barbosa da Silva  
Beatriz Siqueira (estagiária)

**FOTOS DA CAPA**

Da esquerda para a direita:

1 - Mapa de favorabilidade de titânio laterítico no estado do Paraná  
2 - Paisagem típica da região de Foz do Iguaçu/Cascavel - planícies de lateritos desenvolvidas sobre derrames basálticos, encobertos por agricultura.

3 - Área da cava piloto no depósito de titânio laterítico na localidade de Alto Parana-Paraguai.

4 - Trincheira na área do depósito de titânio de Alto Parana-Paraguai.

**Serviço Geológico do Brasil – CPRM**

www.cprm.gov.br  
seus@sgb.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

P964	Projetos temáticos em rochas e minerais industriais : titânio laterítico na bacia do Paraná : panorama do estado do Paraná / Organizadores Roberto Loreti Junior, Guilherme Iolino Troncon Guerra. – São Paulo : CPRM, 2022. 1 recurso eletrônico : PDF. – (Informe de recursos minerais. Série Rochas e Minerais Industriais ; 38)  Avaliação dos recursos minerais do Brasil. ISBN 978-65-5664-310-6  1. Geologia econômica. 2. Recursos minerais. I. Loreti Junior, Roberto (org.). II. Guerra, Guilherme Iolino Troncon (org.). III. Título. IV. Série.  CDD 553
------	--

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Teresa Rosenhayme CRB -7 / 5662

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM  
Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

# APRESENTAÇÃO

---

O Serviço Geológico do Brasil (CPRM) tem a satisfação de disponibilizar à comunidade geocientífica, aos empresários do setor mineral e à sociedade em geral, o Informe de Recursos Minerais, número 38, **“Titânio Laterítico na Bacia do Paraná - Panorama do Estado do Paraná”**, fruto da **Ação Avaliação dos Recursos Minerais do Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral**. Esta ação consiste em um conjunto de projetos que visam estimular a pesquisa e a produção mineral brasileira, com foco adicional no suprimento de matérias-primas essenciais para o desenvolvimento da infraestrutura e do agronegócio. O projeto foi executado pela Gerência de Geologia e Recursos Minerais da **Superintendência Regional de São Paulo**, com supervisão nacional da Divisão de Rochas e Minerais Industriais e coordenação geral do Departamento de Recursos Minerais (DEREM). Neste sentido, o SGB-CPRM apresenta o vigente produto com o objetivo de avaliar a potencialidade da mineralização de titânio na Bacia do Paraná, no oeste do Paraná e no norte de Santa Catarina. Nessas localidades, está presente a Formação Serra Geral, onde minerais de titânio, pelo processo de laterização, estão concentrados. O presente informe mineral apresenta a relação dos tipos de depósito relacionados às mineralizações de titânio e suas características, análise de demanda no Brasil para tal substância e um levantamento do potencial geológico para a ocorrência de depósitos lateríticos de titânio, por meio da utilização de dados aerogeofísicos e geoquímicos como ferramentas para a definição de alvos. Por meio deste trabalho, o SGB-CPRM procura aproximar-se do setor produtivo mineral, apresentando resultados que podem promover aumento na atividade exploratória no país. Os resultados, integrados em Sistema de Informações Geográficas (SIG), estão disponíveis no banco de dados corporativo (<http://geosgb.cprm.gov.br>).

**Cassiano de Souza Alves**

Diretor-Presidente interino

**Paulo Afonso Romano**

Diretor de Geologia e Recursos Minerais interino

## RESUMO

---

O elemento titânio é utilizado para diversas finalidades. Entre elas, é possível destacar seu aproveitamento na fabricação de tintas e coloríficos na forma de concentrado de dióxido de titânio. O Brasil é um dos cinco maiores produtores de tinta do mundo, motivo pelo qual o dióxido de titânio, essencial neste segmento, torna-se um produto atrativo, contudo, o país ainda é dependente de importação dessa matéria-prima. O titânio deve ser observado como um elemento que tem potencial para contribuir com o desenvolvimento econômico do país, não só para utilização na produção industrial de tintas e coloríficos, mas também como insumo para as indústrias de produtos de alta tecnologia.

Em 2017, foi publicado, por meio de relatório técnico preparado pela *Uranium Energy Corp*, um projeto chamado “Alto Parana”, localizado no extremo sudeste do Paraguai, próximo à fronteira com o Brasil. O relatório aponta o potencial exploratório de um depósito laterítico de titânio com características geológicas, geográficas e climáticas semelhantes às encontradas na porção oeste do estado do Paraná e norte de Santa Catarina. É a primeira vez que se relata este tipo de depósito relacionado ao titânio.

A geologia da Bacia do Paraná, dentro dos limites de fronteira brasileiros, destaca-se, fundamentalmente, pelo volumoso magmatismo toleítico, classificado como Formação Serra Geral, que corresponde na cartografia geológica do Paraguai à unidade litoestratigráfica denominada Alto Parana, formando uma das maiores províncias de basaltos continentais existentes. A maior parte das rochas formadoras dessa província são derrames basálticos, ocorrendo também corpos intrusivos de composição toleítica, formando *sills* e diques. Em geral, essas rochas possuem elevados teores de titânio.

Este informe tem como principal objetivo identificar áreas com potencial para laterização de rochas basálticas enriquecidas em ilmenita, “pseudorutilo” e titanomagnetita.

# ABSTRACT

---

*The titanium element is used for several purposes, among them it is possible to highlight its use in the manufacture of paints and colorants in the form of titanium dioxide concentrate. Brazil is between the five largest paint producers in the world, which is why titanium dioxide, an essential raw material in this segment, becomes an attractive product. However, the country is still dependent on imports of this raw material. Titanium should be observed as an element that has potential to contribute to the economic development of the country, not only for its use in the industrial production of paints and colorants, but also as an input for industries of high technology products.*

*In consonance with the factor explained above, in 2017 a project called Alto Paraná was published, through a technical report prepared by Uranium Energy Corp. Located in the extreme southeast of Paraguay, near the border with Brazil. In which it propagates the exploratory potential of a titanium laterite deposit, with geological, geographic and climatic characteristics similar to those found in the western portion of the state of Paraná and northern Santa Catarina. This is the first time this type of titanium-related deposit has been reported.*

*The geology of the Paraná Basin within the borders of Brazil stands out, fundamentally, for the voluminous toleitic magmatism classified as the Serra Geral Formation and corresponding to the Upper Paraná, in Paraguay, forming one of the largest continental basalt provinces in existence. Most of the source rocks of this province are basaltic seeps. There are also intrusive bodies of toleitic composition, forming sills and dikes. In general these rocks have high titanium contents.*

*The main objective of this report is to identify areas with potential for lateritic basaltic rocks enriched in ilmenite, "pseudorutile" and titanomagnetite.*

# SUMÁRIO

---

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1. HISTÓRICO .....	7
<b>2. ECONOMIA MINERAL.....</b>	<b>10</b>
<b>3. TITÂNIO LATERÍTICO EM ALTO PARANA - PARAGUAI .....</b>	<b>12</b>
3.1. INTRODUÇÃO.....	12
3.2. GEOLOGIA, MINERALIZAÇÕES E RECURSOS.....	12
3.2.1. Geologia .....	12
3.2.2. Mineralização de titânio .....	12
3.2.3. Recursos estimados .....	13
<b>4. POTENCIAL DE TITÂNIO LATERÍTICO NO ESTADO DO PARANÁ.....</b>	<b>14</b>
4.1. INTRODUÇÃO.....	14
4.2. FORMAÇÃO SERRA GERAL .....	14
4.3. GEOFÍSICA.....	14
4.3.1. Aerogravimetria .....	14
4.3.2. Aeromagnetometria .....	15
4.4. GEOQUÍMICA PROSPECTIVA .....	16
<b>5. DISCUSSÕES.....</b>	<b>17</b>
<b>6. SUGESTÕES.....</b>	<b>18</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>19</b>



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. HISTÓRICO

O titânio é um elemento químico da família 3A da tabela periódica, pertencente ao grupo dos metais de transição, possui o número atômico 22, massa atômica 48 e três principais estados de oxidação (+2, +3 e +4), sendo o +4 o mais comum. Existem cinco isótopos de ocorrência naturais (46 Ti, 47 Ti, 48 Ti, 49 Ti e 50 Ti), dentre eles, o mais abundante é o 48 Ti, com 74% da massa total. O elemento é o nono mais abundante na crosta terrestre, com média de 0,7% em peso (RUDNICK; FOUNTAIN, 1995), equivalente a 6.320 mg kg<sup>-1</sup> (MIELKE, 1979).

É um elemento metálico litófilo comum em vários minerais, como: ilmenita, rutilo, brookita, titanita, anatásio, perovskita e esfero. Ocorre, também, como elemento acessório no piroxênio, anfibólio, mica e granada. A ilmenita e o rutilo são os dois principais minerais de titânio, tendo o primeiro um teor de TiO<sub>2</sub> contido entre 35% e 65%; e o rutilo, que ocorre naturalmente como TiO<sub>2</sub>, possui teor superior, porém é menos abundante (BEDINGER, 2016).

O titânio metálico compõe ligas que lhes conferem propriedades físicas interessantes, como a relação de alta resistência/baixo peso, elevado ponto de fusão, resistência à corrosão, baixa condutividade térmica, baixo coeficiente de expansão e elevada resistividade elétrica. Essas ligas são comumente usadas na indústria aeroespacial. Como titânio não metálico, tem maior relevância para a indústria de tintas. Através da produção de dióxido de titânio, que consome 90% dos concentrados de titânio no mundo, cerca de 57% desse composto é direcionado à indústria de tintas, 26% para plástico, 13% para papel e o restante distribuído em borracha, tintas para impressão, cosméticos, produtos farmacêuticos, entre outros (LUZ; LINS, 2008)

O Serviço Geológico Americano (*United State Geological Survey - USGS*), em Woodruff, Bedinger e Piatak (2017), atualizou uma tabela produzida por Force (1991), que correlaciona as classes dos depósitos, aos tipos de depósitos, aos minerais de minério, aos níveis de importância econômica e às localidades dos depósitos (Figura 1). Os tipos de depósitos citados incluem diferentes ambientes geológicos e serão abordados com maior detalhe a seguir.

Os minerais de titânio ocorrem na forma de silicatos e óxidos. Entretanto, somente alguns minerais óxidos são interessantes sob o aspecto econômico. Um dos

C.D.	Tipo de Depósito	Mineralogia típica	N.I.E.	Exemplos de depósitos
<b>magmático (ígneas ou relacionado a ígneas)</b>				
I-1	Anortosito maciço	hemo-ilmenita	1	Lac Tio, Quebec; Tellnes, Noruega
I-2	Anortosito gabro	ilmenita, titanomagnetita	2	Sanford lake dist., New York
I-3	Intrusão máfica acamadada	ilmenita, titanomagnetita	2	Magpie, Quebec; Panzihua, China
I-4	Troctólito/ultramáfica	ilmenita, titanomagnetita	3	Longnose, Minnesota
I-5	Albitico/metassomático	rutilo	3	Kragerø, Noruega; Roseland, Virginia
I-6	Alcalino/metassomático	perovskita, brookita, rutilo	3	Iron Hill, Colorado; Magnet Cove, Ark
I-7	Rochas alcalinas intemperizadas	anatásio	2	Catalão, Salitre e Tapira, Brasil
I-8	Rochas anortosíticas intemperizadas	ilmenita, rutilo	4	Roseland, Virginia
<b>metamórfica</b>				
M-1	Eclogito (encaixante)	rutilo	2	Engelbøfjellet, Noruega; Piampaludo, Itália
M-2	Anfibolito (encaixante)	rutilo	3	Daixian, China
M-3	Xisto-verde (encaixante)	rutilo	5	Daixian, China
M-4	Contato anortosito metassomático	ilmenita, rutilo	4	Roseland, Virginia
M-5	Xisto aluminoso metassomático	rutilo	5	Evergreen, Colorado
<b>hidrotermal (ígnea e/ou metamórfica)</b>				
I-M	Pórfiro(hidrotermal)	rutilo	3	Bingham, Utah; El Teniente, Chile
<b>sedimentares</b>				
S-1	Fluvial	rutilo, ilmenita		Mogbwemo e Sherbo River, Serra Leoa
S-2	Praia e/ou duna costeira	ilmenita, ilmenita alterada, rutilo, leucoxênio		North Strandbroke Island, Australia; Richards Bay, África do Sul Trail Ridge, Florida
S-3	Paleo placer litificado	ilmenita, ilmenita alterada, rutilo, leucoxênio		Bothaville, África do Sul
S-4	Depósitos sedimentares intemperizados	ilmenita alterada, leucoxênio		Trail Ridge, Florida

**Figura 1** - A tabela correlaciona a classificação do depósito (C.D.); o tipo de depósito; a mineralogia típica; o nível de importância econômica (N.I.E.) e exemplos de depósito. Adaptado de Woodruff, Bedinger e Piatak, 2017

fatores é a porcentagem em peso do elemento titânio no mineral (Figura 2). A ilmenita (FeTiO<sub>3</sub>) e os polimorfos de dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>), rutilo, anatásio e brookita são os minerais de maior potencial. Apenas os minerais que contêm pelo menos 25% de TiO<sub>2</sub> possuem algum potencial econômico (FORCE, 1991).

Nos depósitos magmáticos, a mineralogia de óxidos de ferro-titânio depende da composição do magma, da fugacidade de oxigênio e da trajetória da curva de resfriamento ao longo do tempo. Em temperaturas acima de 700 °C, magmas enriquecidos em ferro-titânio apresentam apenas uma fase homogênea. Depois que começam a resfriar, duas ou mais fases de óxidos de titânio são

formadas. Em magmas ricos em titânio em temperaturas muito altas, ao resfriarem, uma quantidade pequena de hematita separa-se da fase óxido-ferro-titânio e formam pequenas lamelas dentro de cristais de ilmenita. Esse mineral passa a ser chamado de hemo-ilmenita. Magmas enriquecidos em ferro, normalmente com fases minerais presentes como ilmenita e ulvoespínélio, quando resfriam, o  $Fe_3O_4$  é separado para formar a titanomagnetita ou agregados de grãos de ilmenita, ulvoespínélio e magnetita (ROSE, 1969).

A ilmenita também ocorre como fase detrítica em rochas sedimentares por ser resistente a processos erosivos, sua intemperização ocasiona lixiviação do elemento ferro e ocasiona a concentração de titânio. A ilmenita alterada tem potencial para transformar-se em pseudorutilo ( $Fe_2Ti_3O_9$ ), leucoxênio e rutilo, tornando-se importante alvo, com potencial econômico para exploração.

O rutilo é um mineral acessório facilmente encontrado em rochas ígneas e em rochas metamórficas. Em alto grau metamórfico, a ilmenita e silicatos são quebrados, causando a liberação de titânio, que é cristalizado na forma de rutilo. Esse mineral é o polimorfo mais comum de dióxido de titânio e seu alto índice de refração e alta opacidade torna-o um importante insumo na indústria de pigmentos.

As intrusões de rochas máficas de diferentes idades podem conter uma quantidade significativa de óxidos de ferro-titânio. Os depósitos de titânio, neste contexto, são amplamente dominados pela presença de ilmenita e hemo-ilmenita. Chamam atenção os maciços de complexos plutônicos anortosíticos de idade proterozoica que hospedam esses minerais, mas outras rochas máficas de distintas composições mineralógicas, no que diz respeito às proporções entre feldspato e piroxênio, também podem hospedar depósitos (WOODRUFF; BEDINGER; PIATAK, 2017).

Nas rochas metamórficas, é comum a presença de rutilo que possui alto teor de titânio. As rochas de alto grau metamórfico, como os eclogitos e granulitos, são hospedeiras desse mineral, porém as proporções encontradas são bastante variáveis, frequentemente baixas. O retrometamorfismo de eclogitos transforma rutilo em ilmenita ou em titanita, o que reduz sua atratividade econômica, devido à frequente presença de impurezas encontradas como cálcio, magnésio, ferro e alumínio nos minerais gerados no processo retrometamórfico. Flúidos hidrotermais têm a capacidade de modificar a composição da rocha, reduzindo a concentração de alguns elementos e aumentando a de outros, como é o caso do titânio. Halos de alteração hidrotermal e

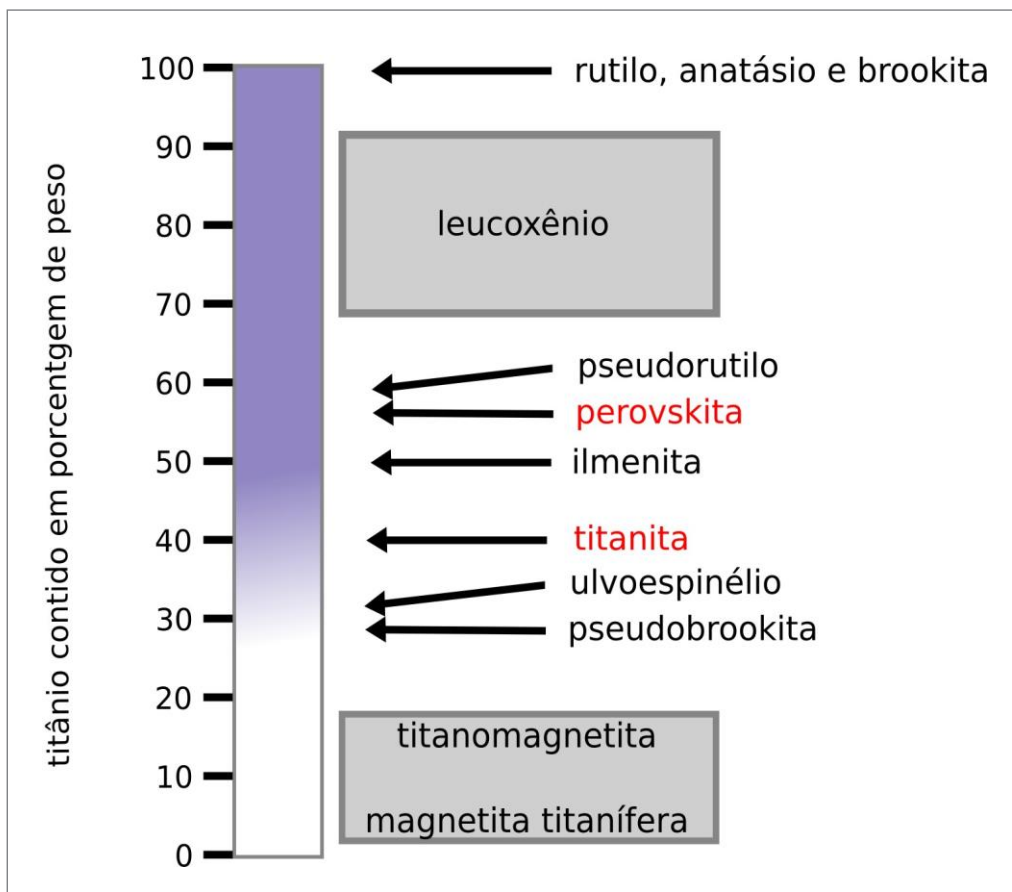


Figura 2 - Porcentagem em peso de titânio encontrado em cada mineral. Adaptado de Force (1991).

metamórficos em depósitos minerais podem concentrar o mineral rutilo (WOODRUFF; BEDINGER; PIATAK, 2017).

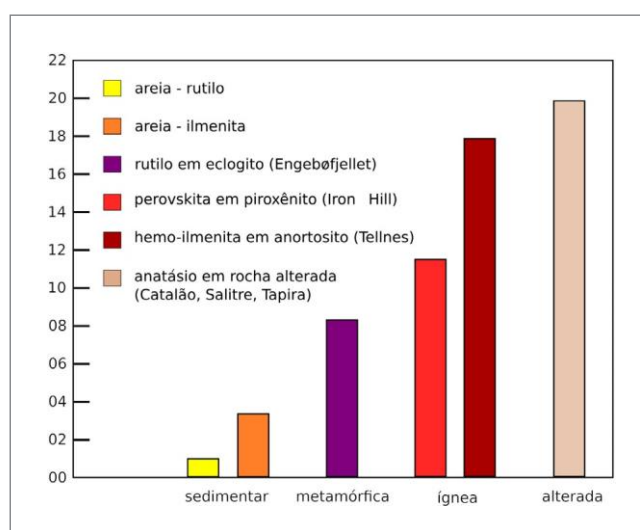
Em depósitos de origem sedimentar, a ilmenita e o rutilo são os minerais predominantes, pois são pesados e concentram-se em linhas costeiras, podendo ocorrer em depósitos fluviais e dunas. Os depósitos, tipo placer costeiro, constituídos por sedimentos inconsolidados, são as principais fontes de mineral de titânio no mundo e o mais explorado no Brasil.

TIPO DE ROCHA	TiO%	TiO% EM MINERAIS ÓXIDOS
Rochas Ígneas		
Ultramáfica	0.2-08.2	1-4
Máfica	0.9-2.7	50
Félsica	0.2-0.8	3-30
Alcalina	0.1-3.3	3-50
Charnokítica	0.4-1.6	50-95
Anortosítica	0.1-0.5	50-95
Rochas Metamórficas		
Gnaisse	0.6	5-100
Xisto e Filito	0.6	1-70
Antibolito	1.4	15-70
Serpentinito	0.0	-
Eclogito	1.0-6.0	50-90
Rochas Sedimentares		
Arenito	0.2-06	10-100
Folhelho	0.6-0.7	?
Carbonato	0.1-0.2	?

**Figura 3** - A tabela mostra a porcentagem média do elemento TiO encontrada nos tipos de rochas e nos óxidos presentes. Adaptado de Force (1991).

A Figura 4 mostra a média dos teores de TiO<sub>2</sub> em relação aos diferentes tipos de depósito de titânio ao redor do mundo.

Rochas intemperizadas também são uma fonte importante geradora de depósitos de dióxido de titânio. Os principais depósitos encontrados com esta característica são alterações intempéricas em rochas alcalinas, como os depósitos de anatásio em Catalão, Salitre e Tapira no Brasil. Recentemente, foi reportado um depósito de concentrado de ilmenita proveniente de alteração em basaltos no Paraguai. O último depósito citado é o motivo pelo qual este relatório foi confeccionado, cujo assunto será abordado com maior detalhe mais adiante.



**Figura 4** - Gráfico relacionando o dióxido de titânio contido nos tipos de depósitos. As fontes de minério fornecidas são: abundância média crustal (RUDNICK; FOUNTAIN, 1995); areia enriquecida em rutilo e ilmenita (FORCE, 1991); rutilo em eclogito de Engelbøfjellet, depósito na Noruega (Korneliussen et. al, 2000), perovskita em piroxênio, em Iron Hill no Colorado (Van Gosen, 2009); hemo-ilmenita em anortosito, em Tellnes na Noruega (Korneliussen et. al, 2000); e anatásio em rochas intemperizadas, em Catalão, Salitre e Tapira, no Brasil (FORCE, 1991). Adaptado de Woodruff, Bedinger e Piatak, 2017.

## 2. ECONOMIA MINERAL

O dióxido de titânio é utilizado em dois principais segmentos, metalurgia e pigmentos, sendo que aproximadamente 90% da substância produzida é aproveitada no setor de pigmentação. Os principais minerais minérios explorados são a ilmenita e o rutilo. Por conta da abundância na natureza, a produção de concentrado de ilmenita é muito superior de outros concentrados.

A produção de concentrado de rutilo no ano de 2018, segundo a USGS, atingiu a marca aproximada de 594 toneladas. O principal produtor foi a Austrália, representando 23,70% da produção mundial. Os outros produtores que merecem destaque são: Serra Leoa (19,16%); África do Sul (17,31%); Ucrânia (15,80%) e Quênia (15,13%). Índia, Senegal e Moçambique representam 2,52%, 1,51% e 1,34% (Figura 5).

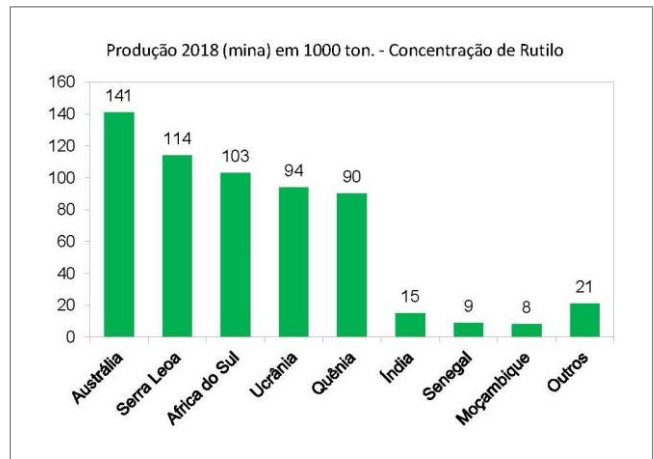
A produção de concentrado de ilmenita no mundo, em 2018, foi de aproximadamente 6.870 toneladas, sendo 89% destinados à extração de dióxido de titânio. O principal produtor é a China, responsável por cerca de 31% da produção, seguida pela África do Sul e Índia, com 11,30% e 10,64%, respectivamente, Canadá com 9,31% e Moçambique com 8,49%. Os EUA também são um importante produtor, com aproximadamente 100 x 103 toneladas, somando-se a produção do concentrado de rutilo, mas não há informação precisa. O Brasil produziu 66 toneladas de concentrado de ilmenita, correspondendo a 0,98% da produção mundial. (Figura 6).

Segundo o Sumário Mineral de 2017, publicado pela Agência Nacional de Mineração (ANM), as reservas estimadas de dióxido de titânio do Brasil, em 2016, são de 6.1 x 105 toneladas, sendo 99,4% a partir de concentrado de ilmenita.

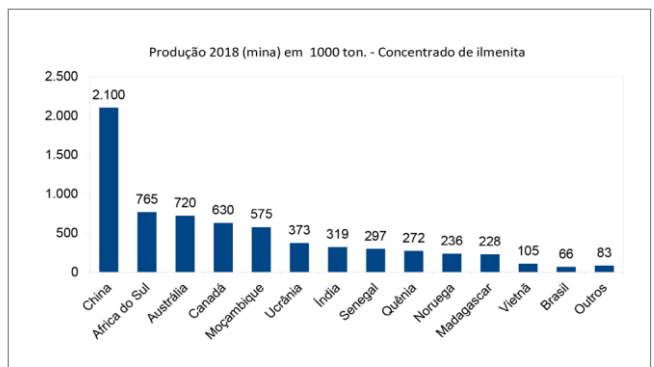
Os dois únicos municípios produtores de dióxido de titânio foram Mataraca-PB (Mina do Grajaú) e São Francisco de Itabapoana-RJ. As empresas responsáveis pela extração nesses municípios, respectivamente, são a antiga Cristal Mineração do Brasil LTDA, recentemente adquirida pela Tronox Pigmentos do Brasil S.A., que produziu, em 2016, cerca de 90% da produção nacional de titânio beneficiado, e a Indústria Nucleares do Brasil S.A.

No Brasil, a produção de dióxido de titânio tem o concentrado de ilmenita como fonte primária, atendendo tanto ao mercado interno como ao externo. Já a produção de rutilo é bastante modesta (Figura 7).

Os produtos importados de dióxido de titânio relacionados pela ANM, de 2014 a 2016, são: minérios de titânio e concentrados, ferrotitânio, obras de titânio e



**Figura 5** - Relação dos principais países produtores de concentrado de rutilo em 2018, destinados à extração de dióxido de titânio (Fonte: Mineral Commodities 2019 - USGS).



**Figura 6** - O gráfico mostra a produção de concentrados de ilmenita e de rutilo no Brasil de 2014 a 2016 (Fonte: Sumário Mineral 2017 – ANM).

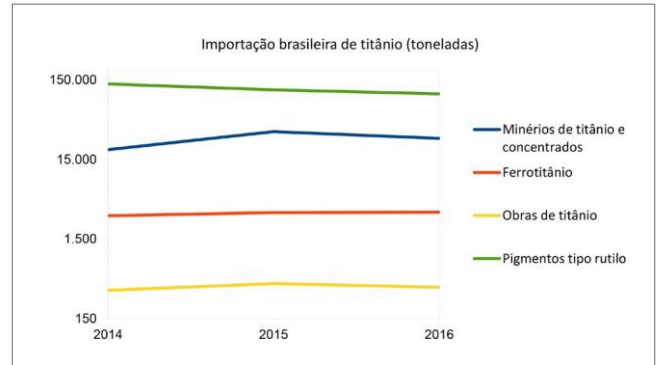
pigmentos tipo rutilo. Em volume, o principal produto de dióxido de titânio importado é o pigmento do tipo rutilo, que sofreu queda nos anos de 2015 e 2016. Minério de titânio e concentrados tiveram alta significativa em 2015, assim como obras de titânio, este último produto mais discretamente, seguido de queda em 2016. O único produto que se manteve estável foi o ferrotitânio (Figura 8).

A exportação de produtos de dióxido de titânio comercializados pelo Brasil, no mesmo período de 2014 a 2016, mostrou menor desempenho comparado com a importação. Esse desempenho foi alavancado pela queda brusca na exportação de ferrotitânio e, também, ilmenita, que é mais impactante em proporção de volume exportado (Figura 9).

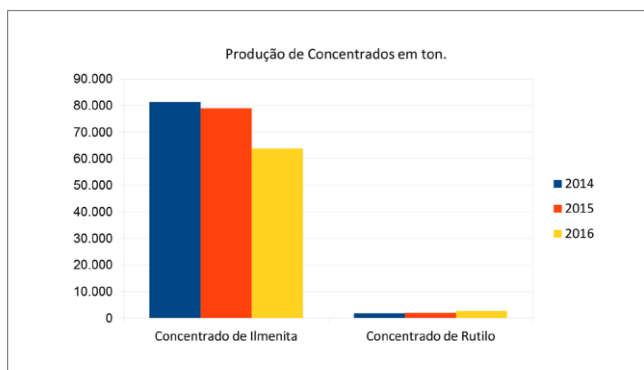
O Brasil é um dos cinco maiores produtores de tinta do mundo, motivo pelo qual o dióxido de titânio, matéria-prima essencial nesse segmento, torna-se um produto atrativo. Se pensarmos em termos de significância econômica, por se tratar de uma indústria de transformação na qual se agrega valor ao produto final, já seria motivo suficiente para despertar a atenção. O consumo médio anual *per capita*, no Brasil, é cerca de 7,5 litros; em países desenvolvidos gira em torno de 17 a 20 litros.

Apesar do titânio não ser vital à nossa economia, foi publicada, no Diário Oficial da União (DOU), a resolução nº 2, de 18 de junho de 2021, pelo Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos, que inclui o minério de titânio, situado no item II do anexo, na lista de bens minerais que têm importância pela sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia. O setor de tintas, maior consumidor de dióxido de titânio, apresenta indícios de possuir demanda reprimida, reflexo, principalmente, da redução de investimentos imobiliários. O setor imobiliário é responsável por consumir 82,1% do que é produzido, segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (Abrafati) publicado em <https://abrafati.com.br/o-setor-de-tintas-no-brasil/>, pesquisado em 20/05/2020. Somado à grande dependência

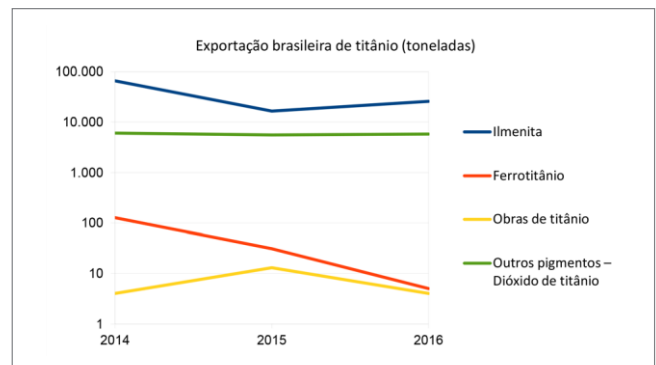
de importação de produtos minerais destinados à produção de tintas e pigmentos, o dióxido de titânio deve ser observado como matéria-prima potencial para contribuir com o desenvolvimento econômico do país.



**Figura 8** - Evolução das importações brasileiras de produtos de dióxido de titânio de 2014 a 2016. A escala é logarítmica para conseguir representar todos os tipos de produtos. É importante notar que qualquer desvio de uma reta tem significado relevante, por se tratar do padrão de escala (Fonte: Sumário Mineral 2017 – ANM).



**Figura 7** - O gráfico mostra a produção de concentrados de ilmenita e de rutilo no Brasil de 2014 a 2016 (Fonte: Sumário Mineral 2017 – ANM).



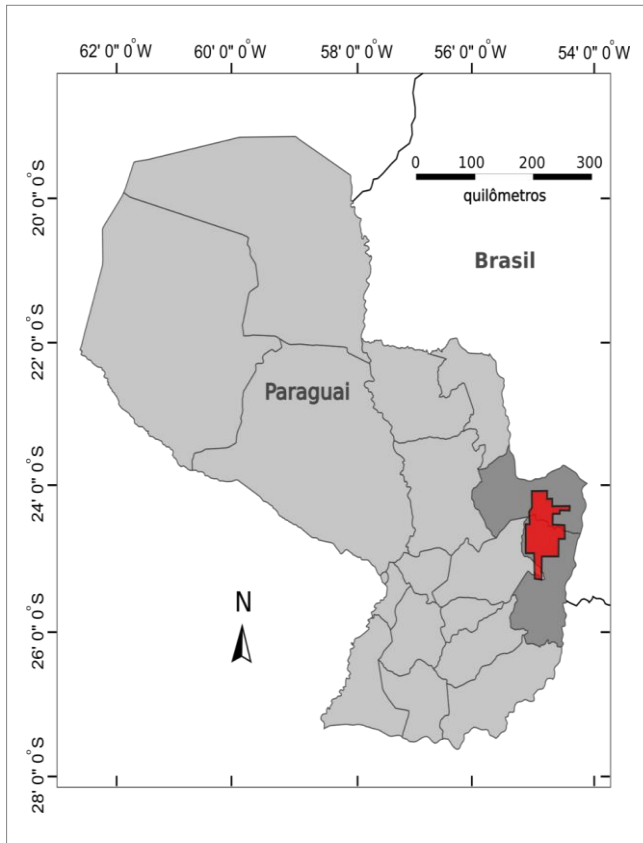
**Figura 9** - Evolução das exportações brasileiras de produtos de dióxido de titânio nos anos de 2014 a 2016. A escala é logarítmica para conseguir representar todos os tipos de produtos. É importante notar que qualquer desvio de uma reta tem significado relevante por se tratar deste padrão de escala (Fonte: Sumário Mineral 2017 – ANM).

### 3. TITÂNIO LATERÍTICO EM ALTO PARANA - PARAGUAI

#### 3.1. INTRODUÇÃO

Neste item, serão abordadas informações disponíveis no *Technical Report da Minerals Advisory Group* (Kuhn & Brown, 2017), a publicação mais completa referente à ocorrência de titânio encontradas na Bacia do Paraná, na porção leste/sudeste do Paraguai, na Província de Alto Paraná, situada, aproximadamente, a 100 km a norte da Ciudad del Este (Figura 10). Consiste em uma proposição de operação de mina e beneficiamento, para gerar concentrado de ilmenita/ferromagnetita; e fundição em forno de fusão a arco elétrico, para a produção de titânio de alta qualidade, escória e ferro gusa.

Os recursos no Alto Parana possuem teores elevados de titânio, acima dos comumente encontrados em depósitos sedimentares, como faixas de areia de praia. São lateritos com alto teor de ferro contendo minerais pesados como ilmenita, titanomagnetita e magnetita.



**Figura 10** - Mapa de localização da área de prospecção da empresa *Uranium Energy Corp*, na província Alto Parana – Paraguai. Adaptado de Hains (2012).

#### 3.2. GEOLOGIA, MINERALIZAÇÕES E RECURSOS

##### 3.2.1. Geologia

A geologia do leste do Paraguai faz parte de um ambiente intracratônico que ocupa o lado ocidental gondwânico, recoberto pela porção mais a oeste da Bacia do Paraná, que ultrapassa as fronteiras do Paraguai e estende-se, em sua maior parte, pelo interior do Brasil. Seu desenvolvimento pode ser dividido em três etapas marcantes: o início da sedimentação no Ordoviciano; magmatismo, com destaque para o derrame de basalto toleítico e alcalino da Suíte Magmática Alto Parana (equivalente ou correlata à Formação Serra Geral no Brasil) no início do Cretáceo; e a sedimentação mais recente. Existe uma delimitação a oeste da suíte, desde o início do Paleozoico, conhecido como Arco de Assunção, uma estrutura anticlinal que divide duas bacias, a própria Bacia do Paraná, mais a leste, e a Bacia do Chaco, a oeste.

As rochas do embasamento são principalmente do Proterozoico ao Paleozoico, com intrusões graníticas e metassedimentares de grau metamórfico variado. Fazem parte da porção mais setentrional do Cráton Rio de La Plata e do extremo meridional do Cráton Amazonas (FULFARO, 1996; CORMIN-CHIARAMONTI *et al.*, 1997).

##### 3.2.2. Mineralização de titânio

A mineralização de titânio consiste em lateritos enriquecidos em ilmenita, titanomagnetita e magnetita provenientes dos basaltos toleíticos e intrusões de gabros associadas da Suíte Magmática Alto Parana. São extensas áreas, onde ocorrem perfis de alteração de basaltos e gabros com cerca de 7 metros de profundidade.

Mineralogicamente, há o predomínio de caulinita que representa em média 60% a 75% da assembleia mineral. Os minerais ilmenita, titanomagnetita e magnetita aparecem como partículas que variam de 40  $\mu\text{m}$  a 350  $\mu\text{m}$ , com média de 135  $\mu\text{m}$  a 165  $\mu\text{m}$ . A concentração de titânio pode chegar a 11%, com média entre 5% a 9%.

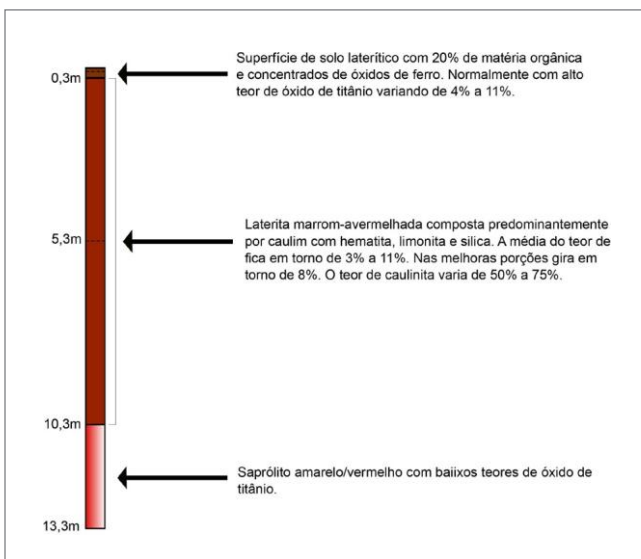
As ocorrências de alta concentração de titânio estão espacialmente relacionadas às ocorrências de gabro, que contém mais Ti, Ni, Sr, V e Zr do que o basalto. O enriquecimento se dá por conta da quebra dos minerais silicáticos das rochas máficas. Este é um fator fundamental para que o ferro seja lixiviado da ilmenita, aumentando significativamente o teor de titânio.

Uma seção representativa da mineralização, dividida em três zonas, é representada na Figura 11. A primeira zona tem entre 0,1 m a 0,3 m de espessura, caracterizada como uma superfície laterítica com aproximadamente 20% de matéria orgânica e concentrações de óxidos de ferro, principalmente magnetita. O conteúdo de TiO<sub>2</sub>, geralmente, é alto, entre 4% a 11%. A segunda zona tem entre 5 m a 10 m de espessura, possui coloração marrom-avermelhada, com predominância de argila caulínica com hematita, limonita e SiO<sub>2</sub>. Em média, possui teores de TiO<sub>2</sub> entre 3% e 11%; nas porções com maior potencial econômico para exploração, tem em média 8%. Nódulos de óxidos de ferro de 1 cm a 3 cm

de diâmetro são encontrados principalmente na base do horizonte laterítico. A caulinita presente varia de 50% a 75%, existem pequenas e irregulares lentes de bauxita próximas a este horizonte. A terceira zona (mais profunda e sobreposta à rocha sã) é composta por saprólito de gabros e basaltos, com espessura entre 1 m a 3 m e baixos teores de TiO<sub>2</sub>.

### 3.2.3. Recursos estimados

Os recursos estimados e atualizados pelo *Technical Report da Minerals Advisory Group* (Kuhn & Brown, 2017) foram calculados dentro de uma área de 70.498 hectares. Para estimar os recursos, utilizou-se o método de polígonos, em que 328 polígonos foram construídos utilizando bissetores perpendiculares ao redor do centroide das cavas de amostragem. Para cada polígono, foi determinado um teor de TiO<sub>2</sub> e espessura da mineralização. Foram excluídas as áreas de drenagem e a cobertura vegetal de cada polígono.



**Figura 11** - Perfil esquemático da mineralização de TiO<sub>2</sub> descrita no *Technical report and resource estimate on Alto Parana project* (Kuhn & Brown, 2017).

% Cut-Off	TiO <sub>2</sub> %	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% ILMENITA CALCULADA	VOLUME EM TONELADAS	ESPESSURA EM METROS
<5.0	7.31	23.35	13.68	5.21 bilhões	6.50
6.0	7.41	23.58	13.95	4.84 bilhões	6.61
7.0	7.83	24.35	14.96	3.35 bilhões	6.40

**Figura 12** - Tabela atualizada dos recursos estimados da área prospectada pela Uranium Energy Corp, publicada no *Technical report and resource estimate on Alto Parana project* (Kuhn & Brown, 2017).

## 4. POTENCIAL DE TITÂNIO LATERÍTICO NO ESTADO DO PARANÁ

### 4.1. INTRODUÇÃO

Usando como modelo o depósito de Ti em lateritos da Província Alto Parana, no Paraguai, foram levantadas algumas áreas potenciais no território brasileiro para investigar a possível ocorrência desse tipo de mineralização.

Para definir essas áreas, foram levados em consideração elementos apontados no *Technical Report da Minerals Advisory Group (Kuhn e Brown, 2017)*, como: associação da mineralização com corpos intrusivos gabroicos (gerando possíveis anomalias geofísicas), estruturas lineares preferencialmente de direção NW-SE (também expressas em anomalias magnéticas ou de relevo), além de elementos de prospecção geoquímica.

### 4.2. FORMAÇÃO SERRA GERAL

A geologia da Bacia do Paraná, dentro dos limites de fronteira no Brasil, destaca-se, fundamentalmente, pelo volumoso magmatismo toleítico (Formação Serra Geral), formando uma das maiores províncias de basaltos continentais existentes. A maior parte das rochas formadoras dessa província são derrames basálticos. Ocorrendo, também, corpos intrusivos de composição toleítica, formando sills e diques. Em geral, essas rochas possuem elevados teores de titânio e, geoquimicamente, a província foi dividida em domínios de baixos e altos teores de titânio. Na porção sul, existe o predomínio de basaltos com baixos teores de titânio, denominados de Gramado e Esmeralda, em média, inferiores a 2%. Na porção norte, os teores médios são superiores a 2%, sendo considerados de alto teor e recebem os nomes de Urubici, Pitanga, Ribeira e Paranapanema (PEATE; HAWKESWORTH; MANTOVANI, 1992).

Na porção ocidental da Bacia do Paraná, próximo ao local onde foram descritos recursos de titânio no Paraguai, há o predomínio dos basaltos tipo Paranapanema e Pitanga, classificados como alto titânio de 1,7% a 3,2% e > 2,9%, respectivamente (PEATE, 1997).

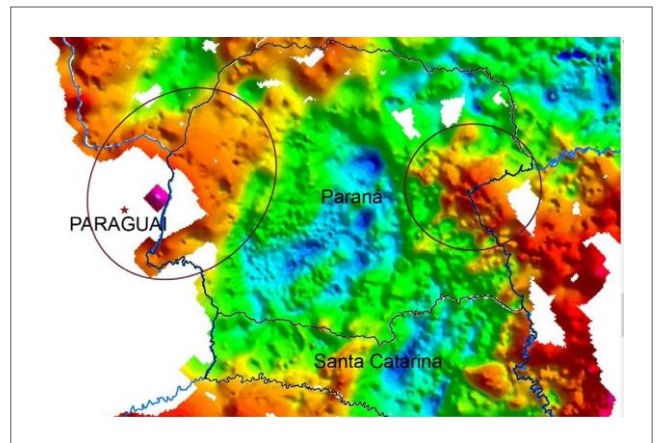
### 4.3. GEOFÍSICA

#### 4.3.1. Aerogravimetria

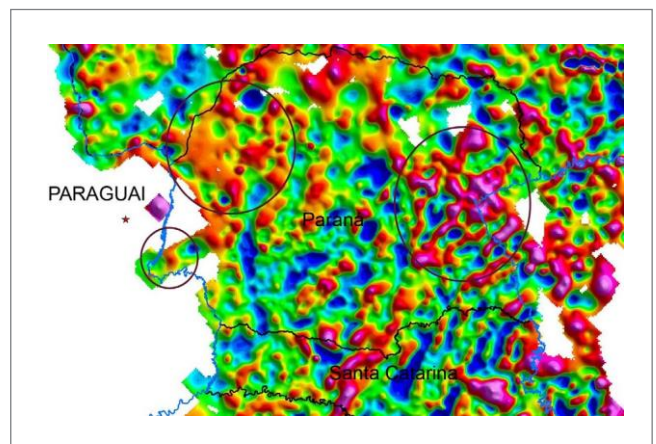
O mapa da anomalia Bouguer total, gerado através dos dados aerogravimétricos do Serviço Geológico do Brasil - (CPRM), mostra a presença de uma região de

altos valores gravimétricos nas proximidades do depósito do Paraguai, assim como na porção oeste do estado do Paraná, fronteira com o Paraguai (Figura 13). Também há uma região com alta resposta gravimétrica na porção leste do estado do Paraná.

Esses altos gravimétricos poderiam representar intrusões gabroicas ou regiões com maiores densidades de diques básicos, cortando as rochas sedimentares. As duas possibilidades podem ser associadas ao que foi relatado na mineralização no Paraguai (Figura 14).



**Figura 13** - Mapa de Anomalia de *Bouguer Total*, mostrando alto gravimétrico nas proximidades do depósito no Paraguai (estrela vermelha na figura) e na região oeste do estado do Paraná, indicados por elipses em preto.



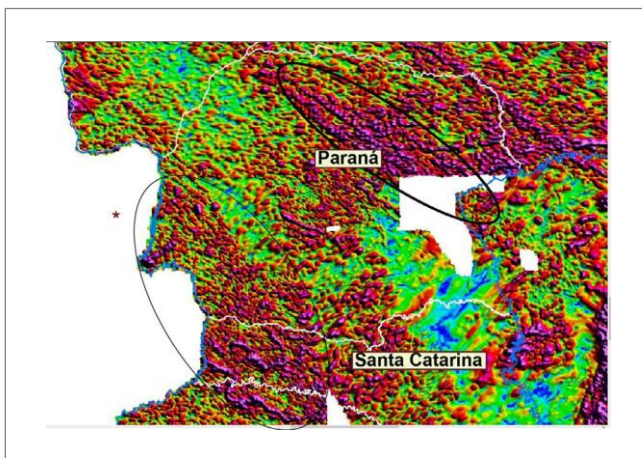
**Figura 14** - Mapa da 1ª Derivada Vertical da Anomalia de Bouguer Residual, mostrando a localização mais precisa dos corpos de maior densidade indicados por elipses em preto, nas proximidades do depósito localizado no Paraguai (estrela vermelha na figura).



### 4.3.2. Aeromagnetometria

A análise do mapa de gradiente total, gerado a partir de dados aeromagnetométricos fornecidos pela ANP (Agência Nacional de Petróleo), indica a existência de um alto magnético nas proximidades do local da mineralização relatada no Paraguai, o qual se estende para a região fronteira com o Brasil, na porção sudoeste do estado do Paraná, oeste de Santa Catarina e noroeste do Rio Grande do Sul (Figura 15).

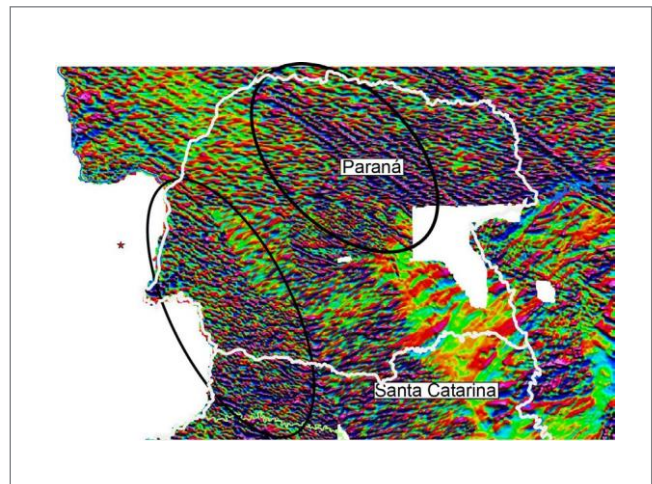
Como foi relatado no caso da mineralização do Paraguai, na qual há importante presença de magnetita nos lateritos e também nas rochas básicas que dão origem ao



**Figura 15** - Mapa do gradiente total exibindo regiões de alto magnético indicado por elipses em preto, nas proximidades do depósito localizado no Paraguai (estrela vermelha na figura).

depósito residual, anomalias magnéticas podem indicar áreas favoráveis para ocorrência desse tipo de depósito.

Também, há uma importante anomalia magnética na parte leste do estado, na região do Arco de Ponta Grossa (Figura 16). O mapa da 1ª Derivada Vertical mostra que a região fronteira entre Brasil e Paraguai apresenta uma série de lineamentos magnéticos, de direção preferencial NW-SE, conforme relatado sobre a mineralização do Paraguai (Figura 16). Além disso, é evidente, na região leste do estado, o enxame de lineamentos magnéticos que representa o Arco de Ponta Grossa.

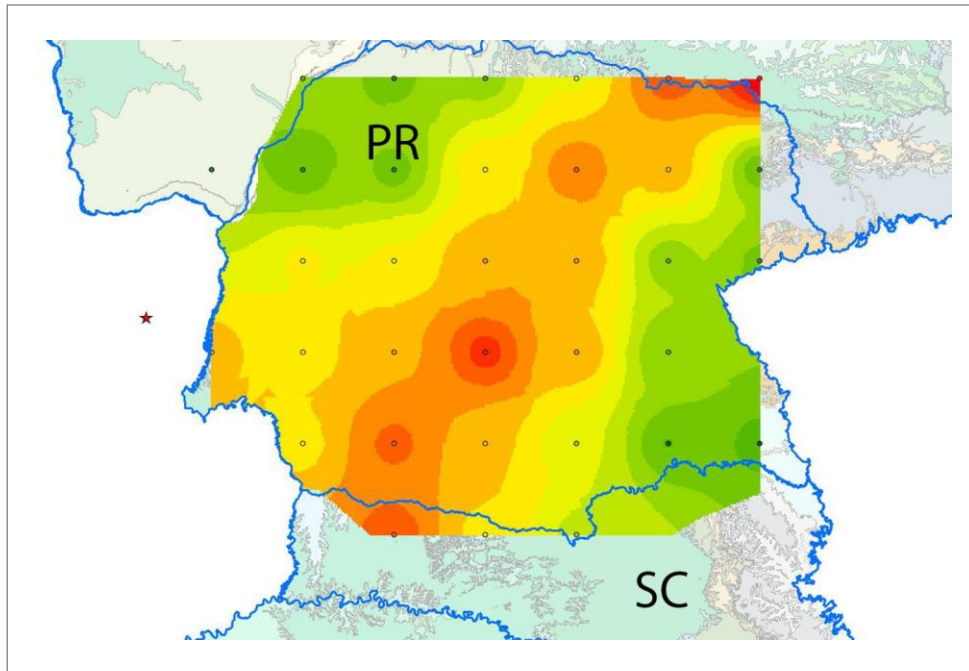


**Figura 16** - Mapa da 1ª Derivada Vertical, mostrando regiões com lineamentos magnéticos de direção NW-SE no oeste do Paraná e no centro-leste (região do Arco de Ponta Grossa) indicado por elipses em preto.

#### 4.4. GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

Com relação aos dados de geoquímica prospectiva, foram utilizadas as bases de amostras de solo (GGRN) da Mineropar. O mapa de teores de Ti em amostras de solo da Mineropar mostra a ocorrência

de algumas zonas com mais altos teores ao longo de uma faixa na região central do PR e oeste de SC, no extremo oeste (fronteira com o Paraguai) e na porção nordeste (Figura 17). Na base de dados utilizada, os teores variam entre 0,65% e 3,2% de titânio, aproximadamente.



**Figura 17** - Mapa de isoteores de Ti (base de dados da MINEROPAR\_GGRN) com áreas anômalas. Estrela vermelha representa local da mineralização no Paraguai.

## 5. DISCUSSÕES

---

O elemento Ti é fundamental para a indústria de tintas, tornando-se uma *commodity* importante para países produtores do ramo, como é o caso do Brasil. Além de ser um importante produtor de tintas, tem um grande potencial como consumidor. O país ainda possui grande déficit habitacional e esse setor é o que mais consome tintas e coloríficos.

O tipo de mineralização “lateritos enriquecidos em titânio” apesar de não ser relatado em nenhum outro lugar exceto no Paraguai, do ponto de vista geológico-geoquímico tem coerência. O processo de laterização de rochas toleíticas enriquecidas em Ti (ilmenita), sejam elas formadas a partir de derrames ou de intrusões, possibilita o aumento significativo da concentração do elemento por possuir baixa solubilidade.

Na porção oeste da Bacia do Paraná, junto à fronteira do Paraguai, região próxima ao recurso inferido de Ti, presente no relatório descrito neste trabalho, encontram-se condições propícias para o desenvolvimento desse tipo de recurso - enormes áreas de derrames e rochas intrusivas de composição toleítica, localização que possibilita alteração intensa devido ao clima e tempo

de exposição das rochas às intempéries. A classificação geoquímica dessas rochas, baseada no trabalho de Peate (1997) que denominou-as como sendo de alto titânio (Paranapanema e Pitanga), é outro fator favorável ao aumento da concentração do elemento.

Os dados geofísicos na porção oeste da Bacia do Paraná corroboram, demonstrando que a área pode ser promissora em recursos similares aos descritos no Paraguai. Dados aerogravimétricos indicam anomalias que sugerem possíveis gabros intrusivos ou ainda diques básicos - em ambas situações, é comum que estes corpos sejam enriquecidos em titânio. Dados aerogravimétricos indicam anomalias que são comuns em rochas basálticas com a presença de magnetita, outro bom indício de potencialidade para a mineralização de lateritos de titânio.

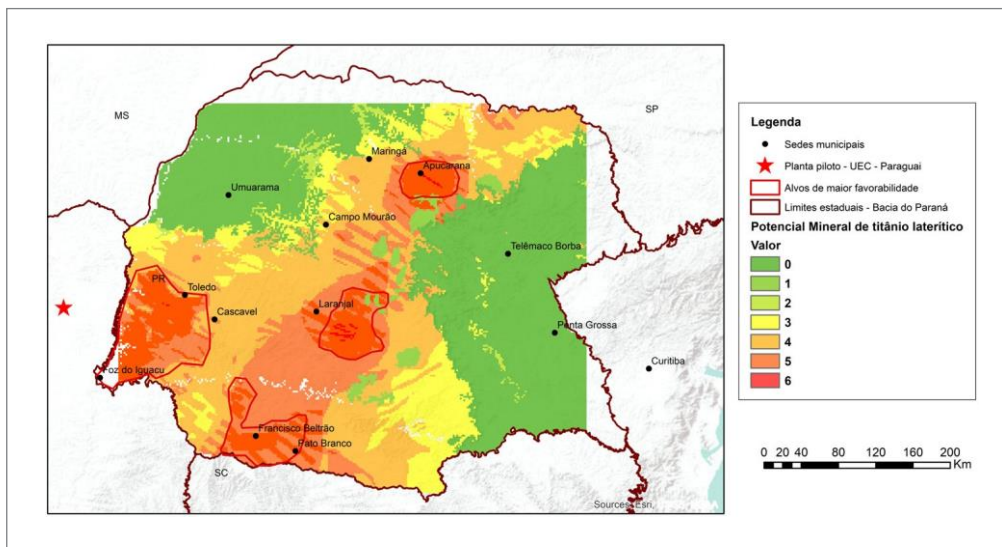
Os dados de geoquímica de solo estudados sugerem áreas com maiores teores de titânio em algumas regiões do estado de PR e SC, e há correlação espacial dessas áreas com aquelas apontadas como anômalas pela geofísica – o que indica maior potencial para ocorrência de mineralização de Ti e justifica investigação detalhada.

## 6. SUGESTÕES

Consulta de profissionais competentes para avaliação da viabilidade técnica do tipo de beneficiamento de minério citado no *Technical Report da Minerals Advisory Group (Kuhn & Brown, 2017)* e averiguação da possibilidade de viabilidade econômica para futura exploração de bens minerais.

Com base nas características geológicas observadas através de dados de geofísica e geoquímica, onde há

ocorrência da Formação Serra Geral, chegou-se à definição de quatro áreas potenciais de lateritas enriquecidas em titânio no estado do Paraná (Figura 18). Essas áreas deverão ser investigadas em campo, com o intuito de constatar possíveis aspectos peculiares de coberturas lateríticas titaníferas e coletar amostras superficiais para investigações de assinaturas espectrais e adensamento de amostragem para geoquímica com a utilização de trado.



**Figura 18** - Localização das quatro áreas de maior potencial para ocorrência de titânio laterítico no estado do Paraná

## REFERÊNCIAS

- BEDINGER, G. **Minerals yearbook 2014 - titanium**. Washington: USGS - Commodity Statistics and Informations, 2016. 17p.
- CORMIN-CHIARAMONTI, P.; CUNDARI, A.; PICCIRILLO, E. M.; GOMES, C. B.; CASTORINA, F.; CENSI, P.; DE MIN, A.; MARZOLI, A.; SPEZIALE, S.; VELÁZQUEZ, V. F. Potassic and sodic igneous rocks from Eastern Paraguay: their origin from the lithospheric mantle and genetic relationships with the associated Paraná flood tholeiites. **Journal of Petrology**, Oxford, v. 38, p. 495-528, abr. 1997.
- FORCE, E. R. **Geology of titanium-mineral deposits**. Boulder: Geological Society of America, 1991. 112 p. (Special Paper, 259).
- FROES, F. H. **Titanium: physical metallurgy, processing and applications**. Ohio: ASM International, 2015.
- FULFARO, V. J. Geology of Eastern Paraguay. In: CORMIN-CHIARAMONTI, P.; GOMES, C. B. (ed.). **Alkaline magmatism in central-eastern Paraguay: relationships with coeval magmatism in Brazil**. São Paulo: Edusp/Fapesp, 1996. p.17-30.
- HAINS, D. H. **Hains Engineering Company Limited** - technical report, resource estimate and preliminary economic analysis on the Alto Paraná ilmenite project report for NI 43-101. [S. l.: s. n.], [201-].
- KUHN, M. C.; BROWN, D. M. Technical report and resource estimate on Alto Parana Project: Alto Paraná Paraguay; final. [s.l.]: Uranium Energy Corp, 2017. 153 p. (Report for NI 43-101).
- LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. (ed.). **Rochas & minerais Industriais: usos e especificações**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. 990 p.
- MIELKE, J. E. Composition of the earth's crust and distribution of the elements. In: SIEGEL, F. R. (ed.). **Review of research on modern problems in Geochemistry**. Paris: UNESCO Report, 1979. p. 13- 37. (Mineral Commodities Summaries 2019 - USGS).
- PEATE, D. W. The Paraná-Etendeka Province. In: MAHONEY, J. J.; COFFIN, M. R. (ed.). **Large igneous provinces: continental, oceanic and planetary flood volcanism**. Washington, DC: American Geophysical Union, 1997. p. 217-245. (Monograph, 100).
- PEATE, D. W.; HAWKESWORTH, C. J.; MANTOVANI, M. S. M. Chemical stratigraphy of the Paraná lavas (South America): classification of magma types and their spatial distribution. **Bulletin of Volcanology**, Berlin, v. 55, p. 119-139, 1992.
- ROSE, E. R. **Geology of titanium and titaniferous deposits of Canada**. Ottawa: Geological Survey of Canada, 1969. 177 p. (Economic Geology Report, 25).
- RUDNICK, R. L.; FOUNTAIN, D. M. Nature and composition of the continental crust – a lower crustal perspective. **Reviews of Geophysics**, Washington, DC, v. 33, n. 3, p. 267-309, 1995.
- WOODRUFF, L. G.; BEDINGER, G. M.; PIATAK, N. M. Titanium. In: SCHULZ, K.; DE YOUNG JR., J.; SEAL II, R.; BRADLEY, D. (ed.). **Critical mineral resources of the United States: economic and environmental geology and prospects for future supply**. Washington, DC: U.S. Geological Survey, 2017. (Professional Paper 1802, p. T1-T23).
- ZALAN, P. V.; WOLFF, S.; ASTOFI, M. A.; SANTOS, V. I.; CONCEIÇÃO, J. C.; APPI, V.; NETO, E. V. S.; CERQUEIRA, J. R.; MARQUES, A. The Paraná basin, Brazil. In: LEIGHTON, M. W.; KOLATA, D. R.; OLTZ, D. F.; EIDEL, J. J. (ed.). **Interior cratonic basins**. Los Angeles: American Association of Petroleum Geologists, 1991. p. 681-703. (AAPG Memoir, 51).

## 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 Baciado 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 Mucajaí - 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/Caçapava 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/Caçapava do Sul, Subárea Ibaré – Rio Grande do Sul, 2000.  
Nº 09 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava 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/Caçapava 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/Caçapava 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/Caçapava do Sul, Subárea Cambaizinho - Rio Grande do Sul, 2001.  
Nº 14 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava 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/Caçapava 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.  
Nº 18 – Províncias e Distritos Auríferos do Brasil, Goiânia, 2022.
-



## **SÉRIE INSUMOS MINERAIS PARA AGRICULTURA**

- Nº 01 - Mapa Síntese do Setor de Fertilizantes Minerais (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 Minerais 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 Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais de Rondônia, 2001.
- Nº 08 - Mapas de Insumos Minerais para Agricultura nos Estados de Amazonas e Roraima, 2001.
- Nº 09 - Mapa-Síntese de Jazimentos Minerais Carbonatados dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 10 - Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados do Pará e Amapá, 2001.
- Nº 11 - Síntese dos Jazimentos, Áreas Potenciais e Mercado de Insumos Minerais 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, 2016.
- 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.
- Nº 19 – Projeto Agrominerais da Região de Irecê -Jaguarari, Salvador, 2016.
- Nº 20 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III - Bacia dos Parecis, Porto Velho, 2017.
- Nº 21 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Bacia Sergipe-Alagoas, Sub-bacia Sergipe, Recife, 2017.
- Nº 22 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Centro-leste de Santa Catarina, Salvador, 2018.
- Nº 23 – Avaliação do Potencial do Potássio no Brasil: Bacia do Amazonas, setor centro-oeste, Estados do Amazonas e Pará, Manaus, 2020.
- Nº 24 – Investigação de Anomalias Geofísicas no Escudo Sul-Rio-Grandense com Enfoque em Insumos Agrícolas, Porto Alegre, 2020.
- Nº 25 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil: Borda Norte da Bacia do Amazonas, região de Monte Alegre e Monte Dourado, Estado do Pará, Belém, 2020.
- Nº 26 – Avaliação do Potencial Agromineral do Brasil: Grupo Serra Geral da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021
- Nº 27 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil: Bacia Potiguar – Um estudo a partir de testemunhos de sondagem, Estado do Rio Grande do Norte, Salvador, 2021

## **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, 2016.
- Nº 10 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Minas Gerais, Brasília, 2017
- Nº 11 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Rondônia, Brasília, 2017
-

Nº 12 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado do Mato Grosso, Brasília, 2017

Nº 13 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado da Bahia, Brasília, 2017

## **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, 1999.

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.

Nº 26 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Polimetálicos de Palmeirópolis, Estado do Tocantins, Brasília, 2020.

Nº 27 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Carvão Sul Catarinense, Estado de Santa Catarina, Brasília, 2021.

Nº 28 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Fosfato de Miriri, Estado de Pernambuco e Paraíba, Brasília, 2022.

Nº 29 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Carvão Iruí-Butiá, Estado do Rio Grande do Sul, Brasília, 2021.

Nº 30 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Caulim do Rio Capim, Estado do Pará, Brasília, 2021.

Nº 31 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Gipsita do Rio Cupari, Estado do Pará, Brasília, 2022.

Nº 34 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Calcário de Aveiro, Estado do Pará, Brasília, 2022.

## **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.

Nº 05 – Terras Indígenas do Noroeste do Amazonas: Geologia, Geoquímica e Cadastramento Mineral na região do Tunuí-Caparro, Estado do Amazonas, Manaus, 2020

## **SÉRIE RECURSOS MINERAIS MARINHOS**

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

Nº 02 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental do Rio Grande do Norte, setor Touros, Recife, 2021.

Nº 03 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental rasa de Pernambuco, Recife, 2020.

---

- Nº 04 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Oeste do Ceará, setor Bitupitá, Recife, 2022
- Nº 05 – Prospecção e Exploração de Depósitos de Fosforitas Marinhas na Plataforma Continental Jurídica Brasileira, Rio de Janeiro, 2021.
- Nº 06 - Prospecção e Exploração de Sulfetos Polimetálicos Maciços na Cordilheira Mesoatlântica Equatorial, Rio de Janeiro, 2022

## **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 Quartzos 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 – Natal, 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
- Nº 19 – Projeto Materiais de Construção Civil da Região da Grande Florianópolis – Porto Alegre, 2016
- Nº 20 – Projeto materiais de construção da região de Macapá - Estado do Amapá – Belém, 2016.
- Nº 21 – Projeto Materiais De Construção da Região Metropolitana de Curitiba - Estado do Paraná, 2016.
- Nº 22 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Luís e Entorno - Estado do Maranhão, 2017.
- Nº 23 – Panorama do Segmento de Rochas Ornamentais do Estado da Bahia, Salvador, 2019
- Nº 24 – Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Paulo - Estado de São Paulo, São Paulo, 2019.
- Nº 25 – Gipsita no sudoeste da Bacia sedimentar do Araripe - Estado de Pernambuco, Recife, 2019.
- Nº 26 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Belo Horizonte - Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.
- Nº 27 – Rochas Ornamentais do Estado do Rio Grande do Norte: Mapa de Potencialidades, Natal, 2020.
- Nº 28 – Materiais de Construção da Região Metropolitana de Palmas - Estado do Tocantins, Goiânia, 2020.
- Nº 29 – Estudos dos granitoides da região Nordeste do Pará para produção de brita, Belém, 2020.
- Nº 30 – Materiais de Construção da Região de Capitão Poço-Ourém - Estado do Pará, Belém, 2020.
- Nº 31 - Calcários da Bahia: Faixas Rio Pardo e Orolândia-Campo Formoso, Salvador, 2021
- Nº 32 – Rochas Ornamentais do Espírito Santo: Mapa de Potencialidade, Belo Horizonte, 2021
- Nº 33 - Argilas dos vales dos rios Doce e Jequitinhonha (MG), Belo Horizonte, 2021
- Nº 34 - Materiais de Construção Civil da Região Rio Grande-Pelotas e entorno (RS), Porto Alegre, 2021
- Nº 35 - Materiais de Construção Civil da Região Metropolitana de João Pessoa (PB), Recife, 2021

## **SÉRIE ATLAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

- Atlas de Rochas Ornamentais de Roraima, Manaus, 2009
- Atlas de Rochas Ornamentais da Amazônia Brasileira, São Paulo, 2011
- Atlas de Rochas Ornamentais do Espírito Santo, Brasília, 2013
- Atlas of Dimension Stones of the Espírito Santo State, Brasília, 2015
-

Atlas de Rochas Ornamentais dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, Recife, 2017  
Atlas de Rochas Ornamentais da Bahia, Salvador, 2022  
Atlas of Dimension Stones of the Bahia State, Salvador, 2022

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

- Nº 01 – Projeto BANEO – 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 BANEO – Bacias do Itajaí, de Campo Alegre e Corupá – Metalogenia das Bacias Neoproterozoico-eopaleozoicas 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  
Nº 03 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste do Tapajós, Estado do Pará, Brasília, 2015.  
Nº 04 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Província Aurífera Juruena-Teles Pires-Aripuanã – Geologia e Recursos Minerais da Folha Ilha Porto Escondido – SC.21-V-C-III, Brasília, 2015.  
Nº 05 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Distrito Zinífero de Vazante – MG, Brasília, 2015.  
Nº 06 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Rochas Alcalinas da Porção Meridional do Cinturão Ribeira. Estados de São Paulo e Paraná, Brasília, 2015.  
Nº 07 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste de Rondônia, Brasília, 2016.  
Nº 08 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Seridó-Leste, extremo nordeste da Província Borborema (RN-PB), Brasília, 2016.  
Nº 09 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Porção sul da Bacia do Paraná, RS, 2017  
Nº 10 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Eldorado do Juma, Estado do Amazonas, AM, 2019  
Nº 11 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Cinturão Gurupi, Estados do Pará e Maranhão, Brasília, 2017.  
Nº 12 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Reserva Nacional do Cobre e Associados, Estados do Pará e Amapá, Belém, 2017.  
Nº 13 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Vale do Ribeira: Mineralizações Polimetálicas (Pb, Ag, Zn, Cu e Au – “Tipo Pannels”) em zonas de cisalhamento Rúptil, Cinturão Ribeira Meridional, SP-PR, São Paulo, 2017.  
Nº 14 – Área de Relevante Interesse Mineral: ARIM: Distrito Mineral de Paracatu-Unai (Zn-Pb-Cu), MG, 2018  
Nº 15 – Área de Relevante Interesse Mineral: Integração Geológica-Geofísica e Recursos Minerais do Cráton Luis Alves, RS, 2018.  
Nº 16 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Província Mineral de Carajás, PA - Estratigrafia e análise do Minério de Mn de Carajás - áreas Azul, Sereno, Buritirama e Antônio Vicente, PA, 2018.  
Nº 17 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Troia-Pedra Branca - Geologia e mineralização aurífera da sequência metavulcanossedimentar da Serra das Pipocas, Maciço de Troia, Ceará, Estado do Ceará, CE, 2018  
Nº 18 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Reavaliação da Província Estanífera de Rondônia, RO, 2019.  
Nº 19 – Áreas de Relevante interesse Mineral: Evolução Crustal e Metalogenia da Faixa Nova Brasilândia, RO, 2019.  
Nº 20 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Batólito Pelotas–Terreno Tijucas, Estado do Rio Grande do Sul, RS, 2019.  
Nº 21 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Vale do Ribeira: mineralizações polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) associadas a Formação Perau, Cinturão Ribeira Meridional, Estado do Paraná, São Paulo, 2019.  
Nº 22 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Evolução crustal e metalogenia da Província Mineral Juruena–Teles-Pires, MT, Goiânia, 2019.  
Nº 23 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Projeto evolução crustal e metalogenia da Faixa Brasília setor centro-norte, GO-TO, Goiânia, 2019  
Nº 24 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Avaliação do Potencial Mineral do NW do Ceará, Fortaleza, 2019.  
Nº 25 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Avaliação do Potencial Mineral das faixas Marginais da borda NW do Craton do São Francisco (Área Riacho do Pontal), PI, Teresina, 2019.  
Nº 26 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Avaliação do Potencial Mineral das faixas Marginais da borda NW do Craton do São Francisco (Área Rio Preto), PI, Teresina, 2019.
-

Nº 27 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Avaliação do Potencial Mineral do Vale do Ribeira (Área Castro), SP, São Paulo, 2019.

Nº 28 - Áreas de Relevante Interesse Mineral: Evolução crustal e Metalogenia da região de Aripuanã, MT, Goiânia, 2020.

Nº 29 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Modelo Prospectivo para Ametista e Água na Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul, RS, Porto Alegre, 2020.

Nº 30 - Áreas de Relevante Interesse Mineral:- Reavaliação das sequências metavulcanossedimentares a Sudoeste do Quadrilátero Ferrífero – Área de Nazareno, Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

Nº 31 - Áreas de Relevante Interesse Mineral: Integração Geológica e Avaliação do Potencial Metalogenético da Serra de Jacobina e dos Greenstone Belt Mundo Novo, Estado da Bahia, Salvador, 2021

Nº 32 - Áreas de Relevante Interesse Mineral: Integração Geológica e Avaliação do Potencial Metalogenético das Sequências Metavulcanossedimentares tipo Greenstone Belts e/ou similares da região de Remanso-Sobradinho, Estado da Bahia, Salvador, 2021

Nº 33 - Áreas de Relevante Interesse Mineral: Província Mineral de Carajás, Controles Críticos das Mineralizações de Cobre e Ouro do Lineamento Cinzento, Estado do Pará, Belém, 2021

Nº 34 - Áreas de Relevante Interesse Mineral: Evolução Crustal e Metalogenia do Sudeste do Amazonas, Estado do Amazonas, Manaus, 2021

Nº 36- Áreas de Relevante Interesse Mineral – Avaliação do Potencial Mineral da região de São Raimundo Nonato, Estado de Pernambuco, Recife, 2022

Nº 37 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Quadrilátero Ferrífero, Setor Central: Mapa de Favorabilidade para Ouro Orogênico, Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022

### **SÉRIE MINERAIS ESTRATÉGICOS**

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

Nº 02 – Avaliação do Potencial de Terras Raras no Brasil, Brasília, 2015.

Nº 03 – Projeto Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil – Área do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais, Brasília, 2016.

Nº 04 – Projeto Avaliação do Potencial de Terras Raras No Brasil - Área Morro dos Seis Lagos, Noroeste do Amazonas, Brasília, 2019.

Nº 05 – Projeto Avaliação do Potencial da Grafita no Brasil – Fase I, São Paulo, 2020.

### **SÉRIE GEOQUÍMICA PROSPECTIVA**

Nº 01 – Informe Geoquímico Bacia do Araripe, Estados de Pernambuco, Piauí e Ceará, Recife, 2018.

Nº 02 – Informe Geoquímico das Folhas Quixadá-Itapiúna, Estado do Ceará, Fortaleza, 2020.

Nº 03 – Informe Geoquímico São José do Campestre, Província Borborema, Estado do Rio Grande do Norte, Recife, 2021.

### **SÉRIE MAPEAMENTO GEOQUÍMICO**

Nº 01 – Levantamento geoquímico do Escudo do Rio Grande do Sul, Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

---

# O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O **Serviço Geológico do Brasil – CPRM** atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

# Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS

## ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

### LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



### LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



### AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



### LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



### LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



### LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



### SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



### AGROGEOLOGIA



### LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



### RISCO GEOLÓGICO



### GEODIVERSIDADE



### PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



### ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



### GEOLOGIA MÉDICA



### RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



## ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

### GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



### TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



### LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



### MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



### PALEONTOLOGIA



### PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



### REDE DE BIBLIOTECAS



### REDE DE LITOTECAS



### GOVERNANÇA



## ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

### SUSTENTABILIDADE



### PRÓ-EQUIDADE



### COMITÊ DE ÉTICA



**ISBN**  
**978-65-5664-310-6**

## **PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

### **INFORME DE RECURSOS MINERAIS**

Série Rochas e Minerais Industriais N.º 38

#### **TITÂNIO LATERÍTICO NA BACIA DO PARANÁ: PANORAMA DO ESTADO DO PARANÁ**

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

O presente trabalho buscou organizar informações sobre usos e aplicações do elemento titânio, dados de economia mineral, além de um review sobre o depósito de titânio descoberto no Paraguai, nas proximidades da fronteira com o Brasil, e o levantamento do potencial mineral para ocorrência desse tipo de depósito no estado do Paraná.

Assim, o Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, tem a satisfação em apresentar o PROJETO TITÂNIO LATERÍTICO NA BACIA DO PARANÁ - ESTADO DO PARANÁ.

O Informe contempla informações históricas de uso e aplicações do titânio na indústria, as formas de ocorrência desse elemento nos depósitos minerais conhecidos ao redor do globo, um levantamento dos dados de economia mineral de titânio no Brasil e no mundo, um resumo das características do depósito de titânio laterítico que foi descoberto no extremo leste do Paraguai, próximo à fronteira com o Brasil, e o levantamento da potencialidade mineral para ocorrência de titânio laterítico ao longo do território brasileiro, mais especificamente no estado do Paraná, através de dados de geoquímica de solo disponíveis para acesso público (MINEROPAR), e dados de aerogeofísica também disponíveis ao público através da plataforma online do Serviço Geológico do Brasil.

#### **Sede**

Setor Bancário Norte - SBN - Quadra 02, Asa Norte  
Bloco H - 5º andar - 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: 91 3182-1326

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

Tel: 21 2295-4992

#### **Diretoria de Infraestrutura Geocientífica**

Tel: 21 2295-5837 - 61 2108-8457

#### **Núcleo de Comunicação**

Tel: 61 2108-8468  
E-mail: comunicacao@sgb.gov.br

#### **Ouvidoria**

Tel: 21 2541-6344  
E-mail: ouvidoria@sgb.gov.br

#### **Serviço de Atendimento ao Asuário - SEUS**

Tel: 21 2295-5997  
E-mail: seus@sgb.gov.br

**WWW.SGB.GOV.BR**



SECRETARIA DE  
GEOLOGIA, MINERAÇÃO  
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL