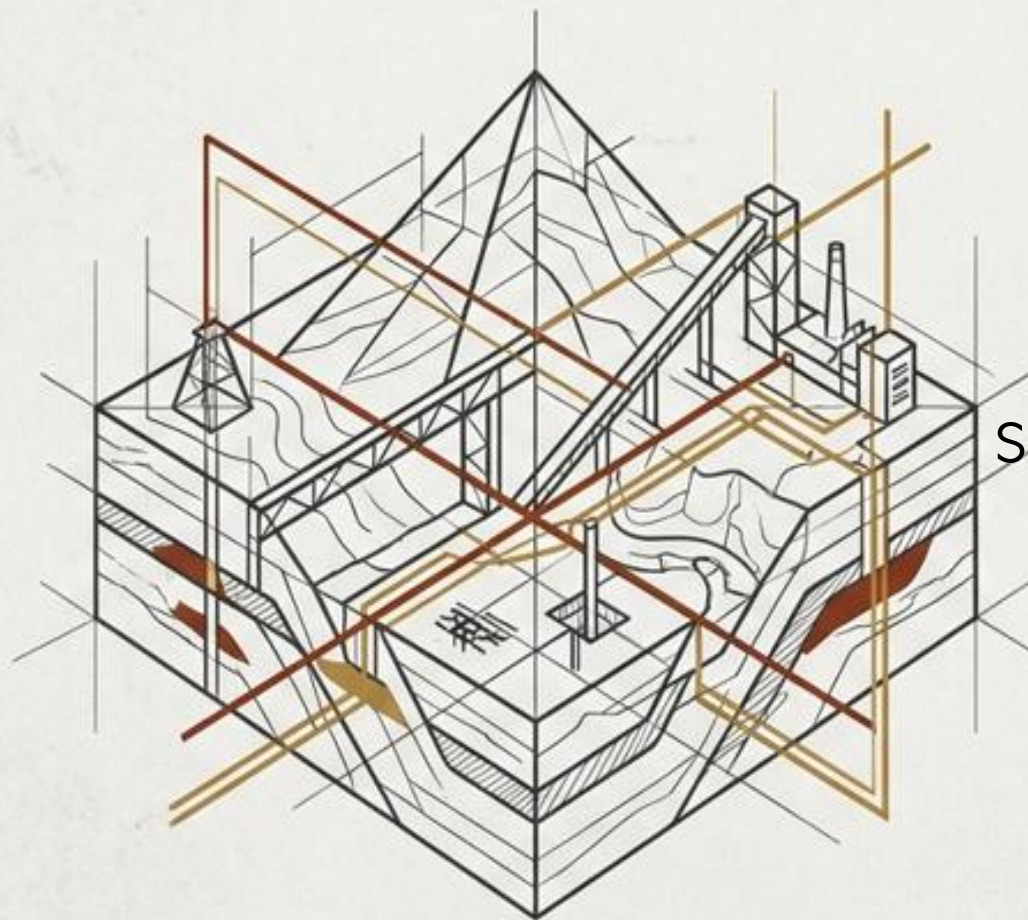




CLASSIFIED

O Atlas Estratégico Global

A geopolítica dos recursos minerais, do subsolo terrestre à logística de extração.



SD 8 - Distribuição dos recursos minerais e energéticos, aproveitamento e impactos (Volume 1 – Capítulo 5)

SD8: Distribuição dos recursos minerais e energéticos, aproveitamento e impactos

- A localização das jazidas minerais depende dos processos de formação das rochas. Nas áreas de movimentação de placas ou de atividades vulcânicas e, principalmente, nos núcleos cratônicos, **são encontrados os minerais metálicos e as pedras preciosas e ornamentais.**
- Nas áreas sedimentares são encontrados sedimentos resultantes da decomposição de outras rochas e que foram transportadas e depositadas por ação dos agentes externos, tais como: **arenitos, argilitos, pedras ornamentais, etc.** Além disso, essas áreas favorecem a preservação de restos orgânicos e a formação dos combustíveis fósseis.

TIPOS DE MINERAIS



CLASSIFICAÇÃO E EXEMPLOS



MINERAIS METÁLICOS

São aqueles dos quais se extraem metais.

- ✓ **Bauxita** (alumínio)
- ✓ Ferro (hematita e magnetita)
- ✓ Manganês
- ✓ Cobre
- ✓ Ouro
- ✓ Níquel
- ✓ Estanho
- ✓ Chumbo
- ✓ Zinco
- ✓ Nióbio



MINERAIS NÃO METÁLICOS

Não fornecem metais.

- Calcário
- Fosfato
- Caulim
- Quartzo
- Gipsita
- Sal-gema
- Talco



MINERAIS ENERGÉTICOS

São utilizados para produção de energia.

- Carvão mineral
- Petróleo
- Gás natural
- Urânio



Mineral energético, pois é utilizado como combustível em usinas nucleares.

Não é um mineral metálico, embora seja um metal do ponto de vista químico. Em Geografia Econômica, a classificação considera seu uso predominante como fonte de energia.



IMPORTANTE!

A classificação dos minerais em metálicos, não metálicos e energéticos considera principalmente o **USO ECONÔMICO** do recurso.



PlanetaGeo
Estudar Geografia é entender o mundo!



Salve este post
para revisar depois!

Ferro - Mineral metálico

os principais minérios são:

- ✓ magnetita (72,4% teor de ferro);
- ✓ hematita (70,0% teor de ferro);
- ✓ limonita (59,9% teor de ferro);
- ✓ siderita (48,0% teor de ferro).

REMEMBER! →

Mineral: substância natural, sólida, com composição química definida e estrutura cristalina. A magnetita é um mineral.

Minério: mineral (ou conjunto de minerais) que pode ser explorado economicamente para a obtenção de um elemento químico. A magnetita é um minério de ferro.

Rocha: agregado natural de um ou mais minerais. Uma rocha pode conter magnetita, mas a magnetita em si não é uma rocha.

Relativamente abundante e com expectativa de duração entre **100 e 200 anos** (1986), tornou-se, desde a Revolução Industrial um dos metais mais importantes da civilização moderna. As importantes reservas de minério de ferro da Inglaterra, dos Estados Unidos (próximas aos grandes lagos) e da China (sul da Manchúria), permitiram que tais países tivessem grande destaque e primazia na estruturação de seus parques industriais.

Matéria prima da siderurgia e com processo de fundição relativamente simples, é utilizado na construção civil, na fabricação de ferramentas etc. **O aço é uma liga de ferro e carbono que pode conter outros minerais de liga.**

Produção e consumo mundial de ferro

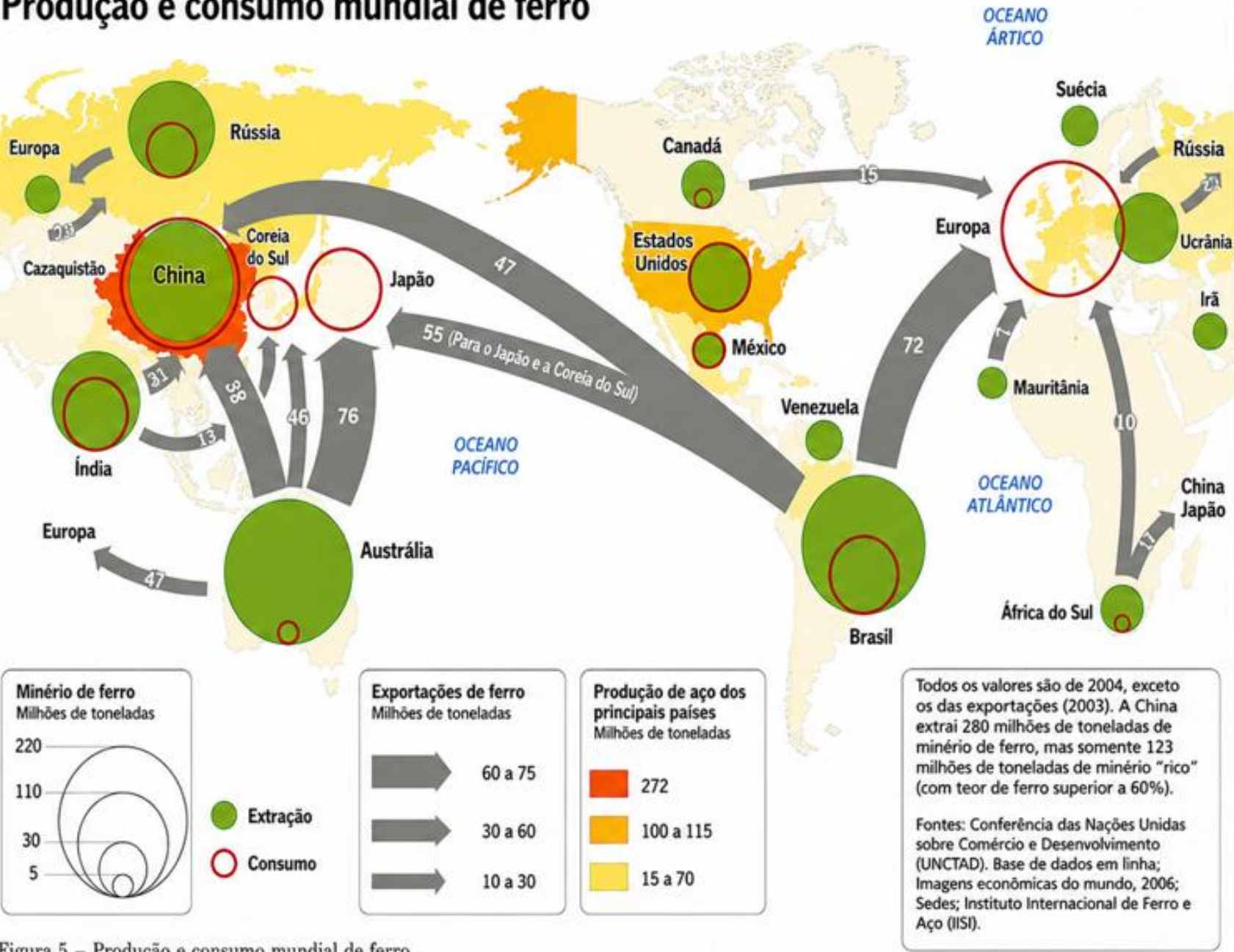


Figura 5 – Produção e consumo mundial de ferro.
Fonte: L'Atlas du Le Monde Diplomatique. Paris: Armand Colin, 2006.

RESERVAS MUNDIAIS
DE MINÉRIO DE FERRO

USGS 2026

PAÍS	RESERVAS (bilhões de toneladas de minério)
Austrália	600
Rússia	92
China	77
Ucrânia	65
Brasil	34
Índia	20
Canadá	6
Estados Unidos	3,6
África do Sul	1,0
Outros países	101,4
TOTAL MUNDIAL	≈ 1 TRILHÃO de toneladas

Manganês - Mineral metálico

- O principal minério é a pirolusita (63,2% de teor de manganês). Também um dos metais mais importantes e abundantes da atualidade, cuja expectativa de duração supera os 200 anos (1986). Segundo os especialistas, é o manganês que faz o ferro se juntar ao carbono do carvão durante o processo de fabricação do aço, sendo, por isso, largamente utilizado na siderurgia. Também confere **resistência e rigidez à liga**, bem como resistência ao desgaste, além de possuir propriedades desoxidantes, evitando a formação de bolhas. Também é utilizado na **fabricação de pilhas e de fertilizantes**, dentre outros usos.
- Os países com as maiores reservas de minério de manganês do mundo incluem a África do Sul, a Ucrânia, a Austrália, o Brasil, a China e a Índia.

BAUXITA – Mineral metálico

É o principal minério de alumínio. É uma rocha de cor vermelha formada, principalmente, por óxido de alumínio (Al_2O_3) e outros compostos em menores quantidades. A bauxita resulta do intenso intemperismo químico de rochas ricas em feldspatos e outros silicatos de alumínio, principalmente em climas tropicais úmidos. As principais rochas que podem dar origem à bauxita são:

Granito (a mais comum); **Gnaiss**; **Sienito**; **Basalto**; **Gabro** e outras rochas ígneas e metamórficas ricas em alumínio.

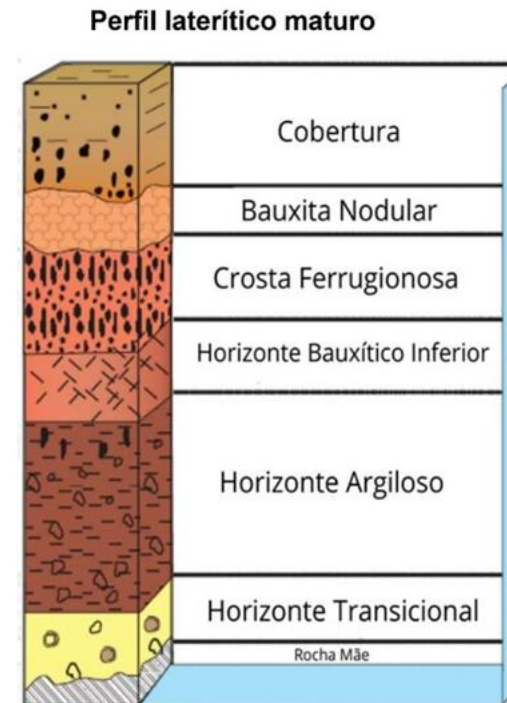
Durante o processo de laterização:

sílica, sódio, potássio, cálcio e magnésio são lixiviados;
o alumínio se concentra, formando a bauxita.

Principais minerais da bauxita

A bauxita é composta principalmente por:

Gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$) – predominante no Brasil.





Mina de bauxita deixa legado de pobreza e poluição em quilombo do Pará

Uma das líderes mundiais na produção de bauxita, a Mineração Rio do Norte (MRN) atua na região do Rio Trombetas desde a década de 1970. Hoje, o quilombo vizinho à vila portuária amarga altos índices de pobreza, falta de eletricidade, ausência de saneamento e um lago cheio de lama tóxica.

POR THAÍS BORGES E SUE BRANFORD

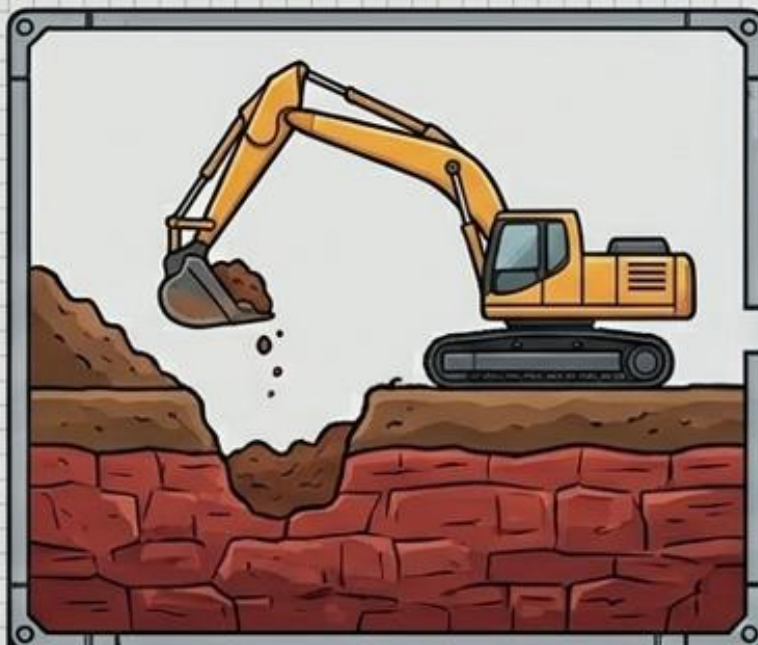
02/07/2020 18:57

Bauxita - Mineral metálico

Embora considerado um mineral abundante na natureza, possui expectativa de duração em torno de 50 e 100 anos. Ao contrário do que se pensa, a bauxita é uma rocha sedimentar formada a partir do intemperismo e da lixiviação de uma gama variável de outras rochas, principalmente, o feldspato e outros aluminossilicatos contidos em granitos e rochas metamórficas. Depende, portanto, de condições específicas (clima tropical) para que ocorra a sua formação. Para que seja economicamente aproveitável, a bauxita deve apresentar no mínimo 30% de óxido de alumínio.

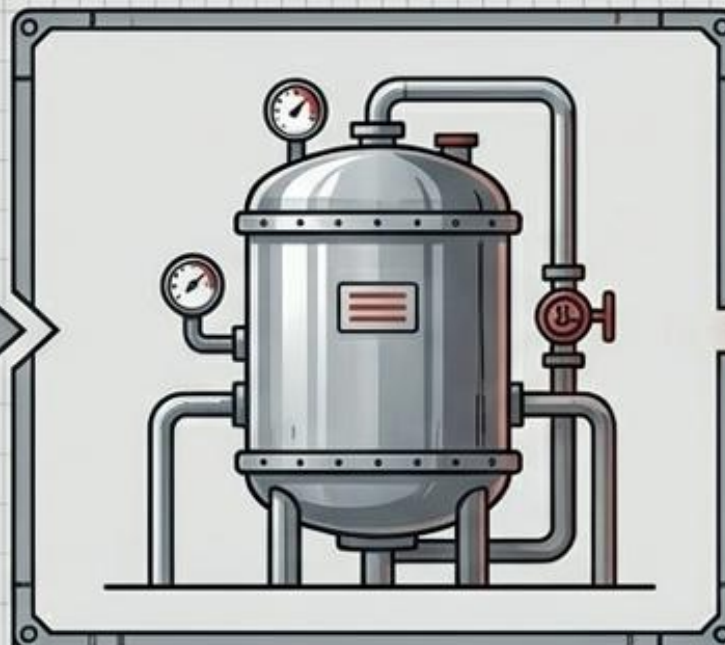
- Sua utilização em larga escala é relativamente recente. Por suas características (leve, não corrosivo e de alta condutibilidade), tornou-se um dos metais mais utilizados no mundo, sendo empregado na indústria automobilística, aeronáutica etc.
- O processo de obtenção de alumínio a partir da bauxita ocorre em 3 etapas:





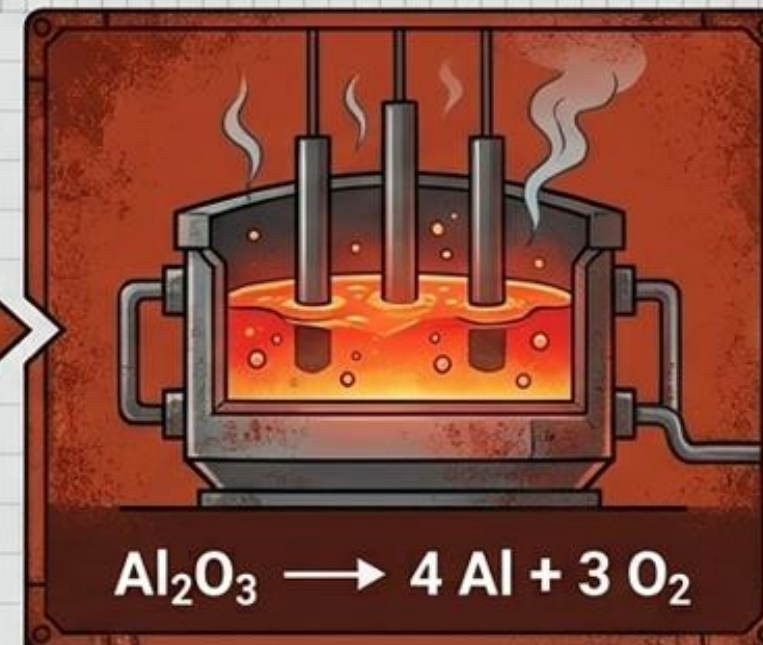
1. Extração da Bauxita

Rocha sedimentar vermelha (intemperismo de feldspato em clima tropical). Exige mínimo de 30% de óxido de alumínio.



2. Obtenção da Alumina

Mistura com soda cáustica sob alta pressão e sedimentação para eliminação da sílica.



3. Obtenção do Alumínio

Eletrólise ígnea com fluoretos. Oxigénio é libertado e o alumínio líquido é aspirado por sifões.

O Gargalo Energético e Material

São necessárias 5 toneladas de bauxita e gastos extremos de energia elétrica para produzir apenas 1 tonelada de alumínio.

Ao contrário do que se pensa, a bauxita é uma rocha sedimentar formada a partir do intemperismo e da lixiviação de uma gama variável de outras rochas, principalmente, o feldspato e outros aluminos silicatos contidos em granitos e rochas metamórficas. Depende, portanto, de condições específicas (clima tropical) para que ocorra a sua formação. Para que seja economicamente aproveitável, a bauxita deve apresentar no mínimo 30% de óxido de alumínio.

Mapa das minas

Localização das áreas de bauxita e refinarias de alumina



Fonte: Empresas

Qual a condição ambiental no Brasil que é associado a existência de bauxita?

A principal condição ambiental associada à ocorrência de bauxita no Brasil é o clima tropical quente e úmido, que favorece um intenso intemperismo químico (laterização).

Condições necessárias para a formação da bauxita

- 🌧 Elevada pluviosidade (chuvas abundantes ao longo do ano).
- 🌡 Altas temperaturas.
- 🌳 Cobertura vegetal densa, que produz ácidos orgânicos e intensifica o intemperismo.
- ⏳ Longa estabilidade geológica, permitindo que o processo de alteração das rochas ocorra por milhões de anos.
- 💧 Boa drenagem, que favorece a lixiviação da sílica e de outros elementos solúveis.

Durante esse processo:

- a sílica, o sódio, o potássio, o cálcio e o magnésio são removidos pela água;
- o alumínio permanece e se concentra, formando a **bauxita**.

Urânio - Mineral energético

O urânio é um elemento químico e ocorre na natureza na forma de minerais. Portanto, quando falamos em recursos minerais, é correto dizer que o urânio é um **mineral energético**. É um elemento conhecido pela sua radioatividade. Foi descoberto na Alemanha no final do século XVIII. Em sua forma natural, o urânio não apresenta um índice de radiação tão elevado, porém seus isótopos sim. Pode ser encontrado em minérios de uraninita, euxenita, carnotita, branerita, torbenite e a coffinita, sendo o primeiro o mais importante. Há muita polêmica quanto às minas de extração desses minerais, pois envolvem diversas denúncias de contaminação da água da população e dos lençóis freáticos. Há uma distinção importante:

Urânio (U) → é o **elemento químico** de número atômico 92.

Minerais de urânio → são os minerais que contêm esse elemento e dos quais ele é extraído.

Os principais minerais de urânio são: **Uraninita (pechblenda)** – principal minério de urânio, **Carnotita, Autunita, Torbernita, Classificação econômica**

O urânio encontrado na natureza, sob a forma de dióxido de urânio (UO2), contém 99,284% do isótopo 238U e apenas 0,711% do seu peso é representado pelo isótopo 235U. No entanto, para provocar uma reação de fissão nuclear nos reatores de água pressurizada, precisa-se dispor de um urânio que contenha entre 3% e 5% do isótopo 235. O enriquecimento consiste, então, em aumentar o teor de 235U (urânio-235) através de um processo de separação de isótopos.



RESERVAS CONHECIDAS*			
País		Toneladas	% mundo
1º	Austrália	1.706.100	29%
2º	Cazaquistão	679.300	12%
3º	Rússia	505.900	9%
4º	Canadá	493.900	8%
5º	Niger	404.900	7%
6º	Namíbia	382.800	6%
7º	África do Sul	338.100	6%
8º	BRASIL	276.100	5%
9º	Estados Unidos	207.400	4%
10º	China	199.100	4%
11º	Mongólia	141.500	2%
12º	Ucrânia	117.700	2%
13º	Uzbequistão	91.300	2%
14º	Botsuana	68.800	1%
15º	Tanzânia	58.500	1%
16º	Jordânia	33.800	1%
Outros		191.500	3%
TOTAL MUNDIAL		5.902.500	100%

* Reservas razoavelmente asseguradas (RAR).

Fonte: USGS – Mineral Commodity Summaries 2024.

A precisão e o custo geopolítico da matemática nuclear



Contexto Histórico

Descoberto na Alemanha no séc. XVIII. Henry Becquerel comprovou a radioatividade usando sal de urânio e chapa fotográfica.

O Risco Ambiental

Minas de uraninita, euxenita e carnotita geram polêmicas contínuas por contaminação de águas e lençóis freáticos.

A Barreira Geopolítica

A separação de isótopos é um gargalo tecnológico intransponível, dominado exclusivamente por nações com vasto poder político e bélico.

ENRIQUECER URÂNIO

» URÂNIO NATURAL

1

Extração: o mineral se encontra nas rochas que se extraem das minas de urânio.



2

Concentração: é a etapa de trituração e dissolução química para extrair o urânio em forma de pó amarelo.



» PROCESSO DE ENRIQUECIMENTO

4

Consiste em aumentar a percentagem de urânio 235, separando-o do urânio 238 no centrífugador. O gás enriquecido em U235 é enviado a um segundo centrífugador.

3

Conversão: é a mistura com fluorina para obter um gás.

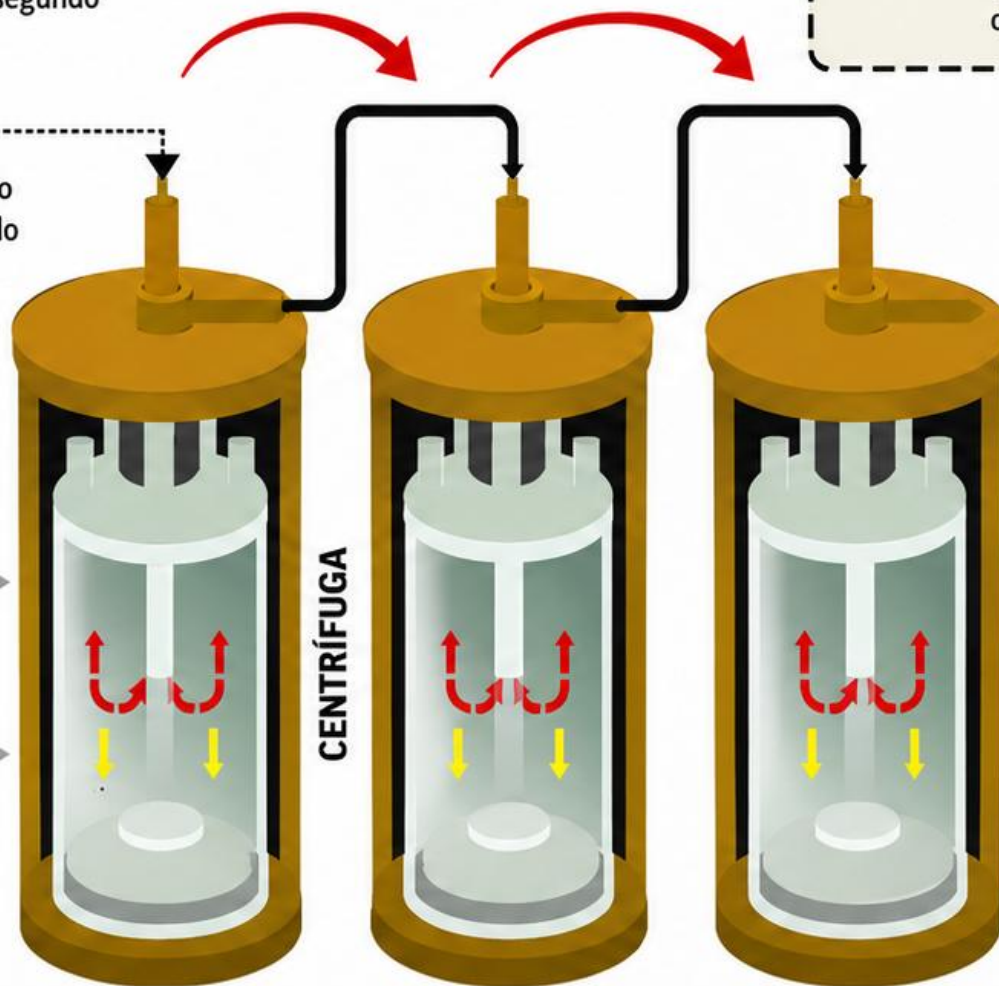
O urânio em estado gasoso é introduzido no centrífugador.

O **U235**, mais leve, sobe.

O **U238**, mais pesado, vai para o fundo e é extraído.

O gás enriquecido em U235 é enviado a um segundo centrífugador.

O processo se repete em uma série de centrífugadores.



» USOS



CIVIL

São necessários de 4 a 5% de U235 (urânio enriquecido) para alimentar as centrais nucleares.



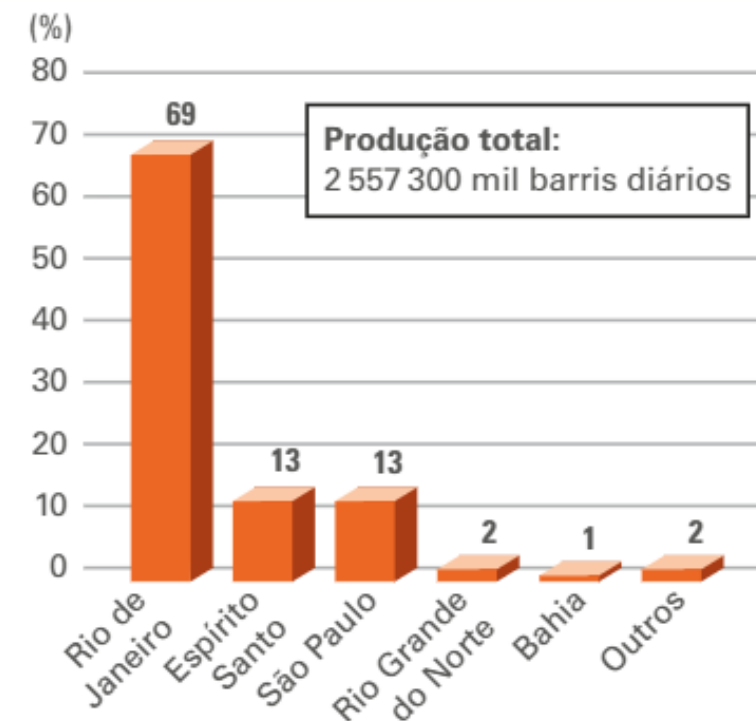
MILITAR

Aumento de U235 até pelo menos 90% para fabricar bombas nucleares.

Petróleo – Mineral energético

- É um mineraloide (hidrocarboneto) formado pela decomposição anaeróbica de matérias orgânicas em ambientes marinhos – restos orgânicos (plâncton) depositados em ambientes com pouca circulação e oxigenação – mares interiores, baías fechadas e golfos. Aparece em reservas rasas, tais como as do Oriente Médio, mas a maior parte do petróleo do planeta encontra-se associado ao subsolo oceânico – exigência de tecnologia *offshore*. Várias reservas encontram-se, também, em regiões continentais, fato explicado pela migração do petróleo através de fissuras de rochas permeáveis ou áreas originalmente marinhas deslocadas/soerguidas por processos tectônicos.

Brasil: produção de petróleo – março de 2018



Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Boletim da Produção de Petróleo

Composição do Petróleo de Acordo com a Química e a Engenharia do Petróleo

Tipo de Universo Químico		% Encontrada em 1 Litro de Petróleo
Carbono		83% – O carbono é o elemento predominante no petróleo.
Hidrogênio		12% – Atua junto com Carbono formando as moléculas.
Nitrogênio		4% – Encontrado na forma de amina.
Oxigênio		2% – Na maioria como carboxilados.
Ferro		0,5% – Raramente aparece.
Metais (Ni, V, Ti, Co, cobre, zinco...)		0,5% – Considerado como traços.

PETRÓLEO: PRODUTORES, CONSUMIDORES E GRANDES RESERVAS

	Maiores produtores	Maiores consumidores	Maiores reservas
1.	Arábia Saudita	Estados Unidos	Venezuela
2.	Rússia	China	Arábia Saudita
3.	Estados Unidos	Japão	Canadá
4.	China	Índia	Irã
5.	Canadá	Rússia	Iraque
6.	Irã	Arábia Saudita	Kuwait
7.	Emirados Árabes	Brasil	Emirados Árabes
8.	Kuwait	Alemanha	Rússia
9.	Iraque	Coreia do Sul	Líbia
10.	México	Canadá	Nigéria

Fonte: BP Statistical Review of World Energy 2023 (dados de 2022).

Carvão - Mineral energético

- Carvão mineral – é uma rocha sedimentar (com certo grau de metamorfismo) proveniente de depósitos de restos de plantas e árvores, ou seja, vegetação pré-histórica (Período Carbonífero, da Era Paleozoica) que se acumulou em pântanos sob lâminas d'água há milhões de anos. Com o passar do tempo, estes depósitos foram cobertos por argilas e areias, dentre outros materiais, ocorrendo um soterramento gradual que provocou aumento de temperatura e da pressão sobre a matéria orgânica depositada. Isto expulsou gradualmente o oxigênio e o hidrogênio, favorecendo a decomposição por micro-organismos anaeróbicos e concentrando o carbono (processo de carbonificação).

A evolução geológica do carbono maximiza a eficiência energética à custa do ambiente

Dinâmica Físico-Química

O avanço do soterramento (Era Paleozoica) diminui a humidade e aumenta drasticamente o poder calorífico.



O Custo Ambiental

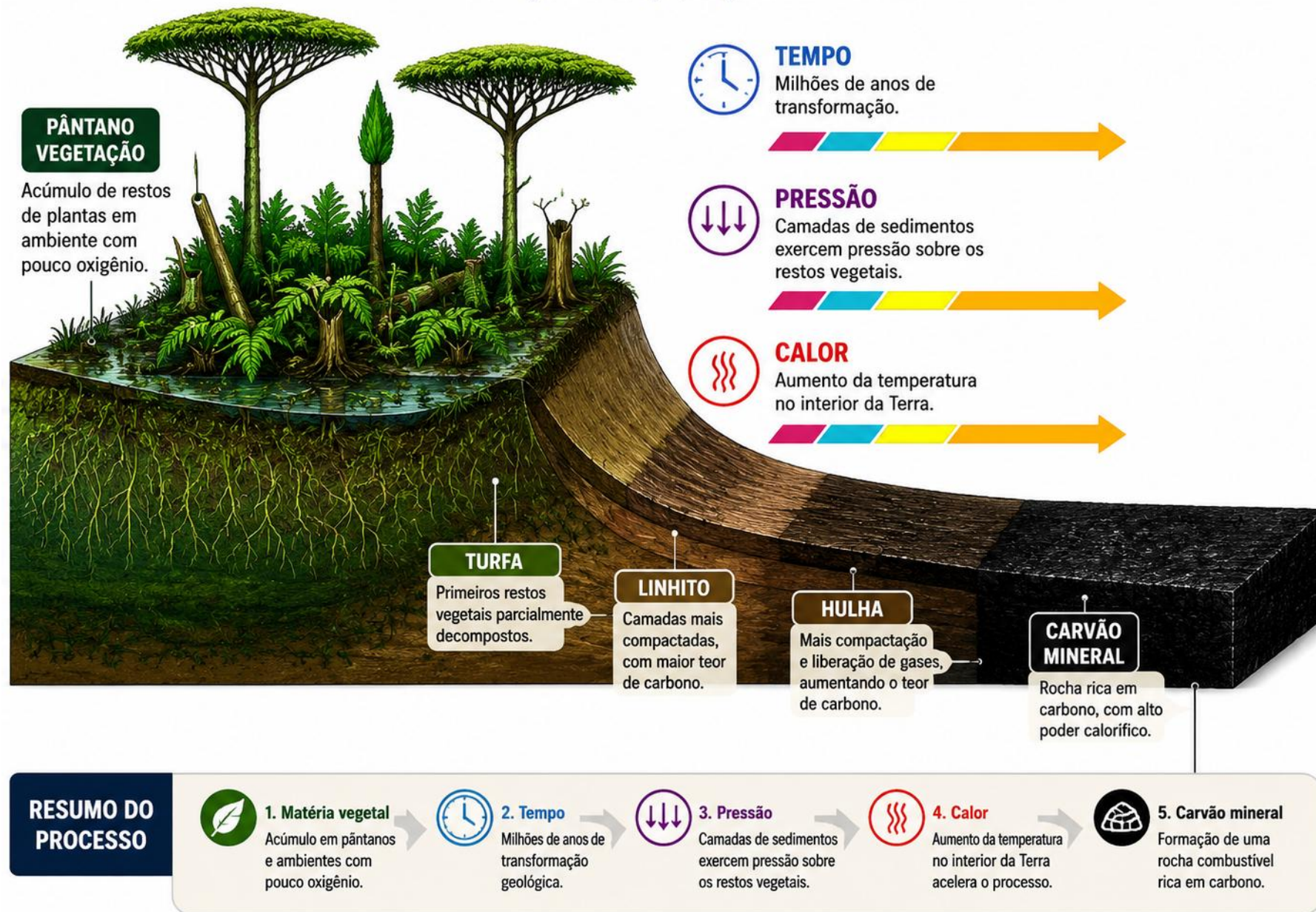
É o combustível fóssil mais poluidor. A queima liberta Dióxido de Carbono (CO_2) agravando o efeito estufa, e Dióxido de Enxofre (SO_2), causando chuvas ácidas.

As reservas carboníferas também foram fundamentais para a localização das indústrias tradicionais: Manchúria (China) e nordeste dos EUA. Devido aos elevados custos de transporte, as termelétricas e as indústrias que o utilizam como matéria-prima (piche, asfalto, plásticos, inseticidas, tintas etc) tendem a se localizar próximas das áreas de produção.

- Fases (teor de carbono):
madeira (50%) → turfa (60%) → linhito (65% a 75%) → hulha/betuminoso (75% a 90%) → antracito (+ de 90%).
Quanto mais adiantada, maior o teor de carbono e menor o teor de umidade (maior raridade) – diferença no poder calorífero.

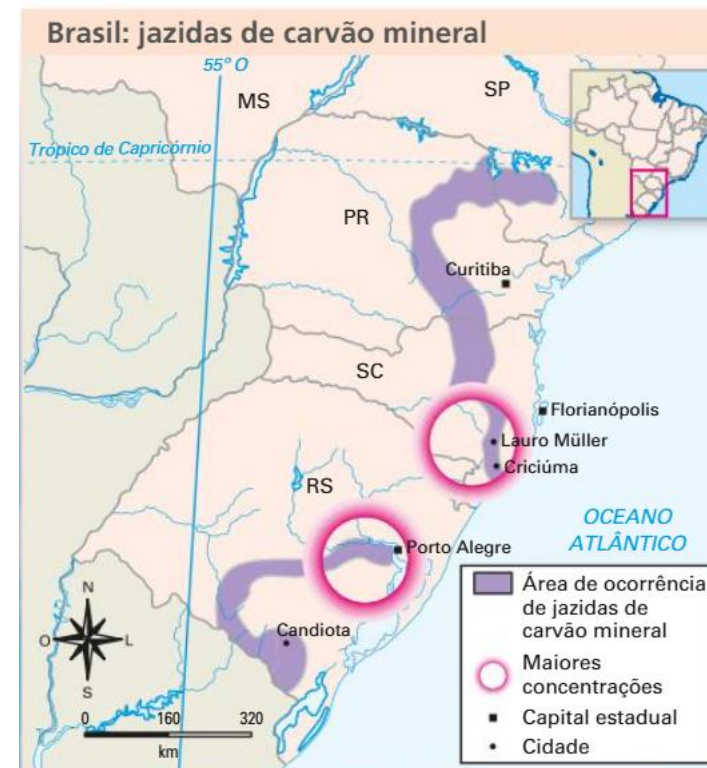
FORMAÇÃO DO CARVÃO MINERAL

A transformação da matéria vegetal em carvão ocorre ao longo de milhões de anos, sob ação do tempo, da pressão e do calor.

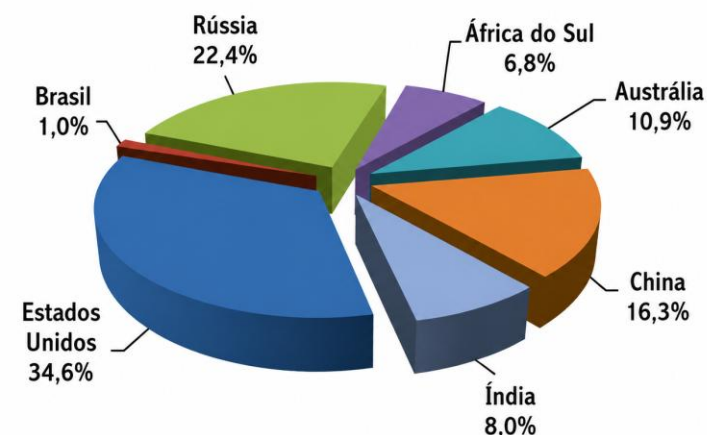


Dos recursos não renováveis, é o mais abundante, com destaque para o Hemisfério Norte: EUA e Índia (reservas de linhito e hulha a céu aberto); Europa Central - Alemanha – Reno/Ruhr e Polônia – Silésia (reservas mais profundas do mundo).

É o mais poluidor entre os combustíveis fósseis, principalmente, devido à grande quantidade de carbono e enxofre que, depois da queima, são lançados na atmosfera na forma de gás carbônico (CO₂) e dióxido de enxofre (SO₂), os quais contribuem para o agravamento do efeito estufa e para a chuva ácida, respectivamente.



PARTICIPAÇÃO (%) DOS PAÍSES DETENTORES DAS MAIORES RESERVAS DE CARVÃO MINERAL – 2007



Terras raras - são um conjunto de elementos químicos com propriedades metálicas, utilizados principalmente na indústria de alta tecnologia.

As terras raras correspondem a um grupo de 17 elementos químicos encontrados na natureza, geralmente associados a outros minerais e de difícil separação. Apesar do nome, não são necessariamente raros, mas sua extração e processamento são caros e complexos. O Brasil possui a segunda maior reserva mundial de terras raras, atrás apenas da China, o que lhe confere grande importância estratégica para a produção de tecnologias de ponta e para a transição energética. Esses minérios são indispensáveis para a produção, por exemplo, de:

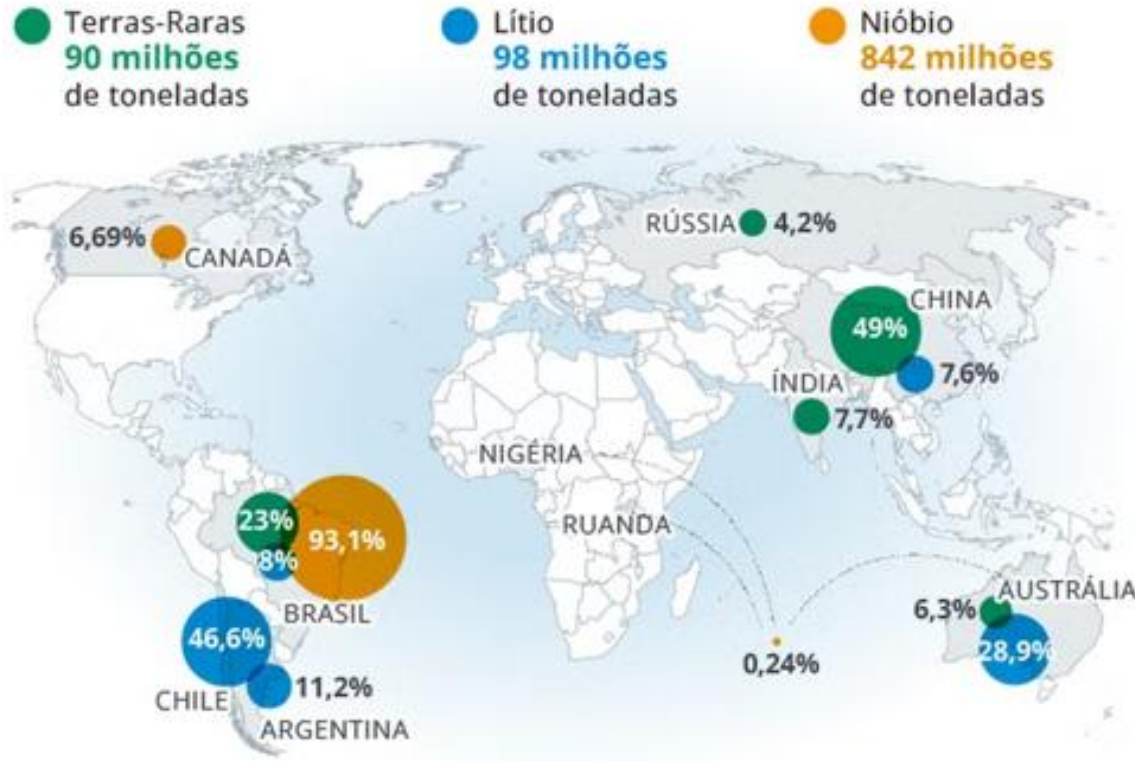
- Turbinas eólicas
- Motores de carros elétricos
- Chips de computadores e celulares
- Equipamentos médicos de ponta
- Satélites, foguetes e mísseis
- Dispositivos eletrônicos de última geração

Neodímio (Nd) – utilizado em ímãs permanentes de alta potência para veículos elétricos e turbinas eólicas. Praseodímio (Pr) – empregado em ligas metálicas, motores elétricos e ímãs. Disprósio (Dy) – aumenta a resistência ao calor dos ímãs usados em motores e geradores. Térbio (Tb) – utilizado em telas, LEDs e ímãs de alto desempenho. Lantânio (La) – usado em baterias recarregáveis, lentes ópticas e catalisadores. Cério (Ce) – empregado no polimento de vidros, catalisadores automotivos e indústria química. Ítrio (Y) – utilizado em lasers, LEDs, telas e materiais cerâmicos de alta tecnologia.

Além das terras raras, o Brasil tem grandes reservas de lítio, grafite, nióbio, cobre, manganês, urânio e cobalto — todos estratégicos para a transição energética e o avanço tecnológico global. Se conseguir integrar ciência, indústria, diplomacia e investimento, o país pode deixar de ser apenas um exportador de commodities para se tornar um protagonista da nova economia global. Caso contrário, a abundância seguirá o destino de sempre: ser extraída aqui, processada lá fora — e importada de volta, com valor multiplicado.

<https://g1.globo.com/economia/noticia/2025/07/25/brasil-tem-2a-maior-reserva-de-terras-raras-do-mundo-mas-ainda-engatinha-na-exploracao-veja-os-entraves.ghtml>

Onde estão as principais reservas de matérias-primas essenciais para a transição energética



Terras raras → eletrônicos, ímãs permanentes, turbinas e tecnologia de ponta.

Nióbio → fortalecimento do aço, indústria siderúrgica e aeroespacial.

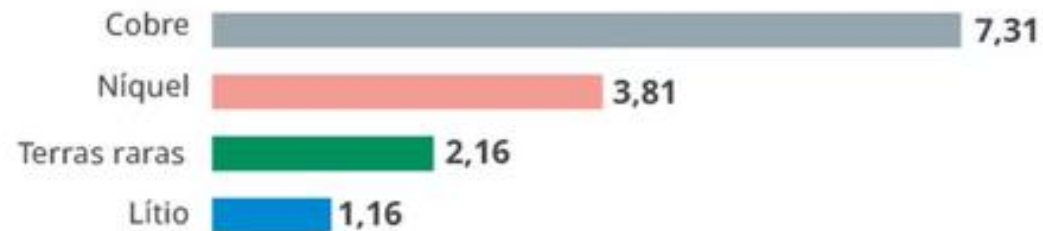
Brasil – Araxá

Lítio → baterias recarregáveis, carros elétricos e transição energética.

Lítio - principais produtores

- Austrália
- Chile
- China
- Argentina
- Brasil: Vale do Jequitinhonha (MG)

PREVISÃO DE INVESTIMENTO ENTRE 2025 E 2029 (em US\$ bilhões)





ATENÇÃO PARA O ENEM E VESTIBULARES

TERRAS RARAS

O QUE VOCÊ PRECISA SABER!



O QUE SÃO?

As terras raras formam um grupo de 17 elementos químicos encontrados na natureza, geralmente associados a outros minerais e de difícil extração.

Elas são classificadas como
MINERAIS METÁLICOS.

ONDE SÃO UTILIZADAS?



Celulares



Computadores



Turbinas
eólicas



Veículos
elétricos



Equipamentos
médicos



Sistemas
militares



ATENÇÃO ÀS PEGADINHAS!



NÃO são minerais energéticos,
pois não são utilizados como fonte de energia.



NÃO são minerais não metálicos,
já que possuem propriedades metálicas.

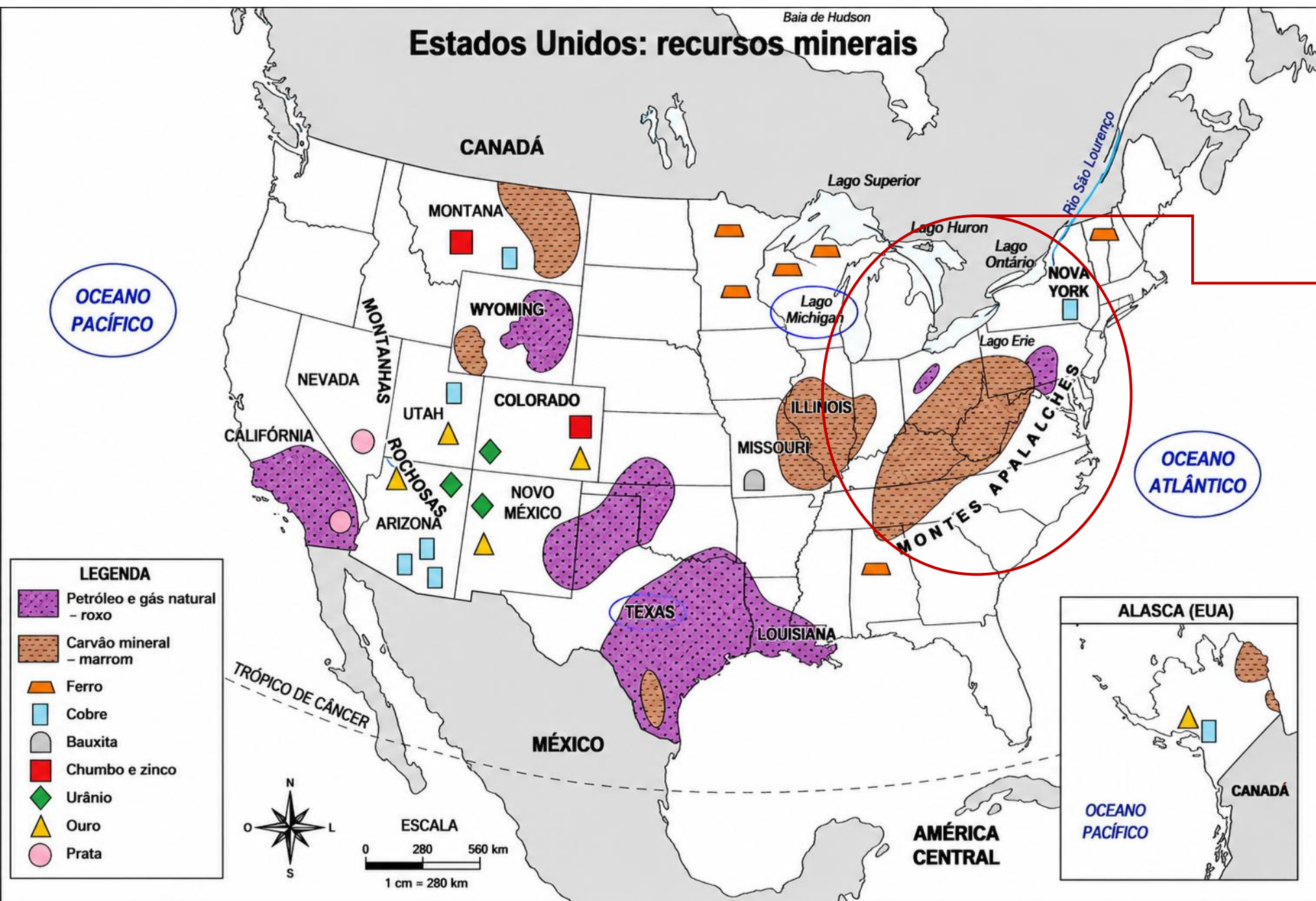


O Brasil possui a **segunda maior reserva de terras raras** do mundo, atrás apenas da China.

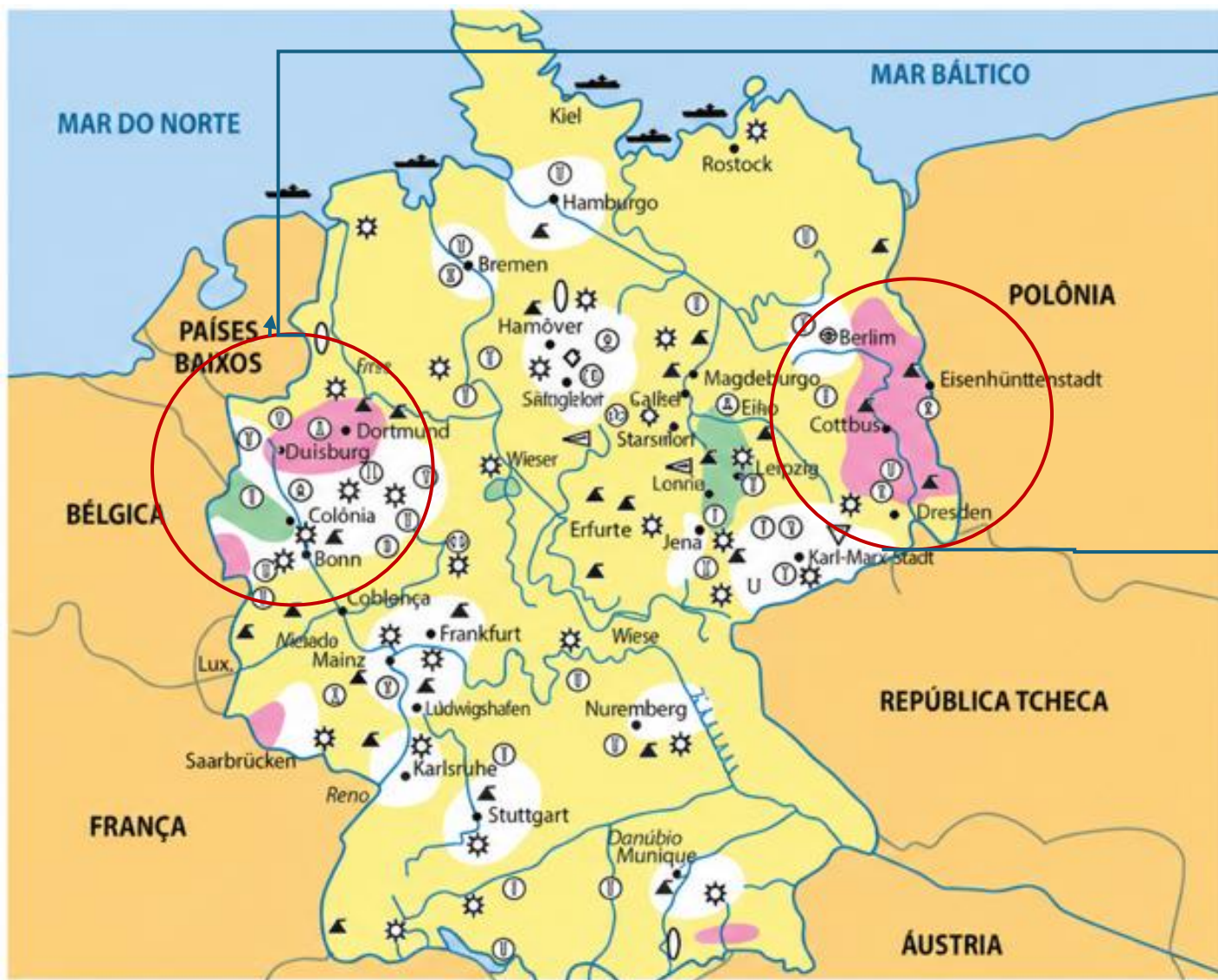
Casos específicos – as principais jazidas mundiais

- A **Grã-Bretanha**, por exemplo, obteve a primazia na corrida industrial devido, dentre outros fatores, à existência de enormes reservas de carvão mineral no centro de seu território. Cidades como Yorkshire, Lancashire e Midlands (Inglaterra) e Lowlands (Escócia) sofreram grandes transformações em virtude da construção de usinas siderúrgicas e de locomotivas e navios a vapor em seus arredores.
- Os **EUA** foram bastante beneficiados pela existência de grandes reservas de carvão mineral nas bacias sedimentares próximas aos Apalaches, nos estados da Pensilvânia e de Ohio, e de importantes jazidas de minério de ferro nos escudos próximos ao lago Superior, nos estados de Minnesota e de Wisconsin. Em razão das citadas reservas de carvão mineral e minério de ferro, no contexto do *manufacturing belt* (grande cinturão industrial estruturado no nordeste dos EUA), as cidades de Pittsburgh e Detroit foram alçadas, respectivamente, ao *status* de “capital do aço” e “capital do automóvel”.
- Na segunda metade do século XX entretanto, devido à retração econômica sofrida pelas indústrias tradicionais e à descoberta de enormes lençóis de petróleo no Texas (sul), bem como de petróleo e gás natural na bacia da Califórnia e de minérios, como ferro e cobre, nas Montanhas Rochosas e na Serra Nevada (oeste), vem se estruturando um novo cinturão industrial, o *sun belt*.

Estados Unidos: recursos minerais



Região do
manufacture belt
“Cinturão
ferrugem” – uma das
regiões mais
industrializadas do
mundo do início
século XX



Vale do Reno Ruhr rica em carvão mineral

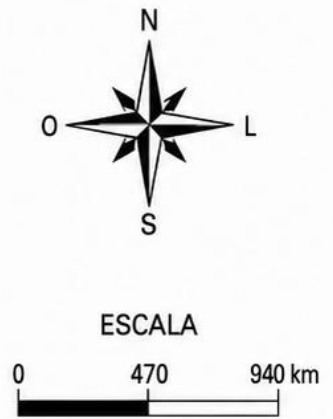
- Maior região industrial da Europa
- Datada da 1ª Revolução Industrial
- Fechamento de fábricas e desemprego industrial

Antiga Alemanha Oriental rica em carvão mineral

- Fechamento de empresas após a reunificação.

Potássio	Linhito	Indústria química
Sal	Carvão	Ind. mecânica e elétrica
Ferro	Petróleo e gás natural	Construção Naval
Cobre	Urânio	Indústria têxtil
Zinco e chumbo	Siderurgia	Regiões mais industrializadas

- Ouro
- Cobre
- Zinco
- Tungstênio
- Ferro
- Alumínio
- Molibidênio
- Antimônio
- Titânio
- Prata
- Petróleo (reservas)
- Carvão
- Cassiterita
- Manganês



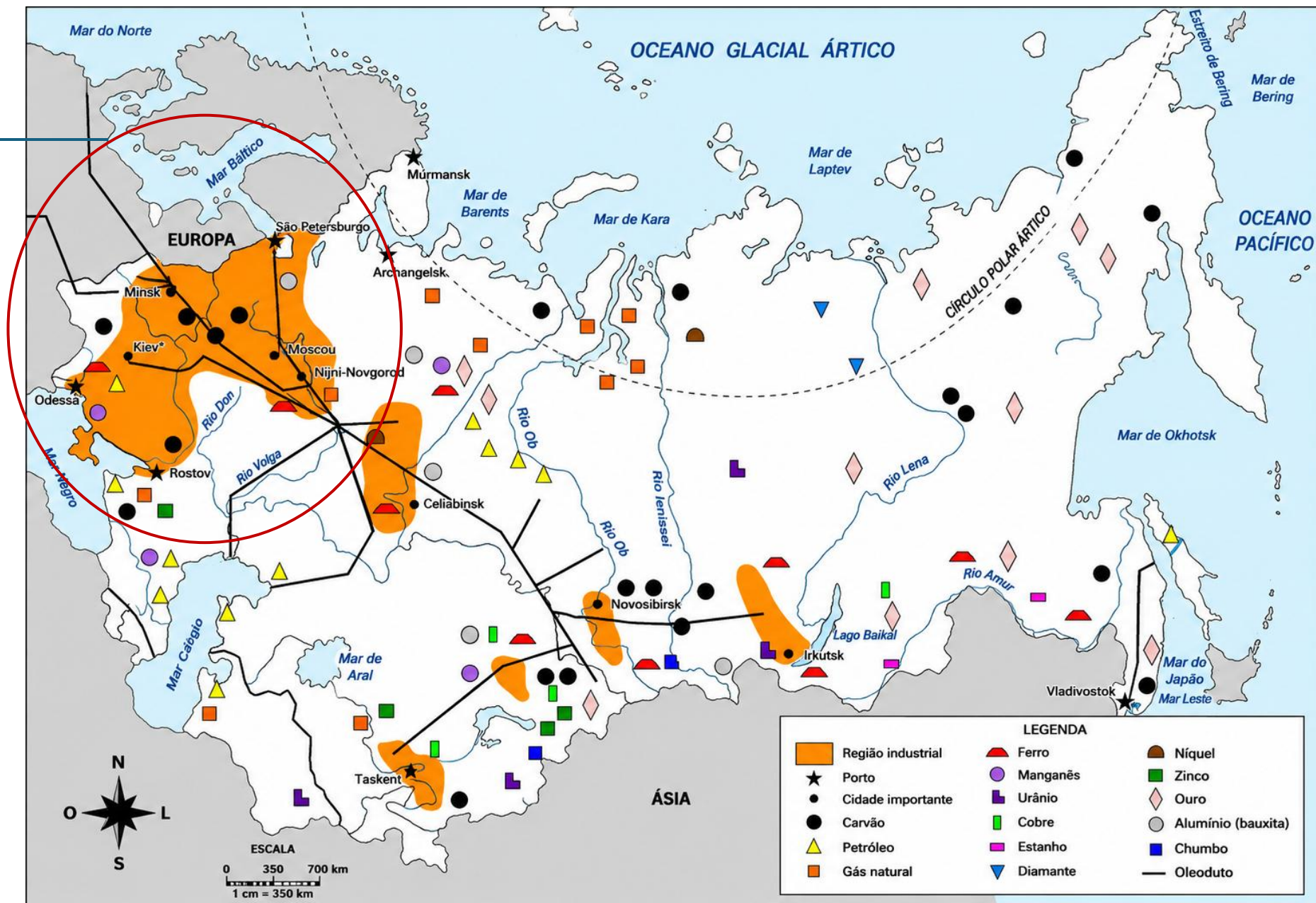
REGIÃO DA MANCHÚRIA –
RICA EM CARVÃO
MINERAL

China: país que mais emite
GEE

Principal fonte utilizada no
país: Carvão

	País	2016	Quota Mundial	(toneladas) em
1	<u>Estados Unidos</u>		22,31%	254.197.000.000
2	<u>Rússia</u>		15,51%	176.770.840.800
3	<u>Austrália</u>		14,01%	159.634.329.600
4	<u>China</u>		13,15%	149.818.259.000
5	<u>Índia</u>		9,45%	107.726.551.700

Região dos Urais –
Rica em carvão
mineral e minério
de ferro.



Rússia

A Rússia, devido à sua enorme extensão territorial e à diversidade de sua estrutura geológica, é um dos países do mundo mais ricos em recursos minerais.

Em seu território, além de **extensas bacias sedimentares ricas em combustíveis fósseis**, há vários escudos cristalinos ricos em minerais metálicos.

A exploração de petróleo tem destaque na bacia Volga-Ural e na Sibéria ocidental e oriental; o gás natural é explorado na bacia de Pechora e na Sibéria; e o carvão mineral é explorado nas bacias de Pechora e Donets, na fronteira com a Ucrânia.

O minério de ferro e outros minerais não metálicos são extraídos nos escudos cristalinos dos Montes Urais, mas há grande destaque para a extração de urânio nas jazidas da Sibéria ocidental.

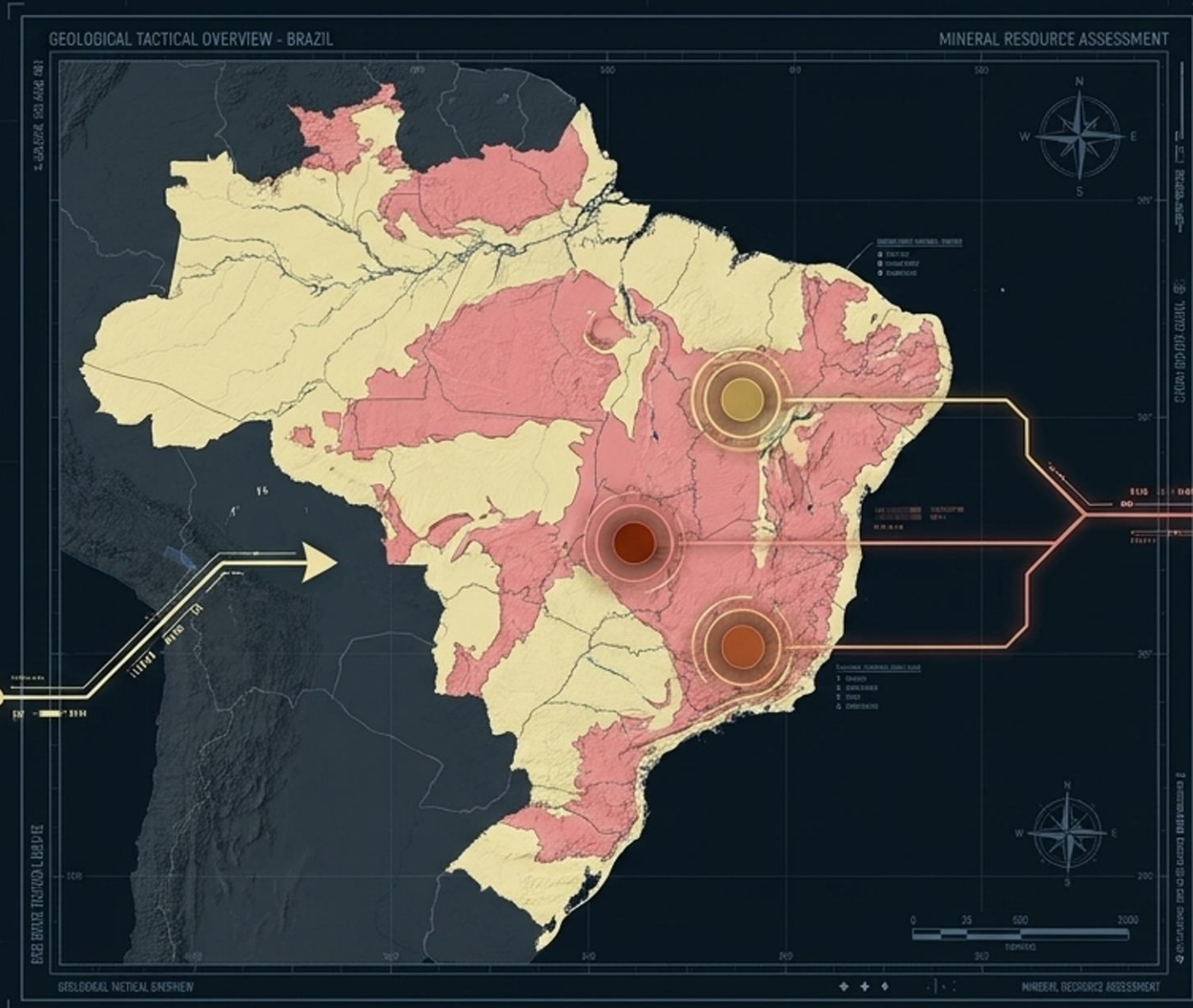
Matriz do Poder Industrial Global: O alinhamento entre jazidas e hegemonia

Nação / Região Chave	Recursos Base	Impacto Histórico e Presente
Estados Unidos (Bacia dos Apalaches e Lago Superior)	Carvão Mineral e Minério de Ferro	Criação do Manufacturing Belt; Pittsburgh (Aço) e Detroit (Automóvel) tornaram-se capitais industriais impulsionadas por ferrovias.
Alemanha (Vale do Reno-Ruhr e Região Oriental)	Carvão, Linhito e Hulha	Berço da Revolução Industrial Europeia. Atualmente enfrenta o encerramento de minas e desemprego estrutural pós-reunificação.
Grã-Bretanha (Yorkshire, Lancashire, Midlands)	Carvão Mineral	Primazia na Primeira Revolução Industrial; o aço extraído financiou a construção de locomotivas e frotas de navios a vapor.
China (Sul da Manchúria)	Carvão Mineral	A abundância deste recurso suportou e continua a alimentar o vasto parque industrial moderno do país.

O ecossistema mineral brasileiro assenta numa dualidade geológica primária

As Bacias Sedimentares

Vastas áreas costeiras e interiores. A fonte primária de combustíveis fósseis, incluindo o vital petróleo offshore e rochas ornamentais.



Os Escudos Cristalinos

Epicentros de riqueza incalculável em minerais metálicos e pedras preciosas. Foco estratégico em três grandes províncias:

1. Quadrilátero Ferrífero (Sudeste)
2. Maciço do Urucum (Centro-Oeste)
3. Província de Carajás (Norte)

Matriz dos Titãs Brasileiros: Três geografias, três ecossistemas logísticos



Quadrilátero Ferrífero (MG)



Foco Mineral: Ouro (Histórico), Ferro, Manganês, Bauxita.



Logística Primária: Escoamento ferroviário vital (Vitória a Minas) e redes de minerodutos.



Nota: Polo atrativo desde o século XVII; fortemente operado por iniciativas privadas.



Maciço do Urucum (MS)



Foco Mineral: Manganês (Pirolusita) e Ferro (Hematita/Itabirita).



Logística Primária: Rotas fluviais através das calhas dos rios Paraguai e Paraná.



Nota: O isolamento geográfico dita que a produção flua em direção ao Mercosul, longe dos polos nacionais.



Serra dos Carajás (PA)



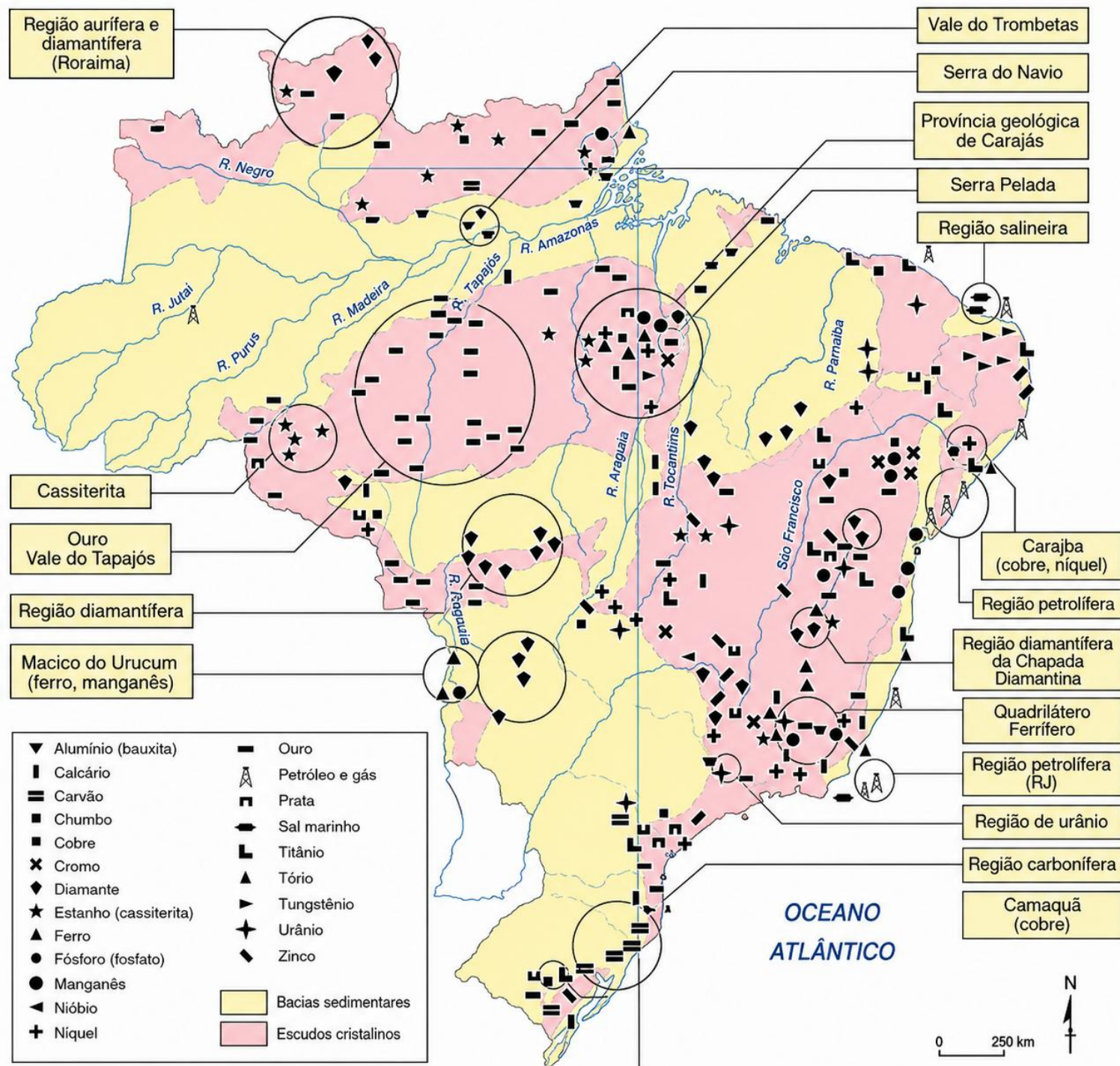
Foco Mineral: Ferro, Cobre, Ouro, Níquel.

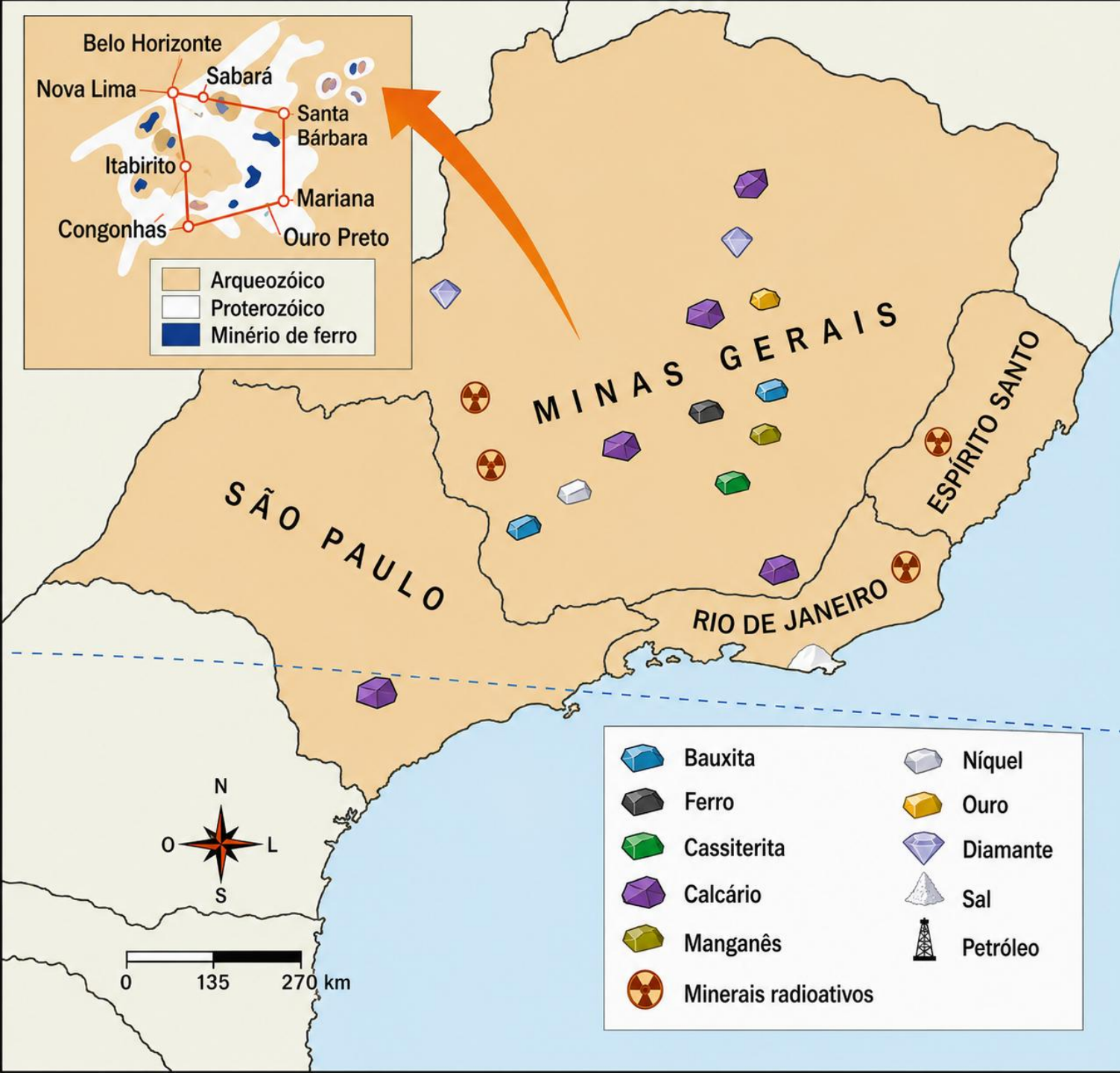


Logística Primária: Complexo sistema a partir da selva Amazônica.



Nota: A maior província mineralógica do planeta (1 milhão de km²). Descoberta acidental na década de 1960.





Além das importantes reservas desse minério, o Quadrilátero Ferrífero abriga vastas reservas de ouro, de calcário, de bauxita, de manganês, de argila, de caulim etc, e nele se localizam, além das citadas, cidades como: Belo Horizonte, Itabira, Itabirito, Nova Lima e Ouro Preto, muitas das quais floresceram e tiveram seu auge no Ciclo do Ouro.

- Durante o período do ouro, foi um importante polo atrativo cujo povoamento teve início no século XVII. Atualmente, sua produção de minério de ferro é voltada tanto para o mercado interno quanto para o mercado externo, o que ocorre através de mineradoras privadas e da Vale S.A., antiga CVRD (Companhia Vale do Rio Doce).
- O minério é escoado através da Estrada de Ferro Vitória a Minas até os terminais do Porto de Tubarão, em Vitória, capital do Espírito Santo (tanto a ferrovia Vitória-Minas quanto o Porto de Tubarão pertencem à Vale S.A.).
- Além do transporte ferroviário acima citado, ocorre também o transporte por **minerodutos** que ligam Mariana a Anchieta, no estado do Espírito Santo, com extensão de aproximadamente 400 km e atravessando 25 municípios. Existe a tendência de ampliação do uso desse modal de transporte, o que motivou a construção de um novo mineroduto ligando o município de Alvorada de Minas até o Complexo Portuário do Açu, em São João da Barra, no estado do Rio de Janeiro. O comprimento total do duto é de 525 km, passando por 32 municípios. O transporte pelo duto utiliza bombas de alta pressão, levando ao uso e ao desperdício de quantidades significativas de água.

Quadrilátero Ferrífero: A extração sistêmica e as artérias até ao Atlântico



O Epicentro Histórico

Povoamento iniciado no século XVII pelo Ciclo do Ouro.
Hoje operado pela Vale S.A.,
extraíndo ferro, bauxita, manganês
e calcário.



Rota 1: A Estrada de Ferro

A Estrada de Ferro Vitória a Minas
transporta o minério diretamente
para os terminais de exportação do
Porto de Tubarão (ES).



Rota 2: Minerodutos e o Custo da Água

Linha Mariana-Anchieta (ES):
~400km atravessando 25 municípios.

Linha Alvorada-Porto do Açu (RJ):
525km atravessando 32 municípios.

Alerta: A operação com bombas de
alta pressão exige o uso e desperdício
de quantidades massivas de água.

Quadrilátero
Ferrífero

MINAS GERAIS

Estrada de Ferro
Vitória a Minas

Mineroduto
Mariana-Anchieta

ESPÍRITO
SANTO

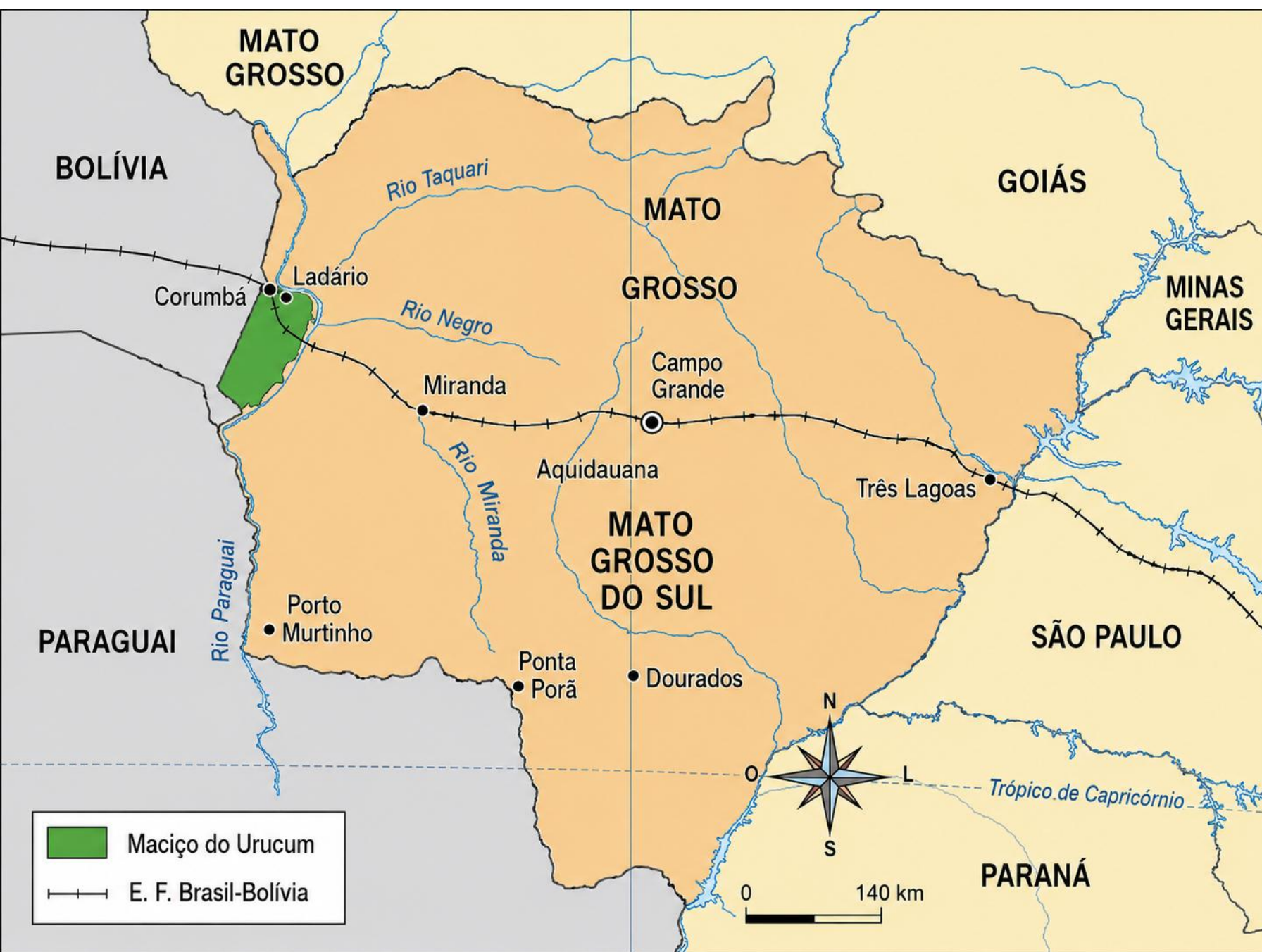
Vitória (ES)

Anchieta (ES)

Mineroduto
Alvorada-Porto
do Açu

RIO DE JANEIRO

Porto do Açu (RJ)



Na região **Centro-Oeste**, na zona rural de Corumbá, no Mato Grosso do Sul, está o **Maciço do Urucum** ou Morro do Urucum, o qual recebeu este nome pela cor avermelhada de suas terras que se assemelha ao urucum. Em razão da natureza das suas rochas, o Maciço do Urucum possui grandes reservas minerais, tais como: ouro, manganês do tipo pirolusita e minério de ferro dos tipos hematita e itabirita.

Suas jazidas estão sob o controle da Urucum Mineração, que pertence à Vale S.A., e da Mineração Corumbaense Reunida (MCR), mas as grandes distâncias que o separam dos maiores centros industriais brasileiros são responsáveis pelo destino de grande parte de sua produção: o Mercosul, onde os minerais chegam após serem transportados pela calha dos rios Paraguai e Paraná.

Maciço do Urucum: O isolamento geográfico impõe uma rota fluvial de escoamento

A Geologia Vermelha

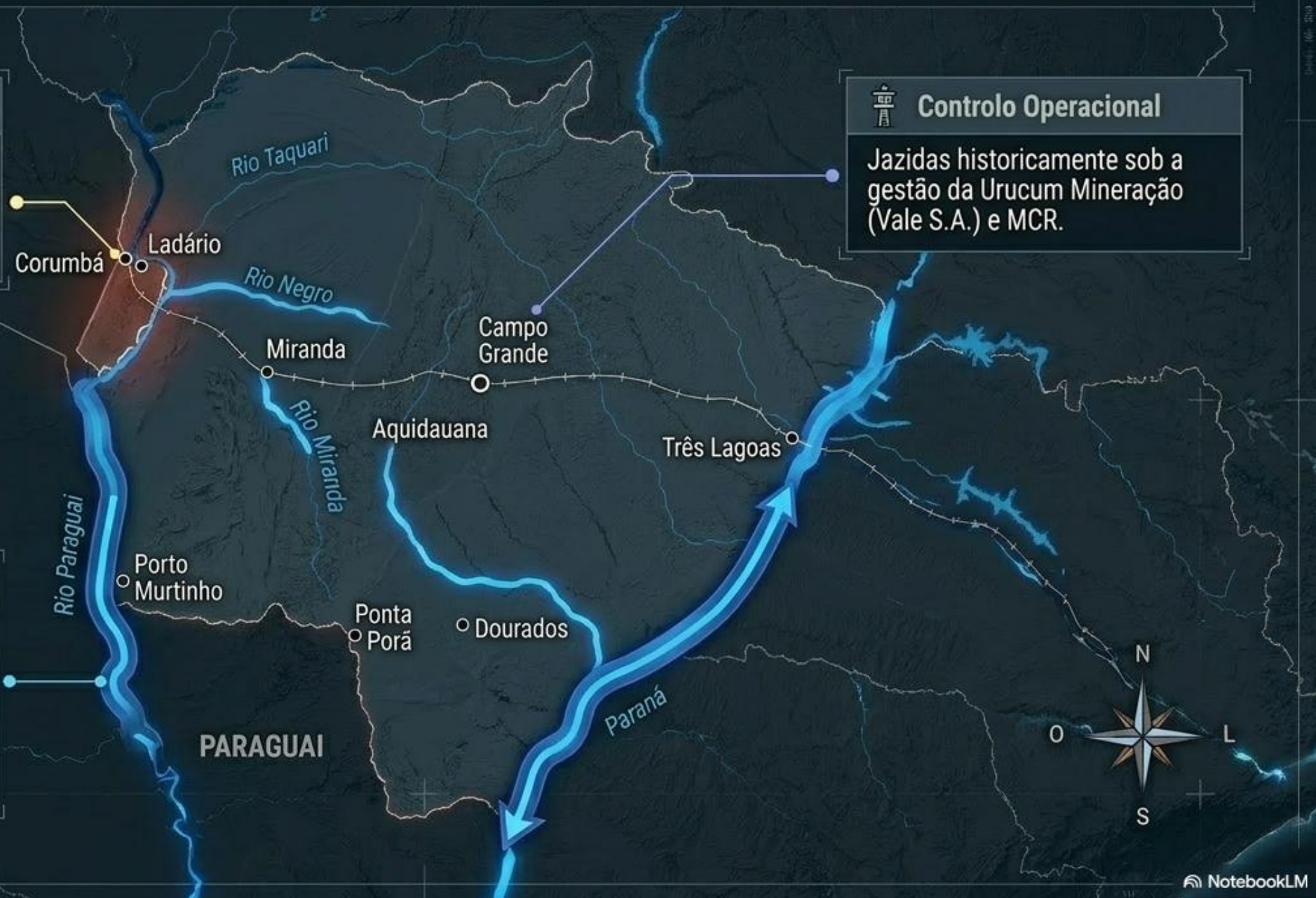
O morro adota a cor de semente de urucum. Alberga reservas massivas de Manganês (pirolusita), Ouro e Ferro (hematita/itabirita).

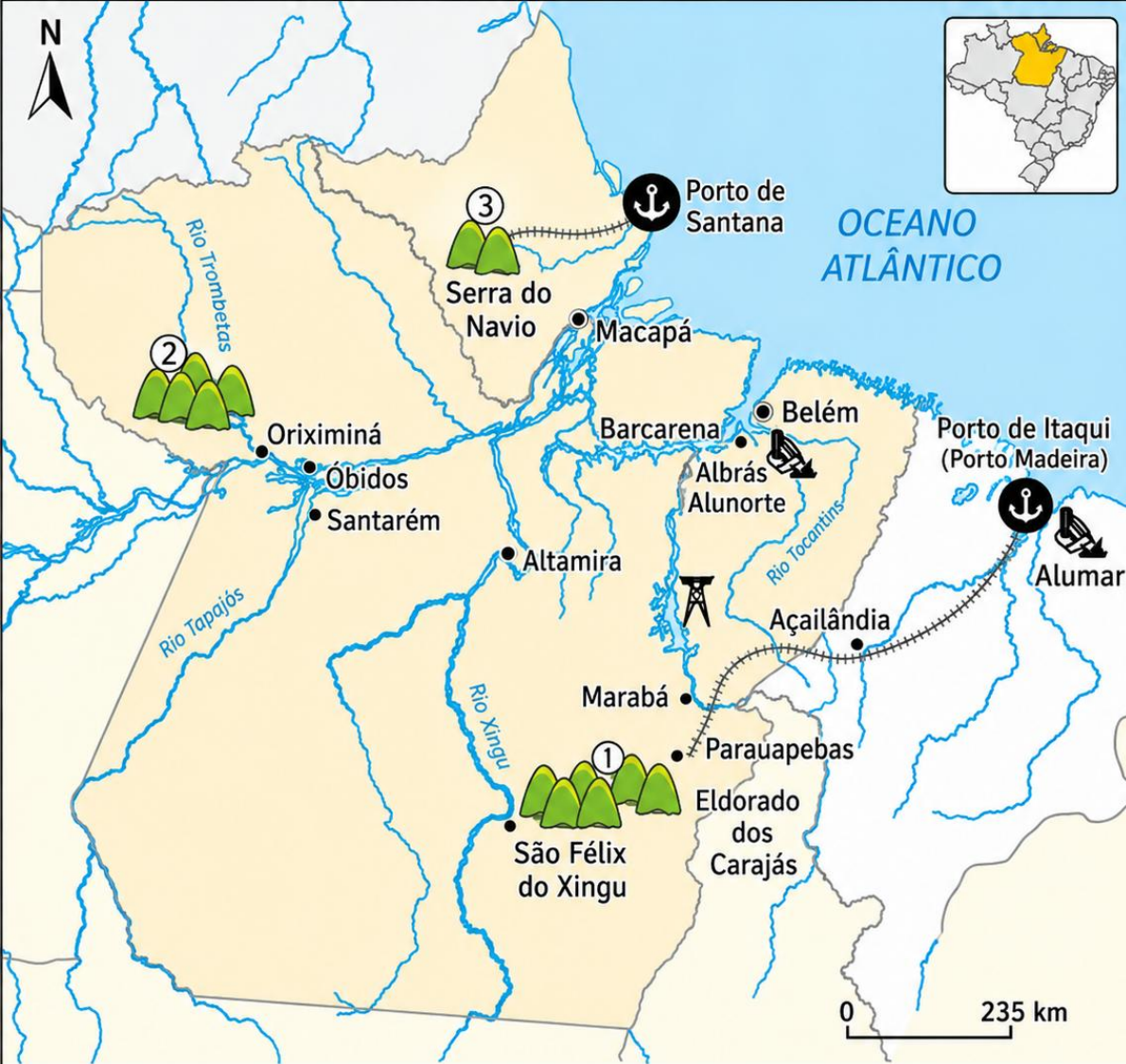
Controlo Operacional

Jazidas historicamente sob a gestão da Urucum Mineração (Vale S.A.) e MCR.

O Gargalo Geográfico

As enormes distâncias para os centros industriais do Brasil bloqueiam a rota terrestre. O minério flui quase exclusivamente pelos rios Paraguai e Paraná, destinando-se ao Mercosul.





Hidrelétrica



Siderurgia



Porto



Capital



Linha férrea



Projeto Carajás



Projeto Trombetas



Serra do Navio - extração de manganês

No sudoeste do estado do Pará, numa área de aproximadamente 1 milhão de km², encontra-se o que se considera, possivelmente, a maior província mineralógica do planeta: a **Serra dos Carajás**. Além de minério de ferro, a serra concentra grande quantidade de manganês, de cobre, de ouro e de níquel, dentre outros minerais.

- Foi descoberta no ano de 1967 de modo acidental: um helicóptero a serviço de uma mineradora estadunidense realizou um pouso de emergência em uma clareira da região e o geólogo que estava a bordo notou que havia poucas árvores no local, o que poderia ser causado pela presença de minério de ferro na superfície. Alguns anos após a descoberta dos minérios, deu-se início à exploração da região mediante a formação de um consórcio chamado Amazônia Mineração S. A. (Amsa), do qual participavam a então empresa estatal Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e a americana US Steel Corporation. No final da década de 1970, entretanto, devido à falta de infraestrutura e aos baixos preços do minério de ferro no mercado externo, a mineradora estadunidense se retirou.

Serra dos Carajás: O colossal acidente geológico da Amazônia



1967: O Acaso

Um helicóptero estadunidense faz uma aterragem de emergência. A escassa vegetação revela ao geólogo a bordo uma concentração maciça de minério de ferro à superfície.



Anos 70: A Estruturação

Criação do consórcio Amazônia Mineração S.A. (AMSA), unindo a estatal brasileira CVRD à americana US Steel.



Fim dos Anos 70: O Êxodo

A US Steel recua devido à total falta de infraestrutura na Amazônia e à queda global dos preços do ferro.



O Presente: A Escala Colossal

Reconhecida como possivelmente a maior província mineralógica do mundo (1.000.000 km²), concentrando reservas gigantescas de ferro, manganês, cobre, ouro e níquel.

O Paradoxo da Extração: O subsolo propõe, a infraestrutura dispõe



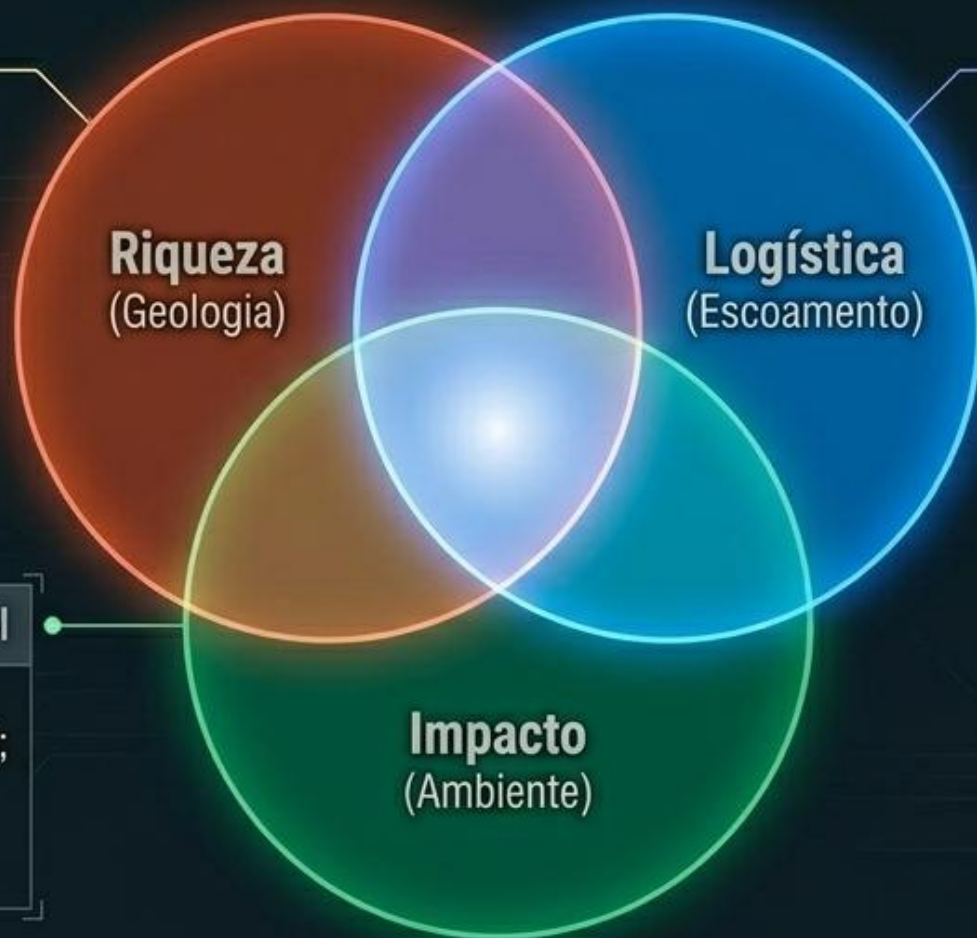
A Riqueza não é Destino

Ter escudos cristalinos repletos de ferro ou urânio é apenas a premissa basal. Como provado em Carajás, sem vias de escoamento, a riqueza permanece prisioneira do subsolo.



A Cobrança Ambiental Intransponível

A extração exige um custo inegociável. A fundição exige carvão libertando CO2/SO2; o transporte nos minerodutos exige o desperdício de volumes massivos de água; o urânio ameaça lençóis freáticos globais.



O Estrangulamento Logístico

O mineral dita a infraestrutura: comboios centenários em Minas Gerais, minerodutos de 500km movidos a alta pressão, e milhares de quilômetros fluviais saindo do isolamento de Urucum.



A geopolítica do século XXI não será definida por quem possui as maiores jazidas, mas por quem as consegue escavar e escoar garantindo a menor fricção económica e ambiental possível.

MINERAIS E USOS SOCIOECONÔMICOS



Ferro → escudos cristalinos + intemperismo.



Bauxita → clima tropical úmido + laterização.



Carvão mineral → bacias sedimentares.



Petróleo → bacias sedimentares marinhas.



Minerais metálicos: ferro, manganês, cobre, ouro, níquel, estanho, alumínio (bauxita).



Minerais energéticos: urânio, carvão mineral, petróleo, gás natural e xisto betuminoso.



Minerais não metálicos: calcário, fosfato, salgema, quartzo, caulim e gipsita.