

## Atividades sísmicas

Mario Ivan Cardoso de Lima

Pedro Edson Leal Bezerra

Sidney Ribeiro Gonzalez

A carta de Atividades Sísmicas no Brasil e em parte da América do Sul apresenta uma coletânea de dados sísmicos atualizados até março de 2010. Estas informações são obtidas no Boletim Sísmico Brasileiro, mantido pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo - USP. Além desta, há três outras instituições: o Observatório Sismológico da Universidade de Brasília - UnB; o Observatório Nacional - ON e a Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, que contribuem diretamente com o mapa de sismicidade do Brasil. Existem ainda cinco estações da rede sismológica mundial no território brasileiro, assegurando um mapa confiável de sua sismicidade (FRANÇA, 2006)<sup>1</sup>.

A Sismologia é um ramo da Geologia que estuda os terremotos e o interior da Terra, através de observações e análises das ondas sísmicas que atravessam seu interior, revelando sua estrutura interna. Além das atividades naturais da crosta terrestre, estas ondas também podem ser geradas através de explosões artificiais.

A crosta está dividida em 14, ou 19 grandes placas tectônicas, segundo Summerfield (1991), que se movimentam lentamente entre si, produzindo um esforço contínuo de deformação nas grandes massas de rocha que compõem a litosfera. Os limites entre as principais placas tectônicas podem ser convergentes, distensivos, transcorrentes e mistos. Nestas zonas são onde ocorrem, com mais frequência, os terremotos por se constituírem em zonas tectonicamente instáveis. No entanto, isso não invalida a possibilidade de existência de sismos nas zonas intraplacas, porém com menor frequência. O Brasil situa-se em uma zona intraplaca. Quando o esforço supera o limite de resistência da rocha, esta se rompe formando uma falha geológica. Consequentemente, o esforço é aliviado através de movimentação ao longo do plano da falha, gerando os terremotos. Na verdade, os terremotos não criam falhas geológicas, no entanto estas são os locais de maior fraqueza e por conseguinte constituem os focos principais do acúmulo de energia. As falhas geológicas é que são rejuvenescidas ou reativadas por ocasião de um terremoto. Durante e após o terremoto, as placas ou blocos de rocha iniciam novo movimento e continuam a se mover até que o novo esforço supere a resistência da rocha e gere outro terremoto. Parte da energia acumulada é liberada sob a forma de ondas elásticas, que podem se propagar em todas as direções, fazendo o terreno vibrar intensamente. Esse processo é o causador da maioria dos terremotos. O local onde a rocha rompe é denominado foco do terremoto ou hipocentro e sua projeção na superfície do terreno é o epicentro. É nas zonas de contato entre as placas tectônicas que ocorrem os maiores e mais frequentes terremotos.

Quando as ondas sísmicas são artificiais, elas são resultantes de explosões subterrâneas durante a construção de túneis para estradas, ruas e minas. Estas explosões não provocam ondas sísmicas muito intensas, sendo sentidas apenas nas proximidades dos locais de explosão. Explosões maiores, como as nucleares, criam ondas sísmicas muito parecidas com os maiores terremotos. Cita-se, também, os tremores provocados pelo enchimento de grandes represas para geração de energia elétrica.

Os sismólogos avaliam os terremotos de duas formas: 1) através da escala Mercalli que se baseia nas observações dos danos provocados pelos terremotos e percebidos pelas pessoas nas imediações do abalo,

como rachaduras ou desabamentos de construções, definindo desta forma a sua intensidade, que varia de 1 a 12; e 2) através da escala Richter ou da Magnitude do corpo de onda - Mb, onde são analisados os dados referentes à velocidade e à magnitude de propagação das ondas sísmicas obtidas pelos sismógrafos. Estes são instrumentos que registram a movimentação das ondas sísmicas, fornecendo valores sobre a sua velocidade e, principalmente, sobre a sua magnitude. O registro feito pelo sismógrafo é chamado de Sismograma. Ao estudá-lo, pode-se dizer onde ocorreu o terremoto e sua força ou magnitude. Este registro não informa exatamente o local do epicentro, mas, apenas que o terremoto aconteceu a tantos quilômetros longe desse sismógrafo. Para localizar o epicentro, é preciso conhecer o que foi gravado em pelo menos dois outros sismógrafos em outras partes do país ou do mundo.

A escala de intensidade sísmica atual é denominada Escala de Mercalli Modificada e foi elaborada por Giuseppe Mercalli em 1902. A magnitude de um terremoto é medida na escala de Richter, criada por Charles Francis Richter e Beno Gutenberg em 1934. É calculada a partir do logaritmo da amplitude da maior onda sísmica gravada para o terremoto, não importando qual tipo de onda foi a mais forte. As magnitudes Richter baseiam-se em uma escala logarítmica (base 10) onde, para cada número inteiro que aumentar na escala de Richter, a amplitude de movimento de terra registrados por um sismógrafo aumenta dez vezes. Usando esta escala, um terremoto de magnitude 5 provocaria abalos sísmicos no nível do solo dez vezes maiores que um terremoto de magnitude 4.

### Referências

ASSUMPCÃO, M. S. Terremotos no Brasil. *Ciência Hoje*, São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, v. 1, n. 6, p. 13-20.

BERROCAL, J. et al. *Sismicidade do Brasil*. São Paulo: Universidade de São Paulo - USP, Instituto Astronômico e Geofísico; [Rio de Janeiro]: Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, 1984. 320 p.

BOLETIM sísmico brasileiro. São Paulo: Universidade de São Paulo - USP, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, 2010. Disponível em: <<http://moho.iag.usp.br/sismologia/boletim.php>>. Acesso em: set. 2010.

EARTHQUAKE Hazards Program. Reston: U.S. Geological Survey - USGS, 2010. Disponível em: <<http://www.earthquake.usgs.gov>>. Acesso em: set. 2010.

FRANÇA, G. S. Brazil seismicity. *Bulletin of the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering*, Japan: International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, v. 40, p. 23-36, 2006.

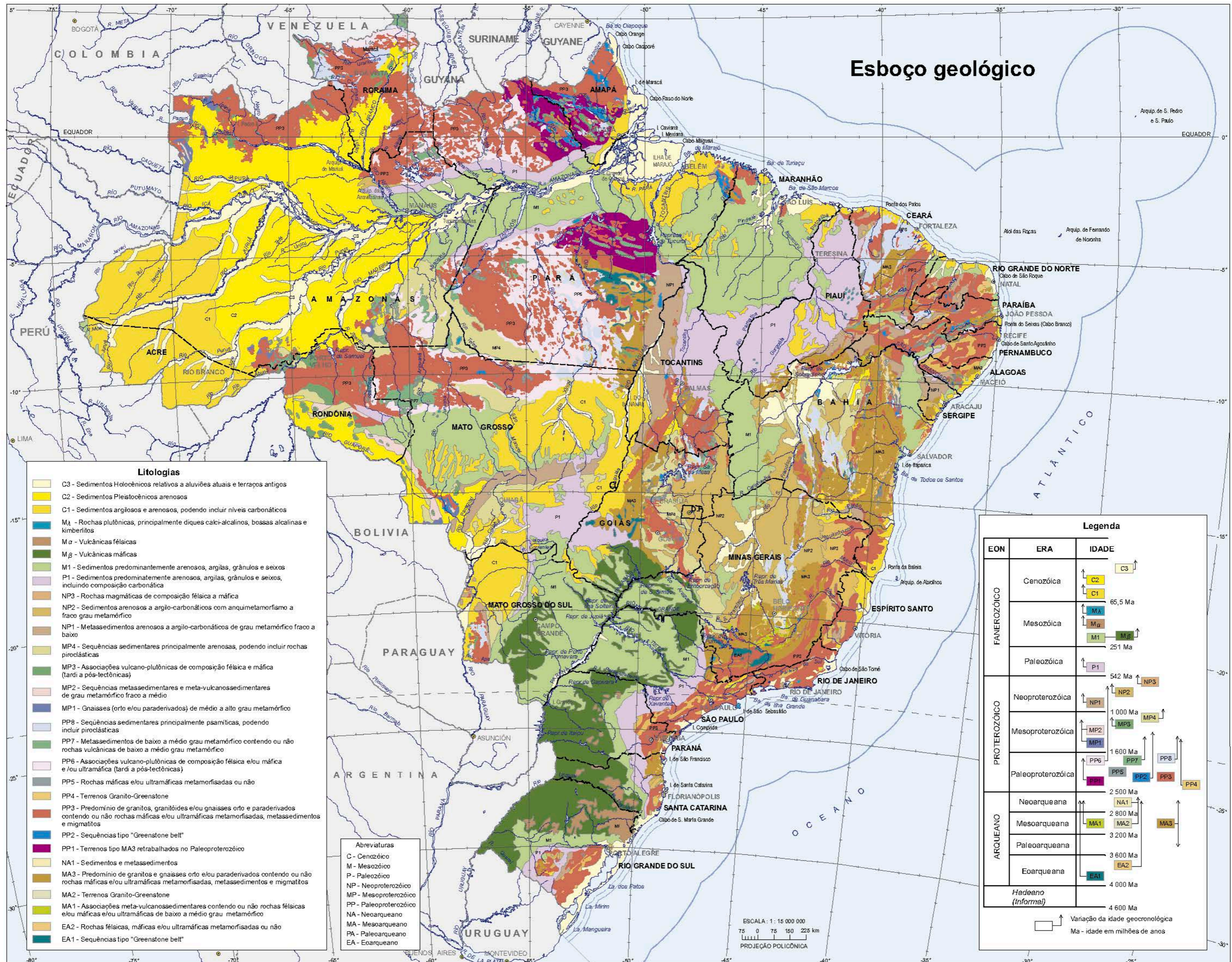
SUMMERFIELD, M. A. *Global geomorphology: an introduction to the study of landforms*. [Harlow, Essex, England]: Longman Scientific & Technical; New York: Wiley, 1991. 537 p.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Observatório Sismológico. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://www.obsis.unb.br/>>. Acesso em: set. 2010.

<sup>1</sup> Os dados de parte da América do Sul foram obtidos no Serviço Geológico dos Estados Unidos (U.S. Geological Survey - USGS), no endereço: <http://www.earthquake.usgs.gov>.

# Geologia

## Esboço geológico



### Litologias

- C3 - Sedimentos Holocênicos relativos a aluviões atuais e terraços antigos
- C2 - Sedimentos Pleistocênicos arenosos
- C1 - Sedimentos argilosos e arenosos, podendo incluir níveis carbonáticos
- MA - Rochas plutônicas, principalmente diques calcálcios, bossas alcalinas e kimberlitos
- Mα - Vulcânicas félsicas
- Mβ - Vulcânicas máficas
- M1 - Sedimentos predominantemente arenosos, argilas, grânulos e seixos
- P1 - Sedimentos predominantemente arenosos, argilas, grânulos e seixos, incluindo composição carbonática
- NP3 - Rochas magmáticas de composição félsica a máfica
- NP2 - Sedimentos arenosos a argilo-carbonáticos com anquimetamorfismo a fraco grau metamórfico
- NP1 - Metassedimentos arenosos a argilo-carbonáticos de grau metamórfico fraco a baixo
- MP4 - Sequências sedimentares principalmente arenosas, podendo incluir rochas piroclásticas
- MP3 - Associações vulcano-plutônicas de composição félsica e máfica (tardi a pós-tectônicas)
- MP2 - Sequências metassedimentares e meta-vulcanossedimentares de grau metamórfico fraco a médio
- MP1 - Gnaisses (orto e/ou paraderivados) de médio a alto grau metamórfico
- PP8 - Sequências sedimentares principalmente psamíticas, podendo incluir piroclásticas
- PP7 - Metassedimentos de baixo a médio grau metamórfico contendo ou não rochas vulcânicas de baixo a médio grau metamórfico
- PP6 - Associações vulcano-plutônicas de composição félsica e/ou máfica e/ou ultramáfica (tardi a pós-tectônicas)
- PP5 - Rochas máficas e/ou ultramáficas metamorfisadas ou não
- PP4 - Terrenos Granito-Greenstone
- PP3 - Predomínio de granitos, granitóides e/ou gnaisses orto e paraderivados contendo ou não rochas máficas e/ou ultramáficas metamorfisadas, metassedimentos e migmatitos
- PP2 - Sequências tipo "Greenstone belt"
- PP1 - Terrenos tipo MA3 retrabalhados no Paleoproterozóico
- NA1 - Sedimentos e metassedimentos
- MA3 - Predomínio de granitos e gnaisses orto e paraderivados contendo ou não rochas máficas e/ou ultramáficas metamorfisadas, metassedimentos e migmatitos
- MA2 - Terrenos Granito-Greenstone
- MA1 - Associações meta-vulcanossedimentares contendo ou não rochas félsicas e/ou máficas e/ou ultramáficas de baixo a médio grau metamórfico
- EA2 - Rochas félsicas, máficas e/ou ultramáficas metamorfisadas ou não
- EA1 - Sequências tipo "Greenstone belt"

### Abreviaturas

- C - Cenozóico
- M - Mesozóico
- P - Paleozóico
- NP - Neoproterozóico
- MP - Mesoproterozóico
- PP - Paleoproterozóico
- NA - Neoarqueano
- MA - Mesoarqueano
- PA - Paleoarqueano
- EA - Eoarqueano

### Legenda

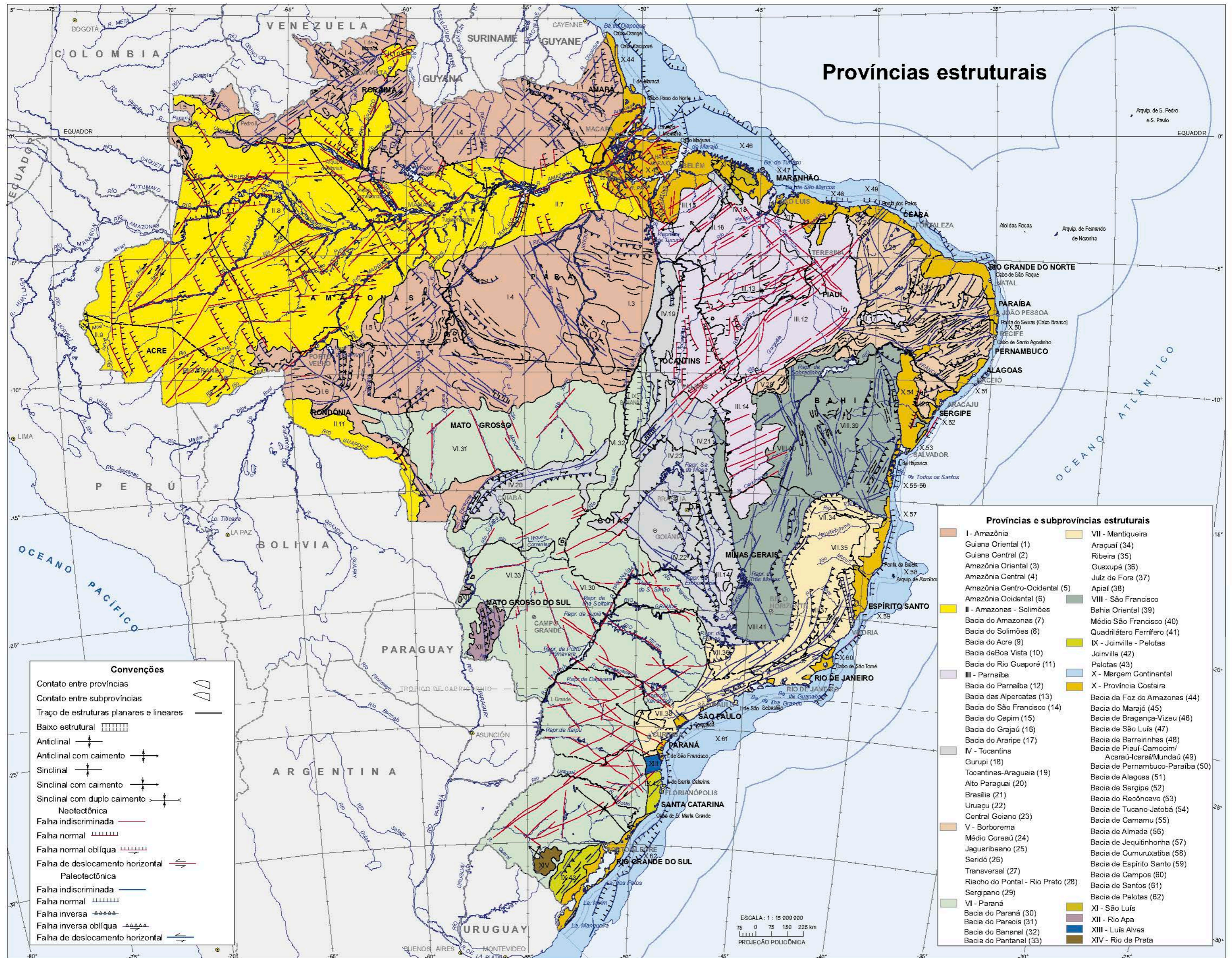
EON	ERA	IDADE
FANEROZÓICO	Cenozóica	C3 C2 C1 65,5 Ma
	Mesozóica	MA Mα M1 Mβ 251 Ma
	Paleozóica	P1 542 Ma
PROTEROZÓICO	Neoproterozóica	NP3 NP2 NP1 1 000 Ma
	Mesoproterozóica	MP2 MP3 MP4 MP1 1 600 Ma
	Paleoproterozóica	PP6 PP7 PP8 PP5 PP2 PP3 PP4 3 200 Ma
ARQUEANO	Neoarqueana	NA1 2 500 Ma
	Mesoarqueana	MA1 MA2 2 800 Ma
	Paleoarqueana	MA3 3 200 Ma
	Eoarqueana	EA1 EA2 4 000 Ma
Hadeano (Informal)		4 600 Ma

Variação da idade geocronológica  
Ma - idade em milhões de anos

ESCALA: 1 : 15 000 000  
75 0 75 150 225 km  
PROJEÇÃO POLICÊNICA

Fontes: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais; CPRM Serviço Geológico do Brasil; e International Commission on Stratigraphy (2009).

# Geologia



Fontes: CPRM Serviço Geológico do Brasil; e IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.

# Geologia

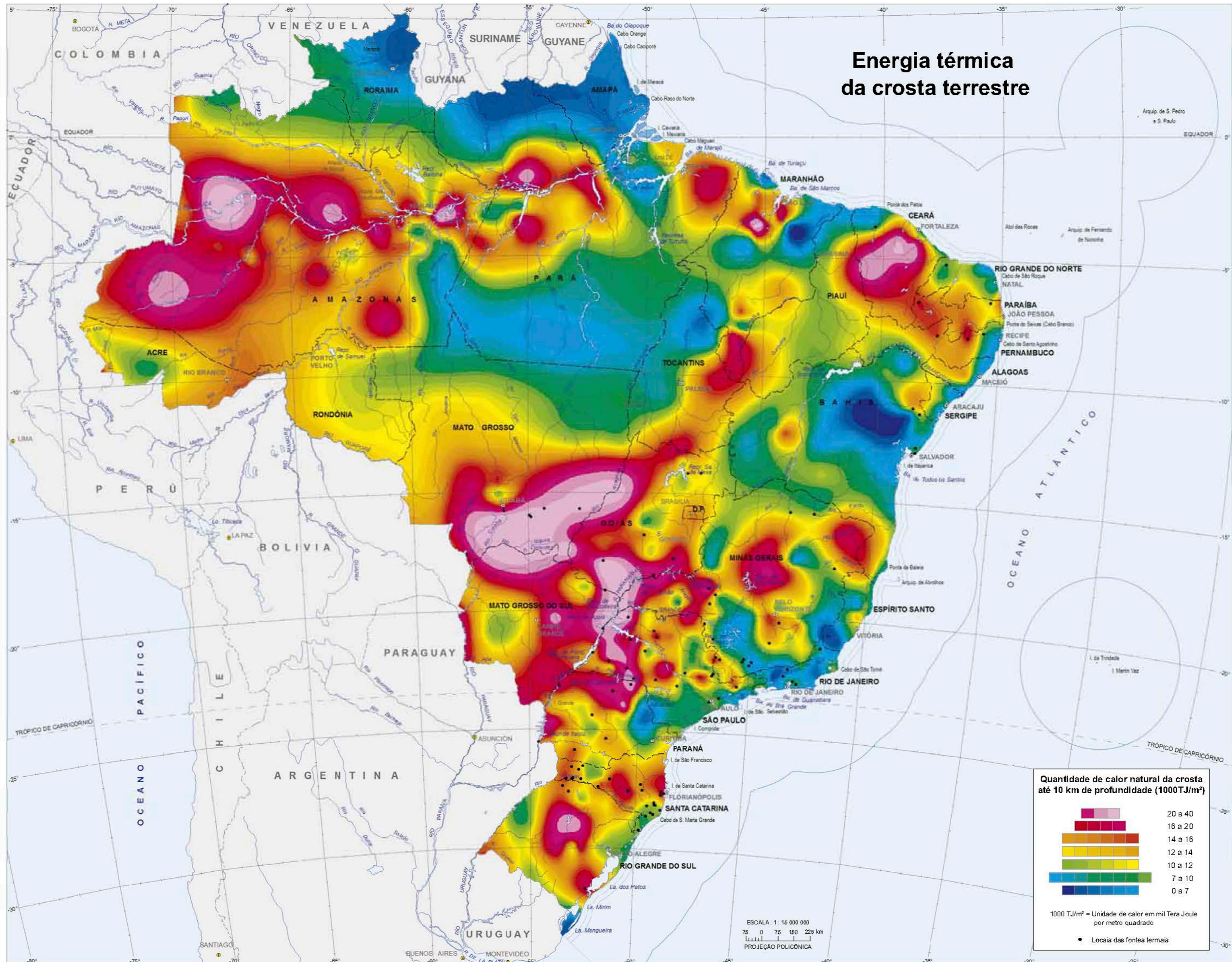
## Jazimentos minerais



Fontes: CPRM Serviço Geológico do Brasil; e IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.

# Geologia

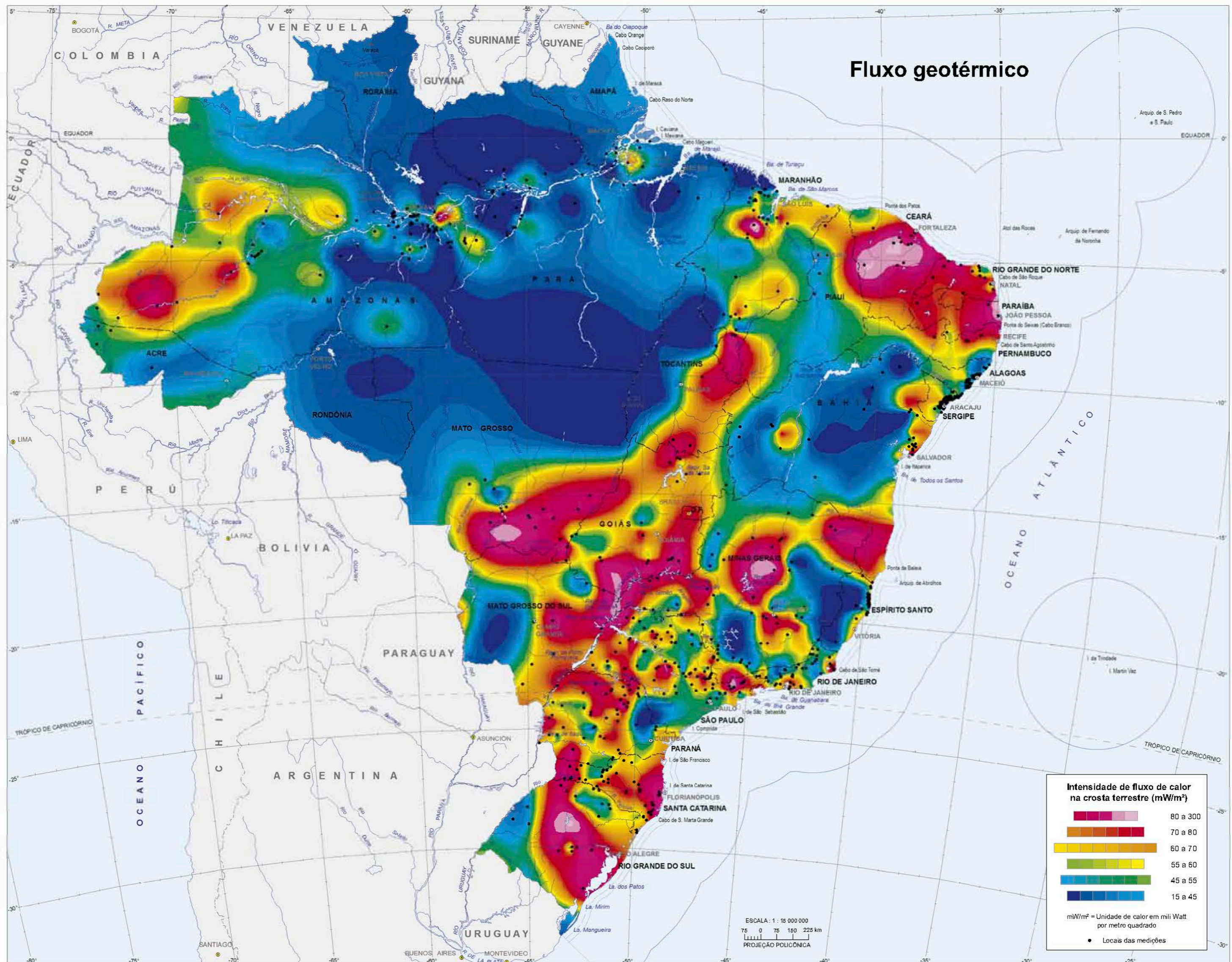
## Energia térmica da crosta terrestre



Fonte: Observatório Nacional, Coordenação de Geofísica, Laboratório de Geotermia.  
 Notas: 1. Recurso base: energia térmica em profundidade de até 10km.  
 2. As áreas em vermelho indicam locais de energia térmica mais elevada, consideradas como alvo para exploração.

# Geologia

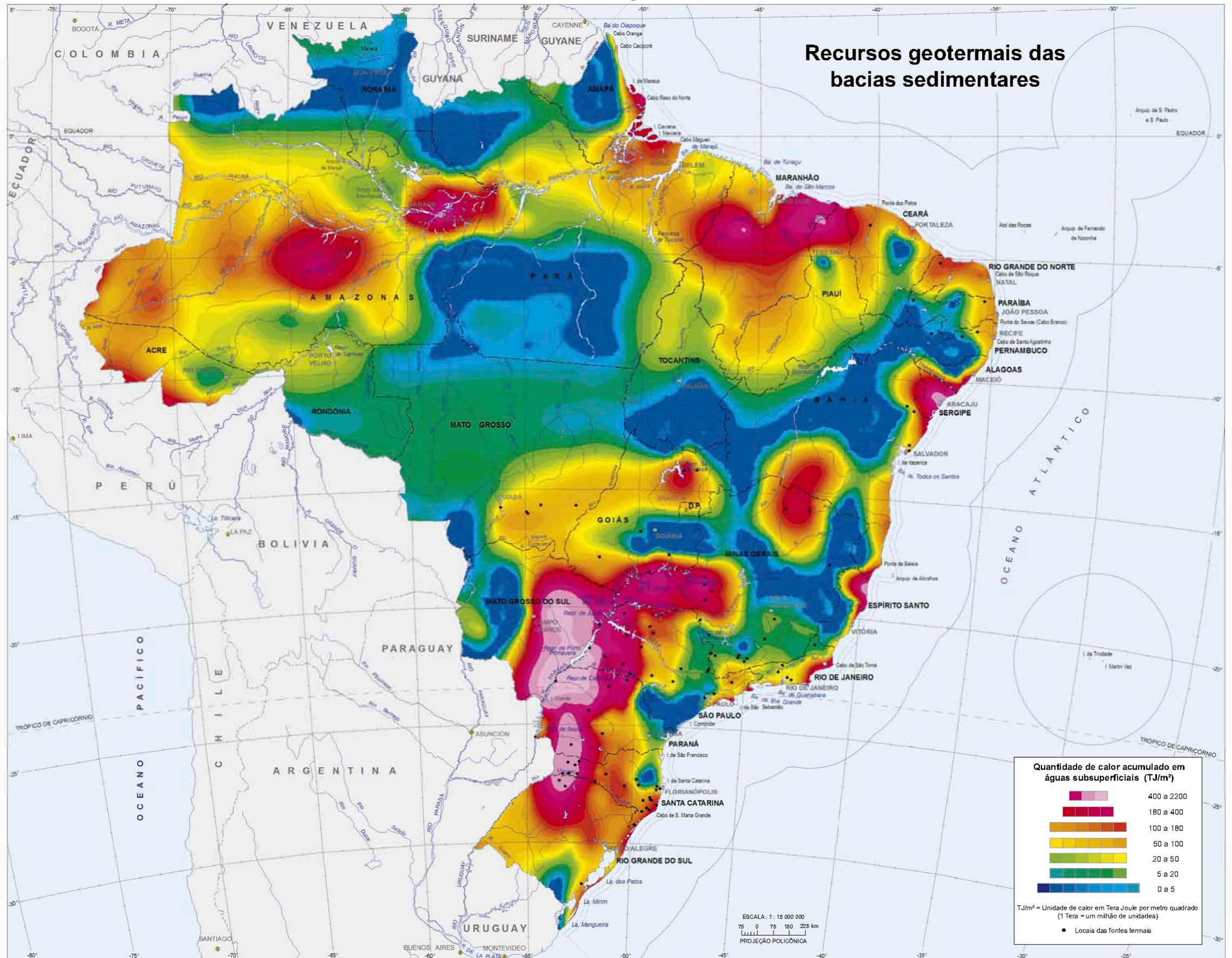
## Fluxo geotérmico



Fonte: Observatório Nacional, Coordenação de Geofísica, Laboratório de Geotermia.  
Nota: As áreas em vermelho indicam locais de fluxo de calor elevado, considerados como áreas com campo térmico anômalo.

# Geologia

## Recursos geotermais das bacias sedimentares



Fonte: Observatório Nacional, Coordenação de Geofísica, Laboratório de Geotermia.  
Nota: As áreas em vermelho indicam locais de acumulação de águas subsuperficiais geotermiais consideradas alvos prioritários para a extração desses recursos.