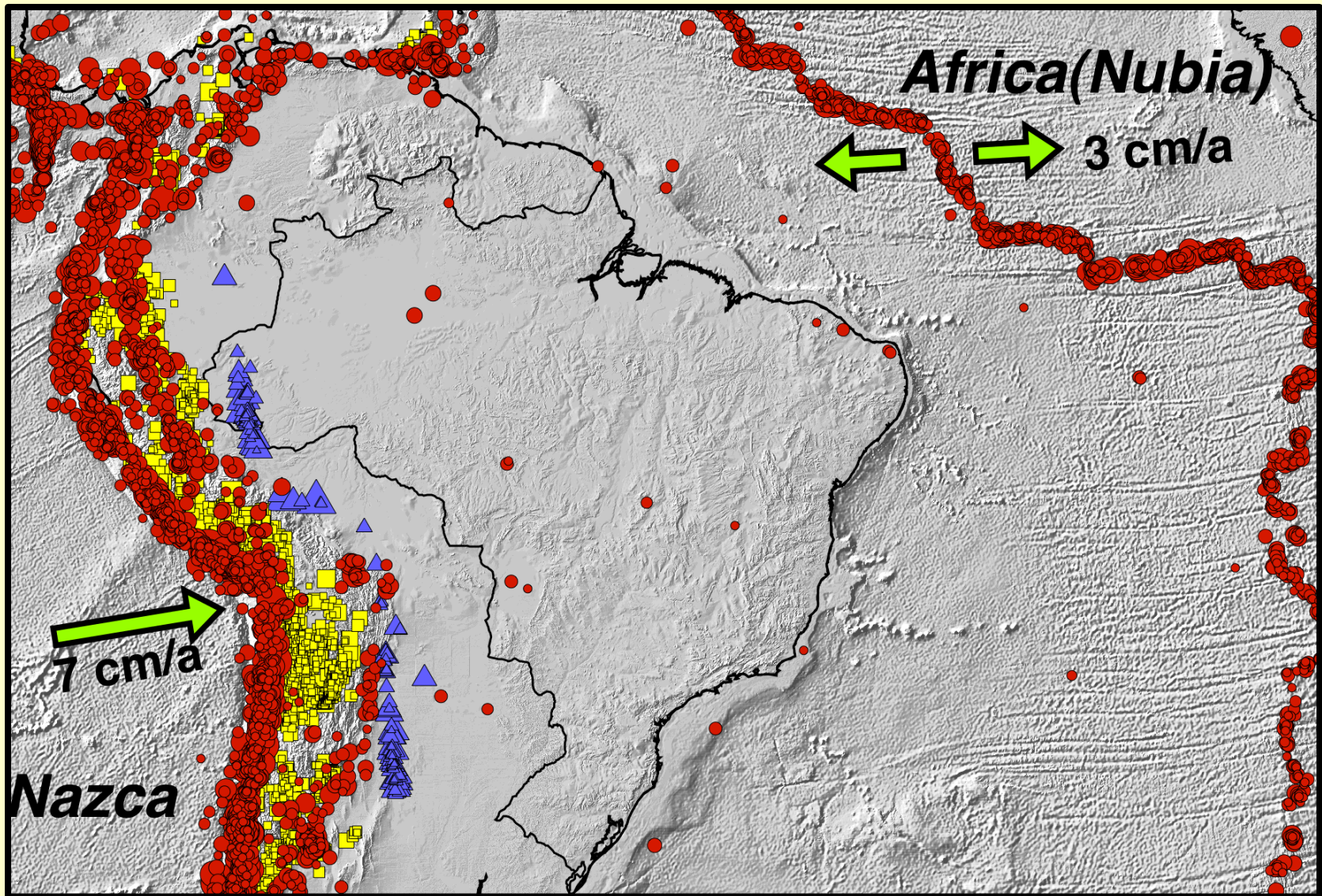


Sismicidade dos Andes e sismicidade intraplaca no Brasil

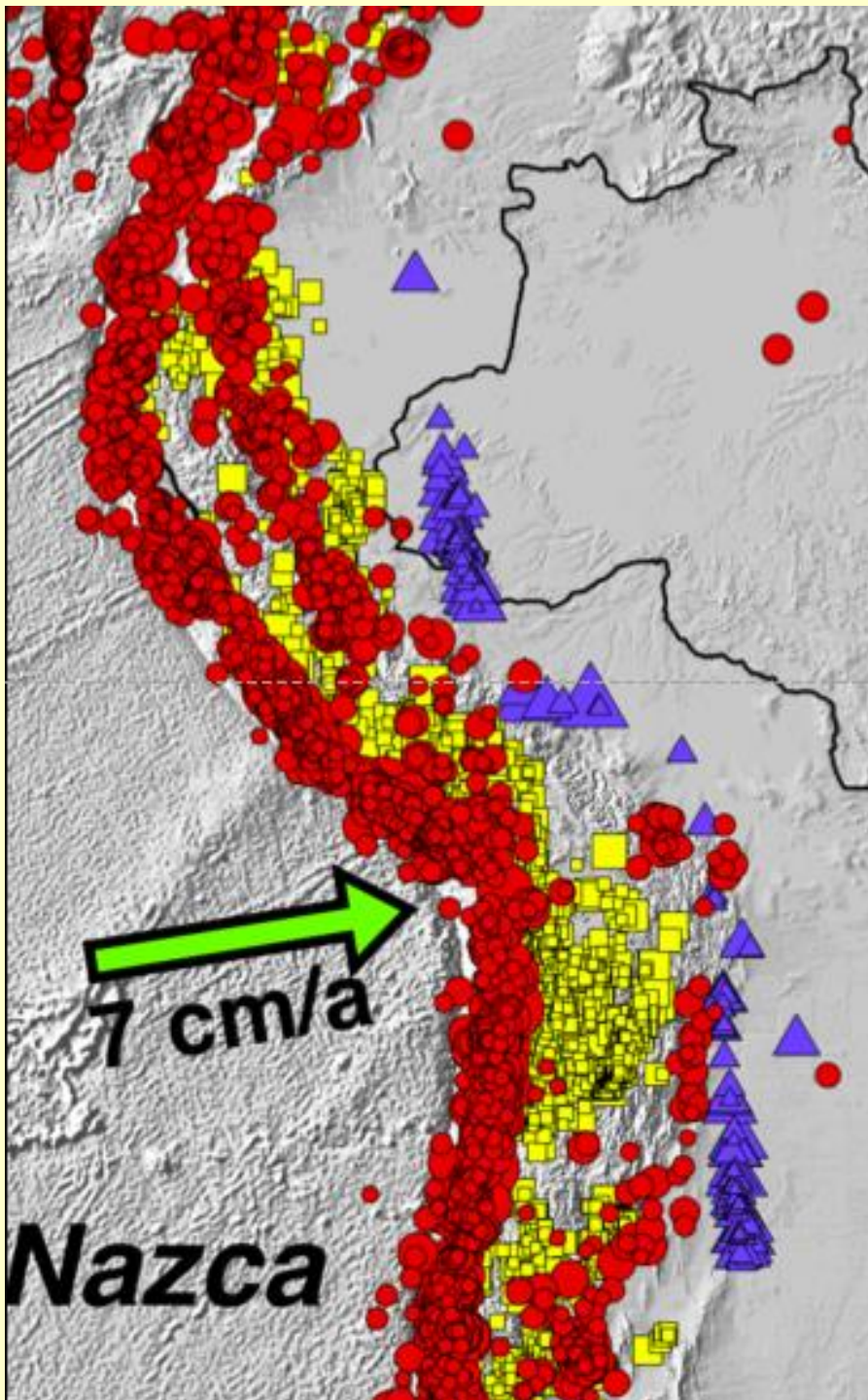
Sismos de magnitude > 4.7 (1962 a 2012)



Sismos rasos <60 km

intermediários 60-350 km

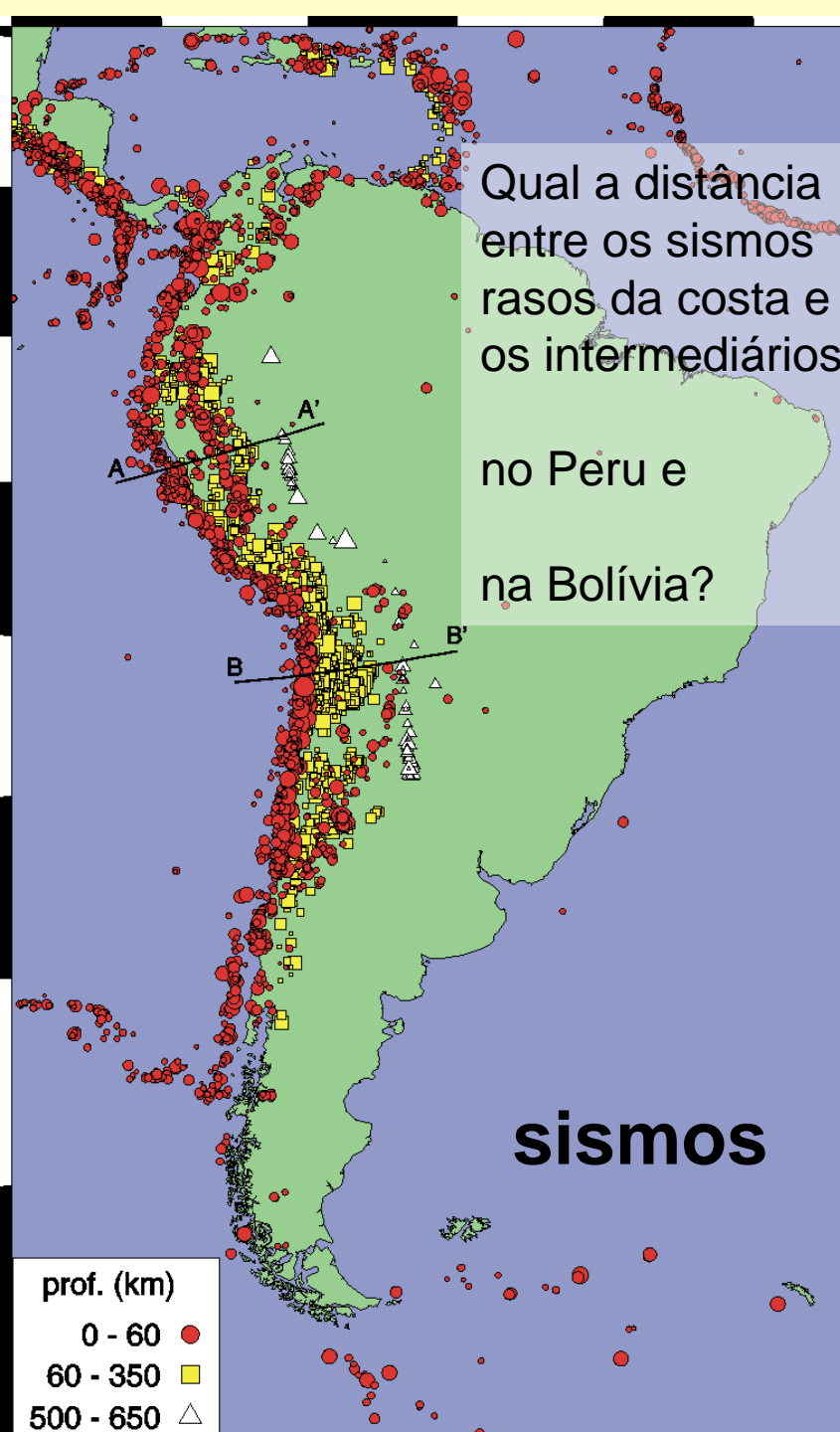
profundos 500-650 km



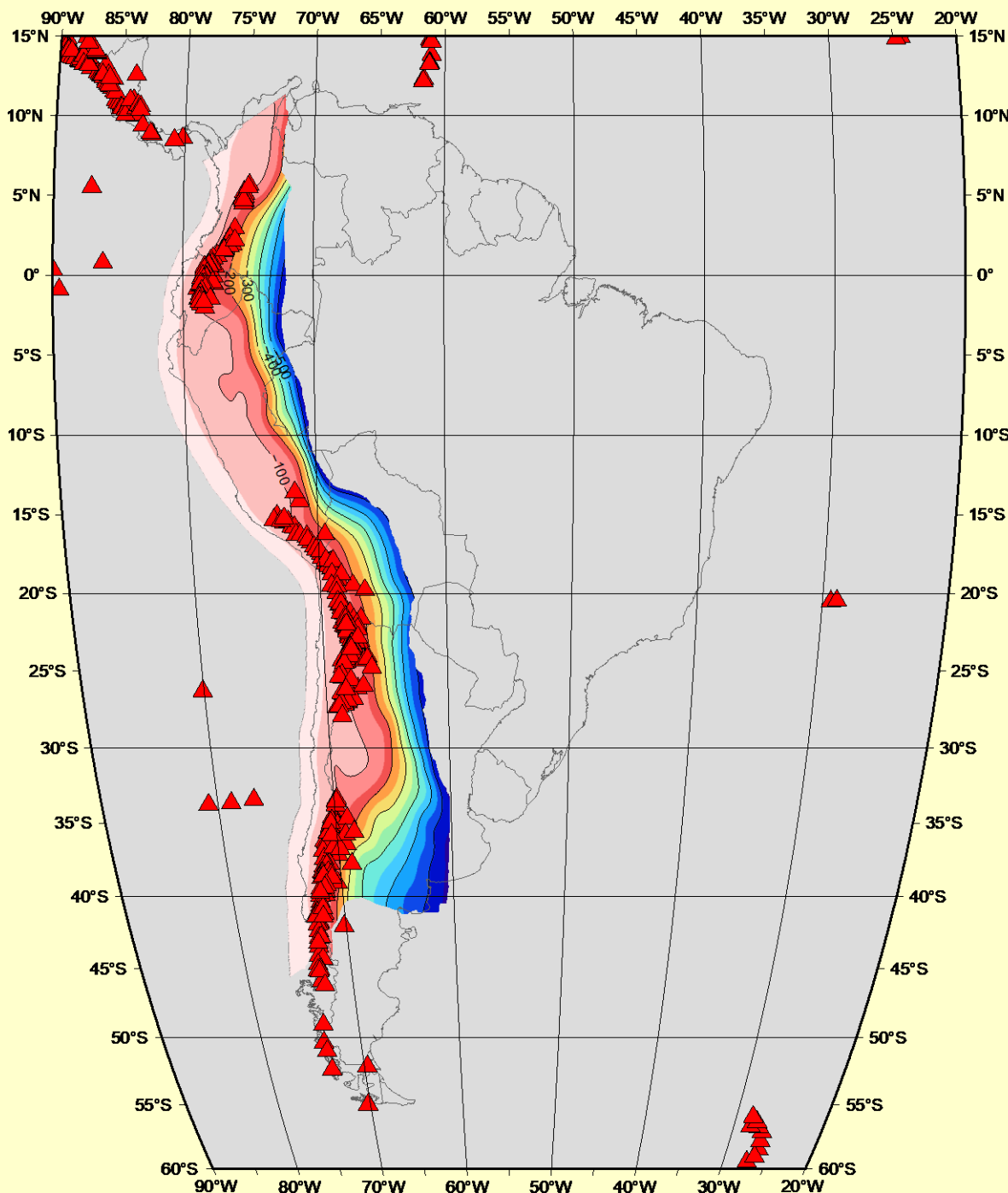
1) Por que há poucos sismos no Brasil, comparado aos Andes?

A resposta tradicional: “é *interior estável de placa*” não explica totalmente a questão. É mais “estável” por que a crosta é mais rígida e mais resistente, ou por que as tensões (esforços) são menores?

2) Por que há poucos sismos rasos (**círculos vermelhos**) na parte mais alta dos Andes?



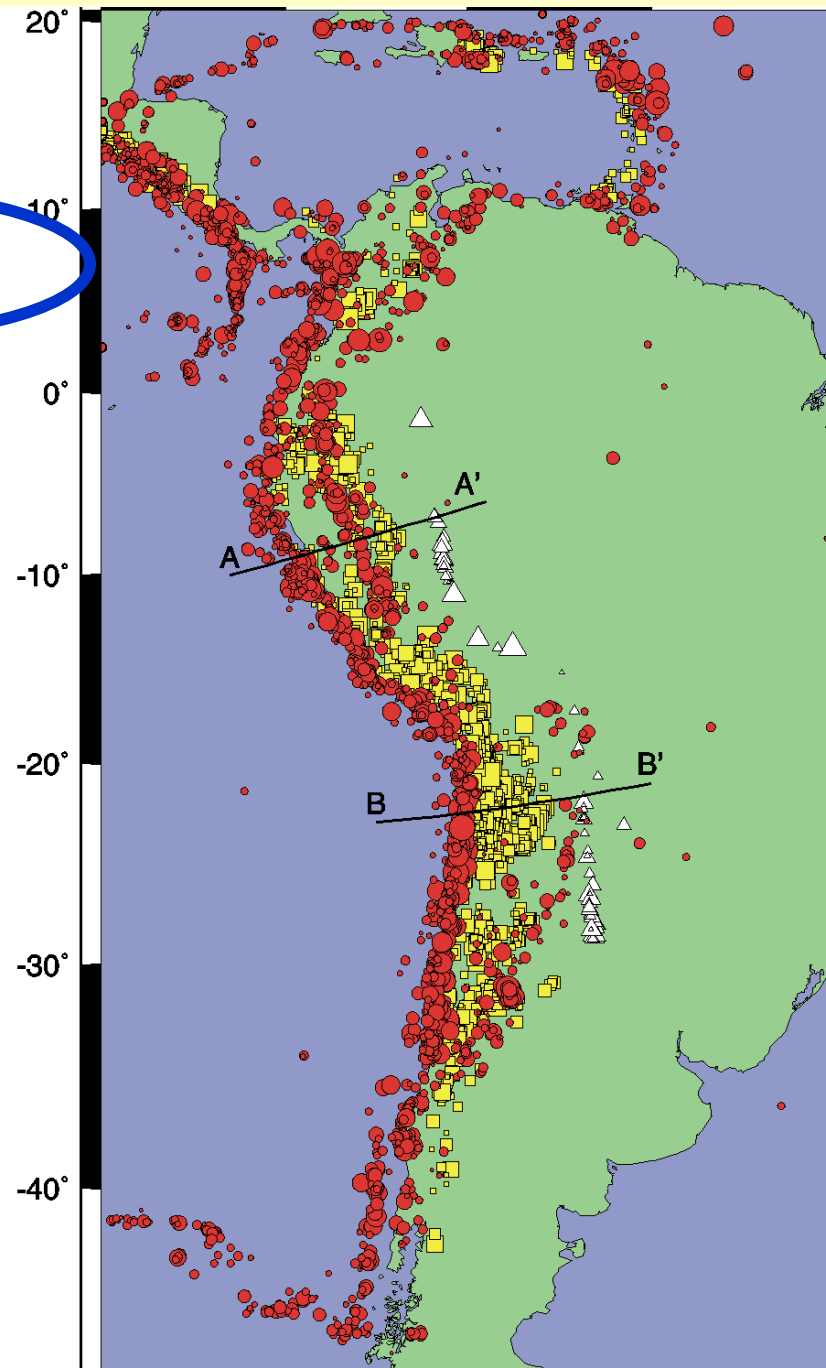
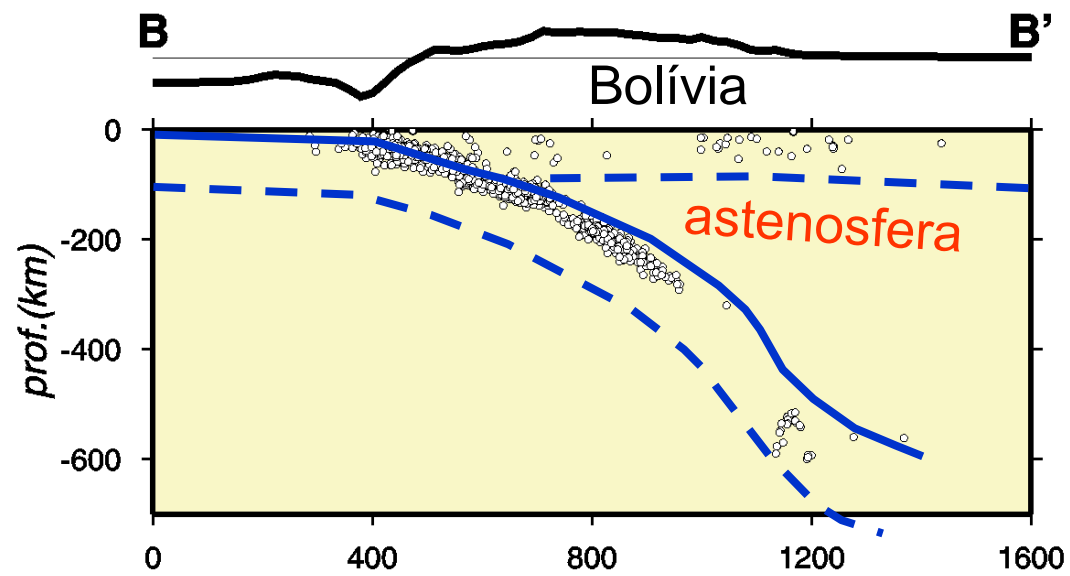
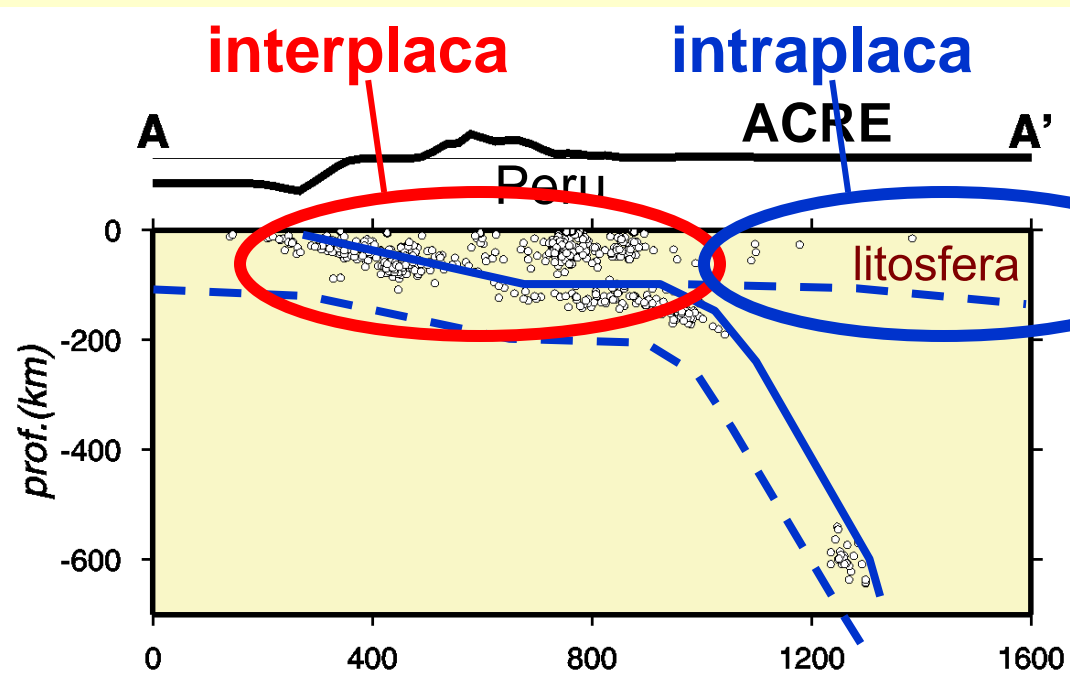
Slab depth and Volcanoes

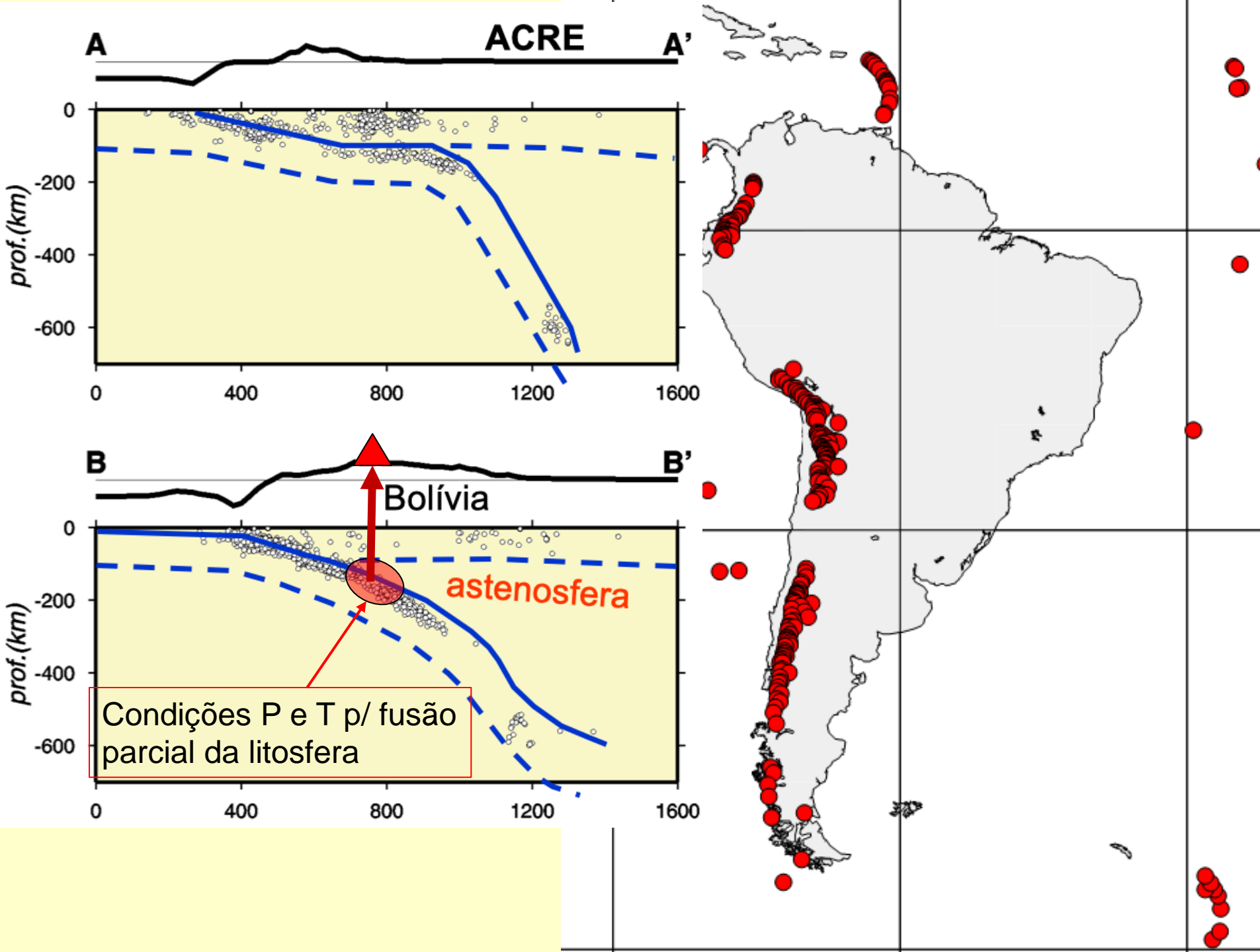


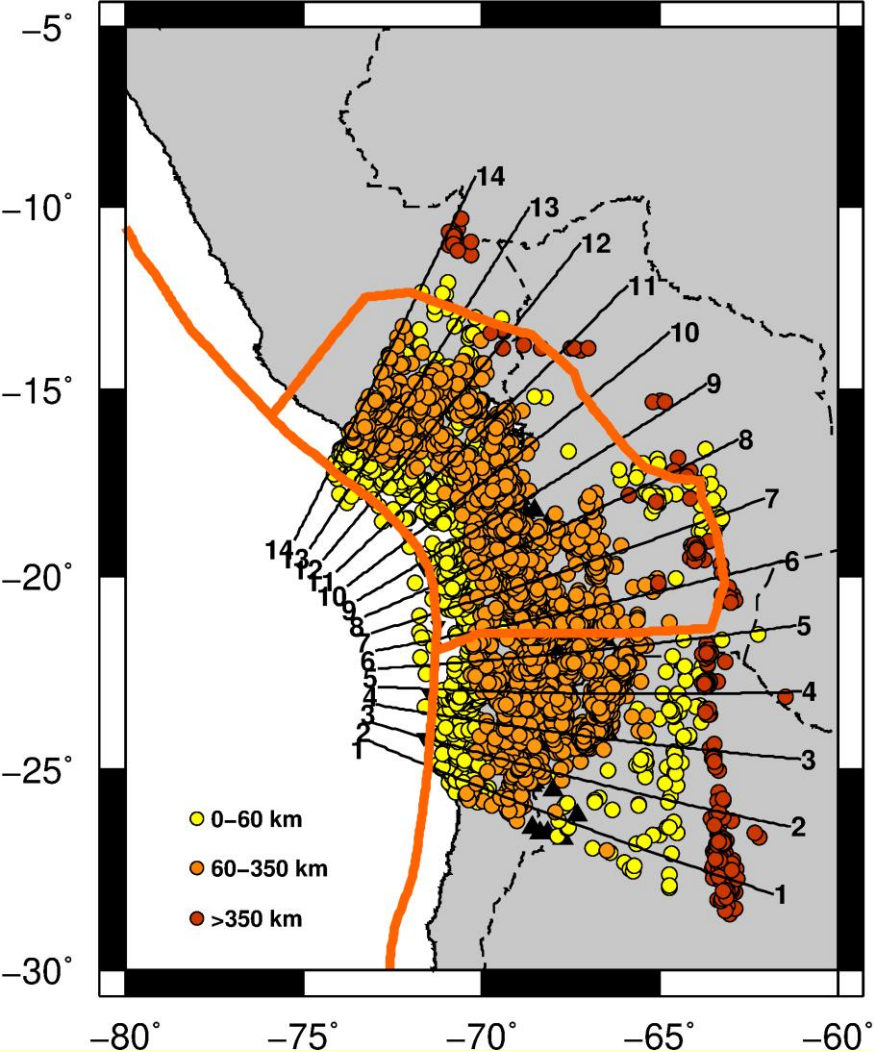
Modelo “SLAB2”
de profundidade do
“slab” (Hayes et al.
2018).

Escala de cores:
cada 50 km

Contornos:
cada 100 km.

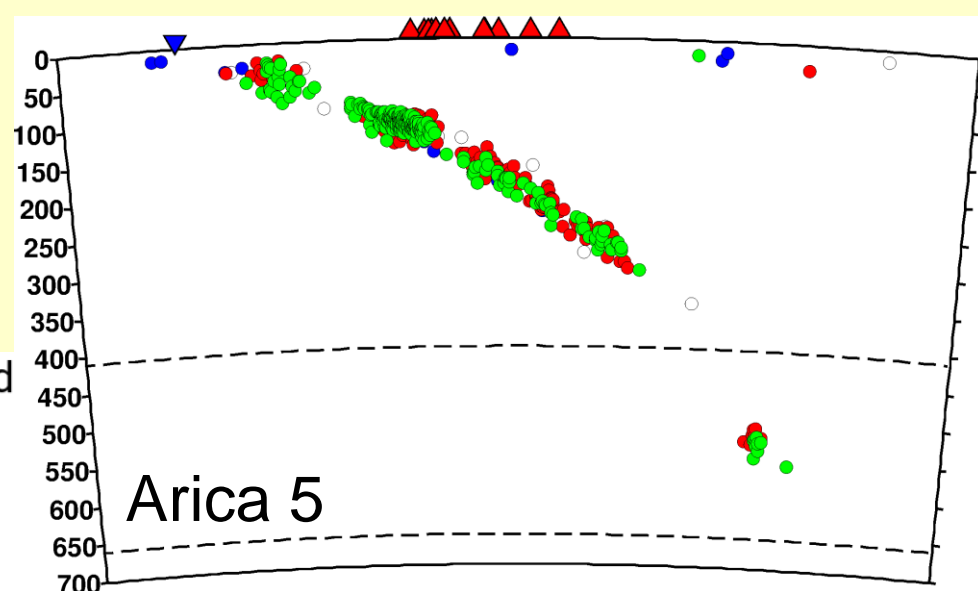
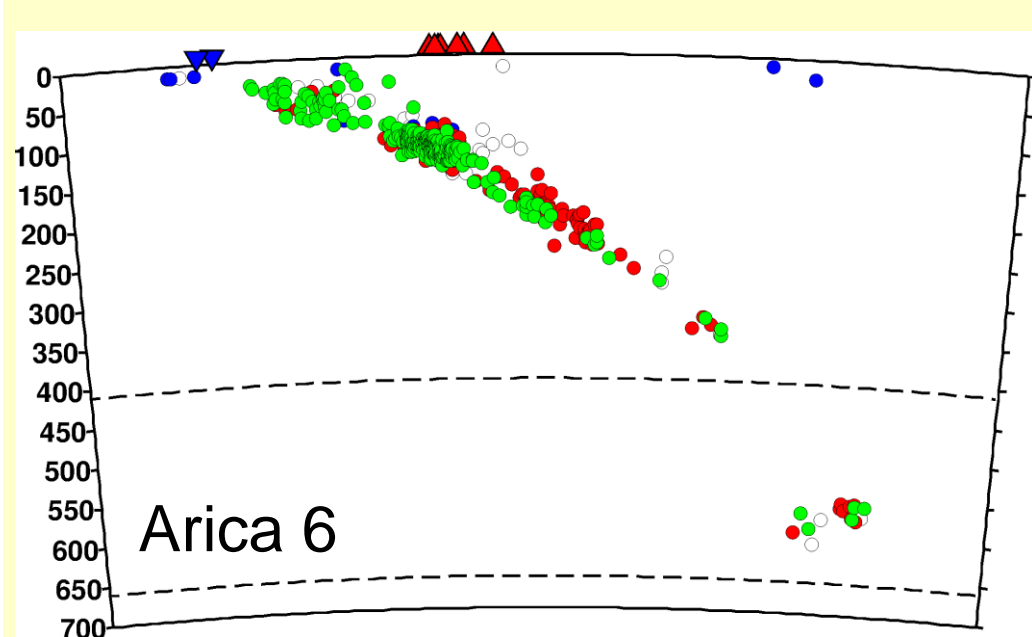


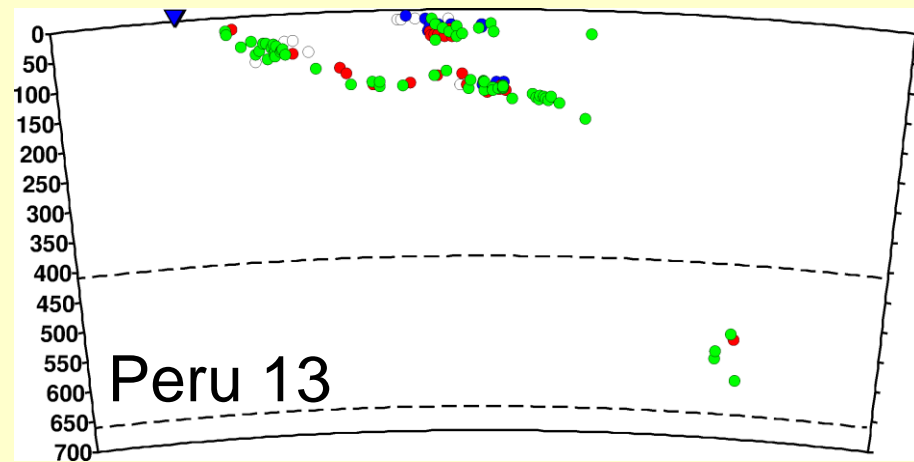
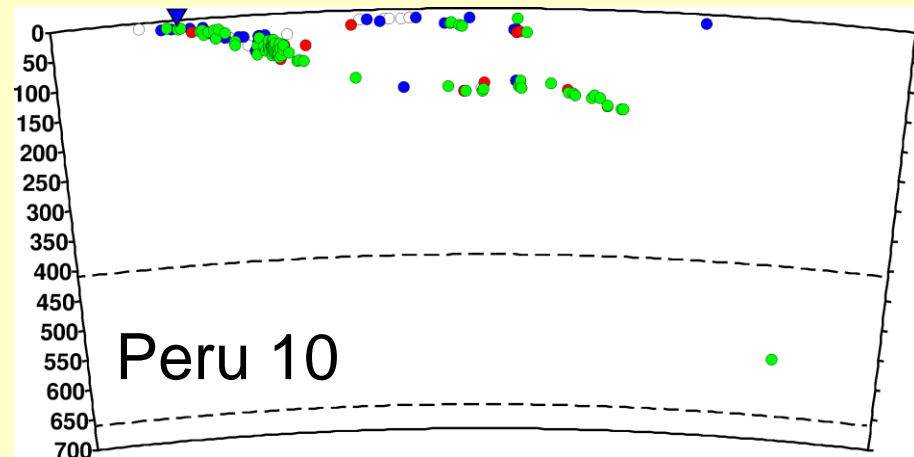
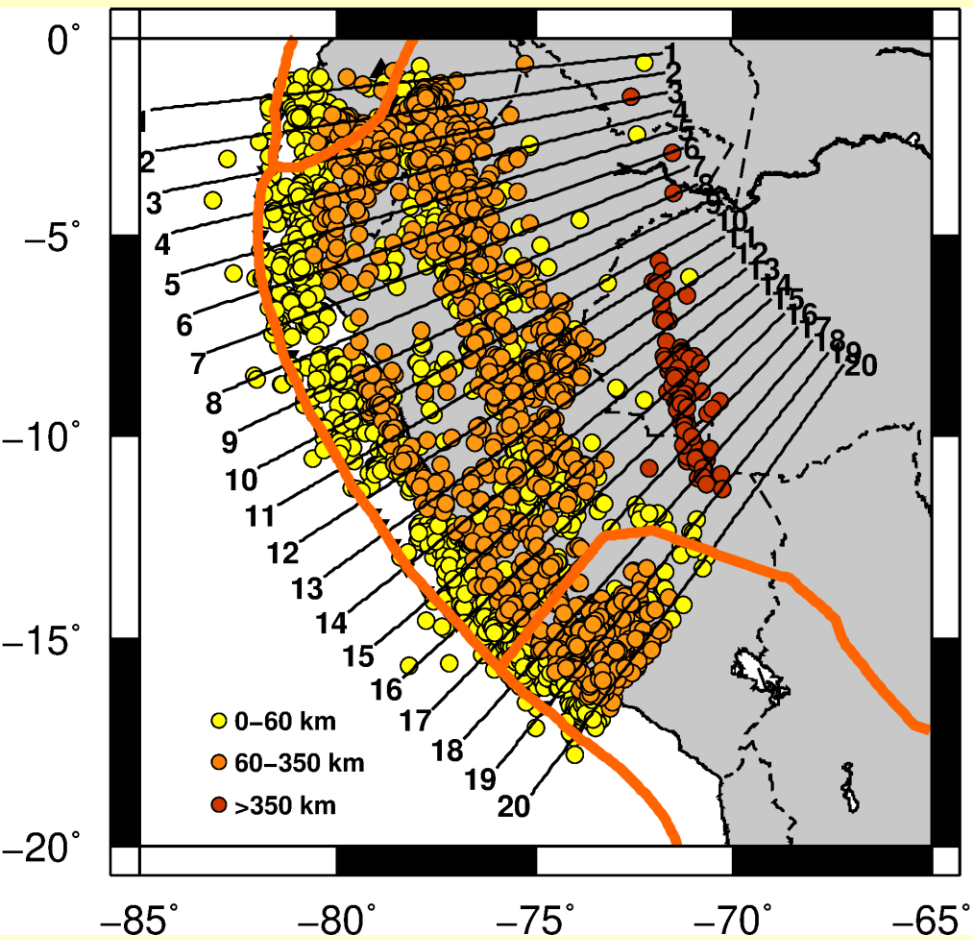




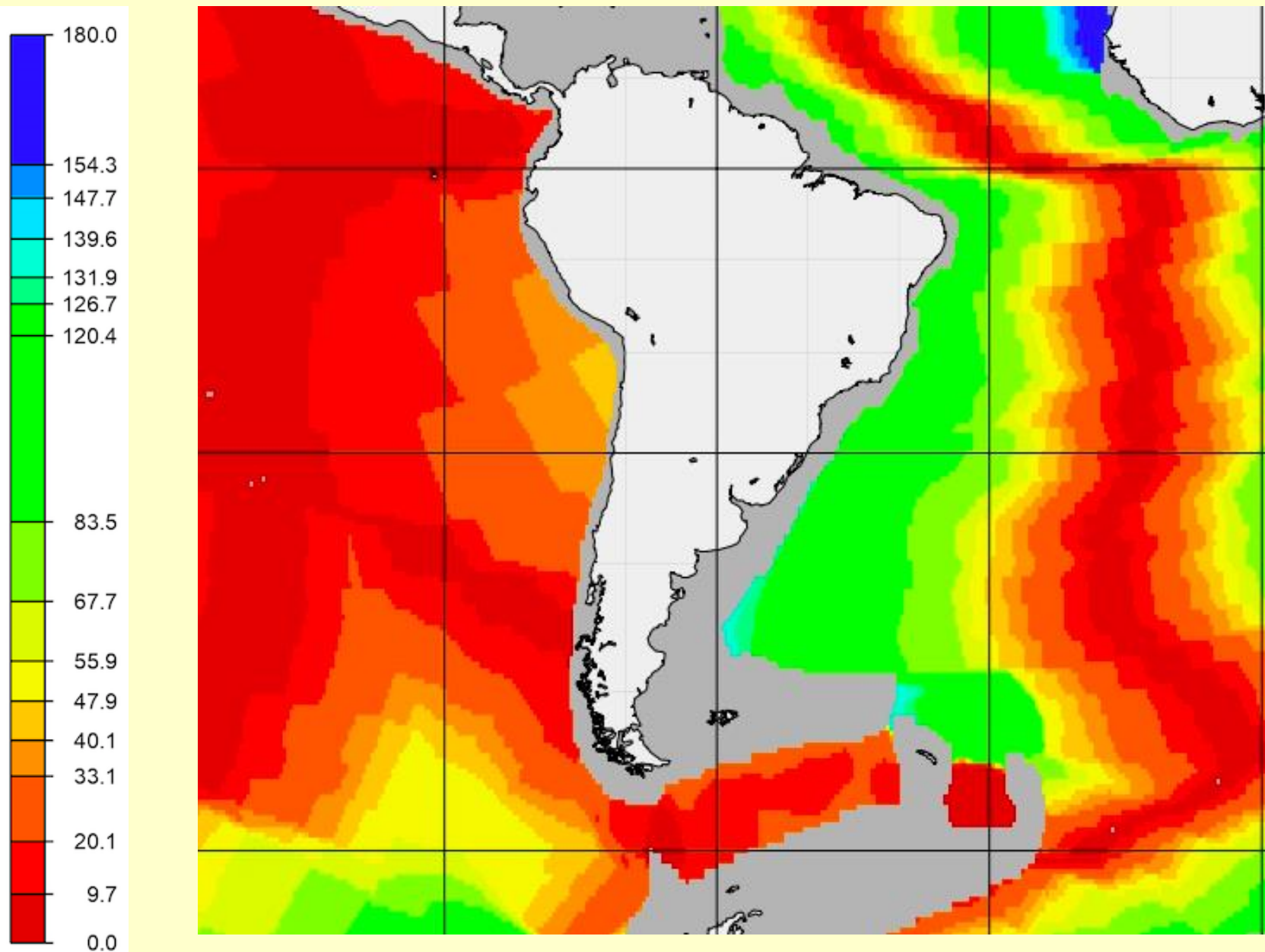
Cross Section Legend

- ▼ Trench
- ▲ Volcano
- L1 event
- L2 event
- L3 event
- ISC-GEM 1904-1964





Idade do Fundo Oceânico



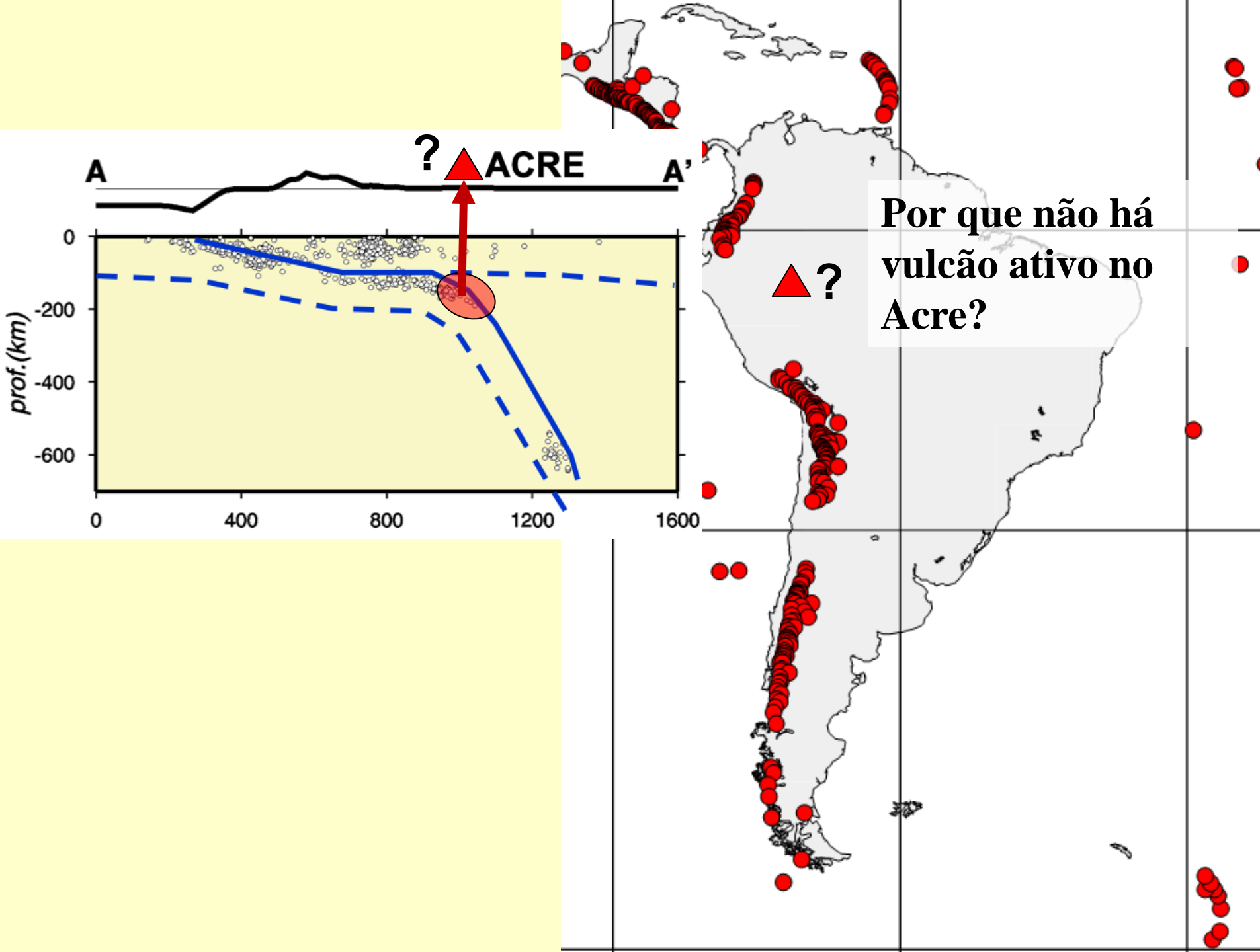
Exercício:

1) Compare os locais onde a placa de Nazca muda de mergulho com a topografia do fundo oceânico (Nazca Ridge e Juan Fernandez Ridge) e com a idade da litosfera oceânica.

Discuta possíveis causas para a placa de Nazca se “horizontalizar” na região do Peru e mergulhar sob a Bolívia.

2) Meça nos perfis do ISC, as profundidades médias da placa de Nazca de onde surgem os vulcões ativos. Veja se há diferenças significativas entre a região da Colômbia/N.do Peru, Bolívia, e Sul do Chile,

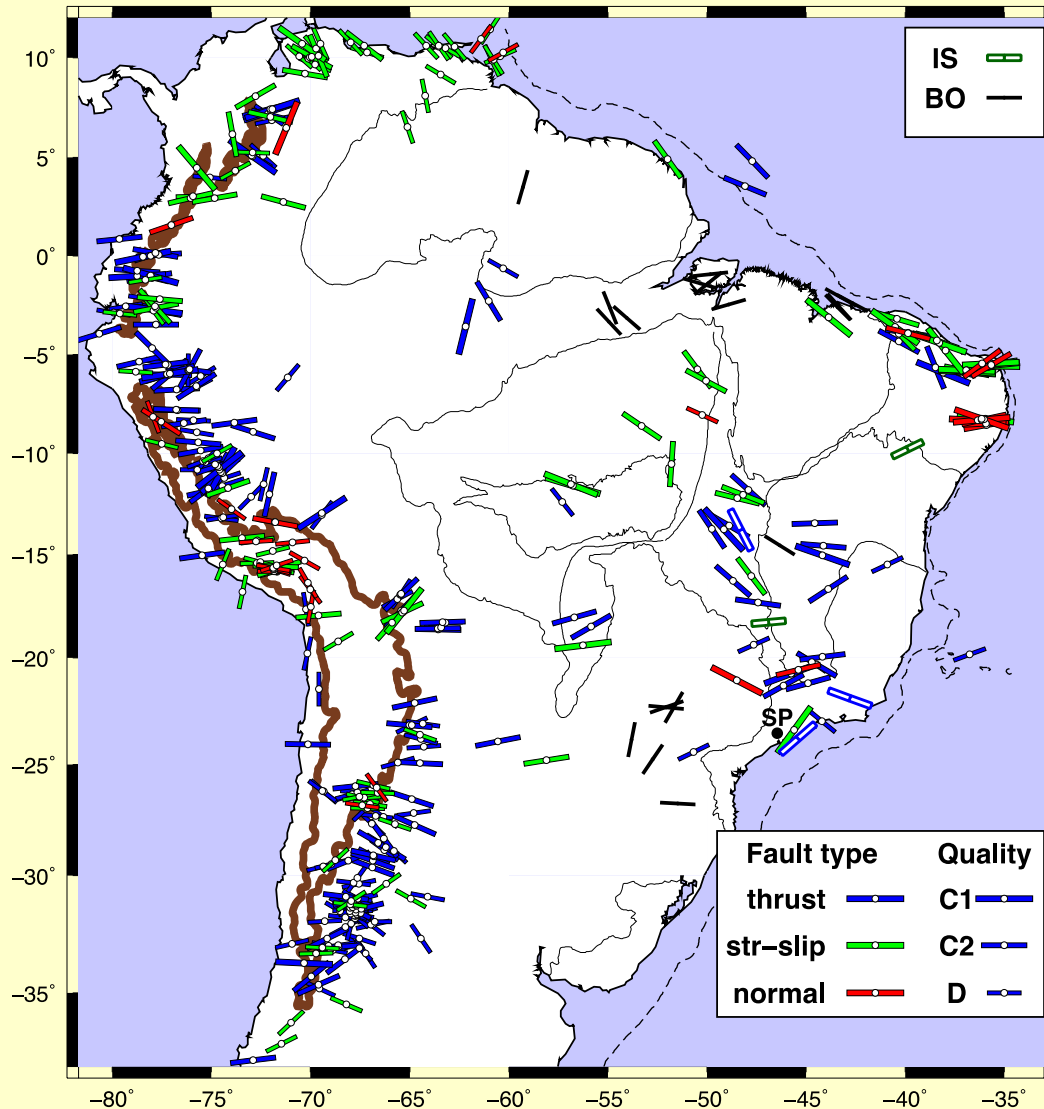
Veja se as idades da placa oceânica poderia explicar essas possíveis diferenças.



Por que não há vulcão ativo no Acre?

Sismicidade Intraplaca

Sismicidade e Tensões crustais



Quais as forças (tensões) que causam os sismos nos Andes e no Brasil?

Direções das tensões máximas horizontais (SHmax), ou direções da compressão horizontal

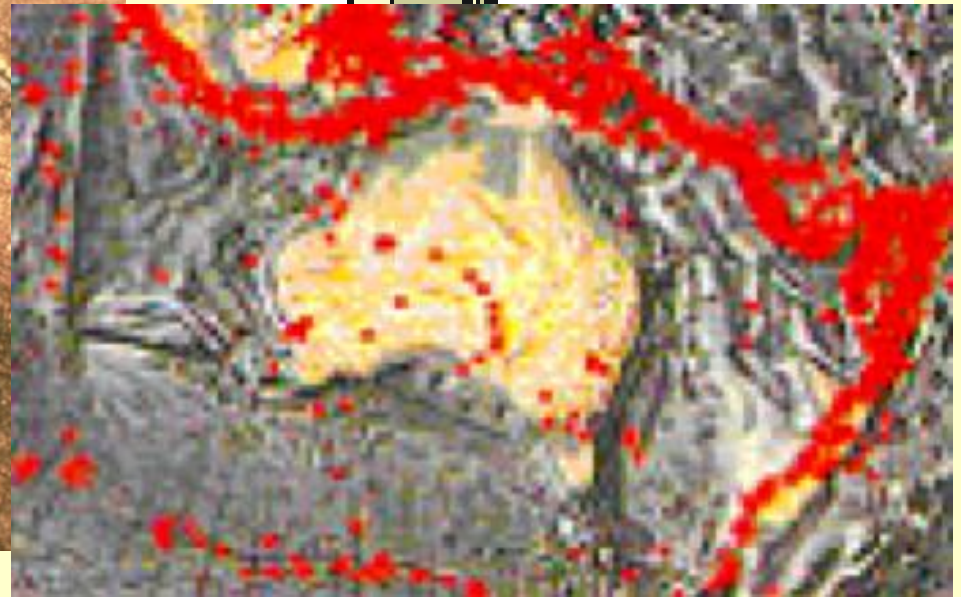
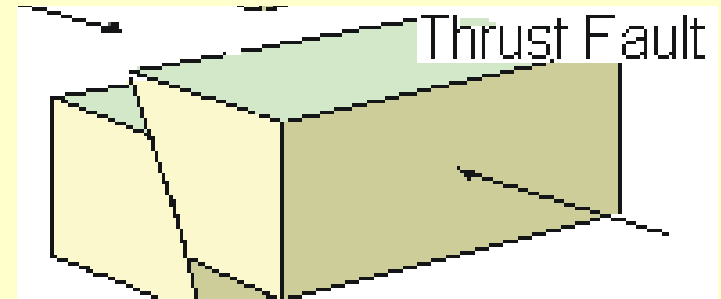
Apesar de raros, regiões intraplaca podem ter sismos com magnitude até 7 !



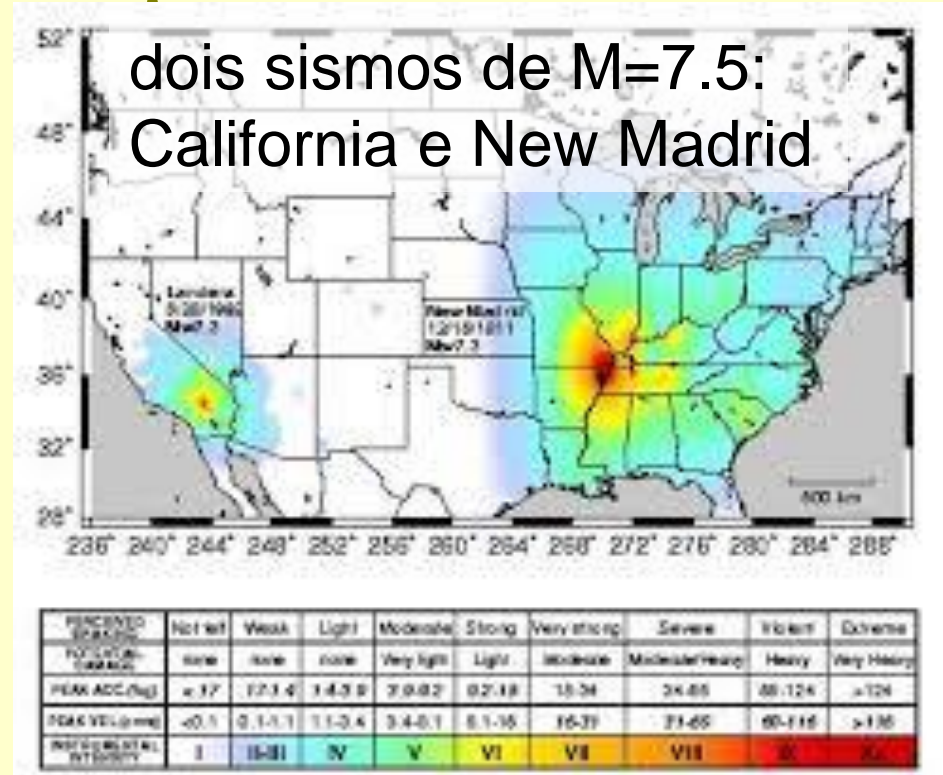
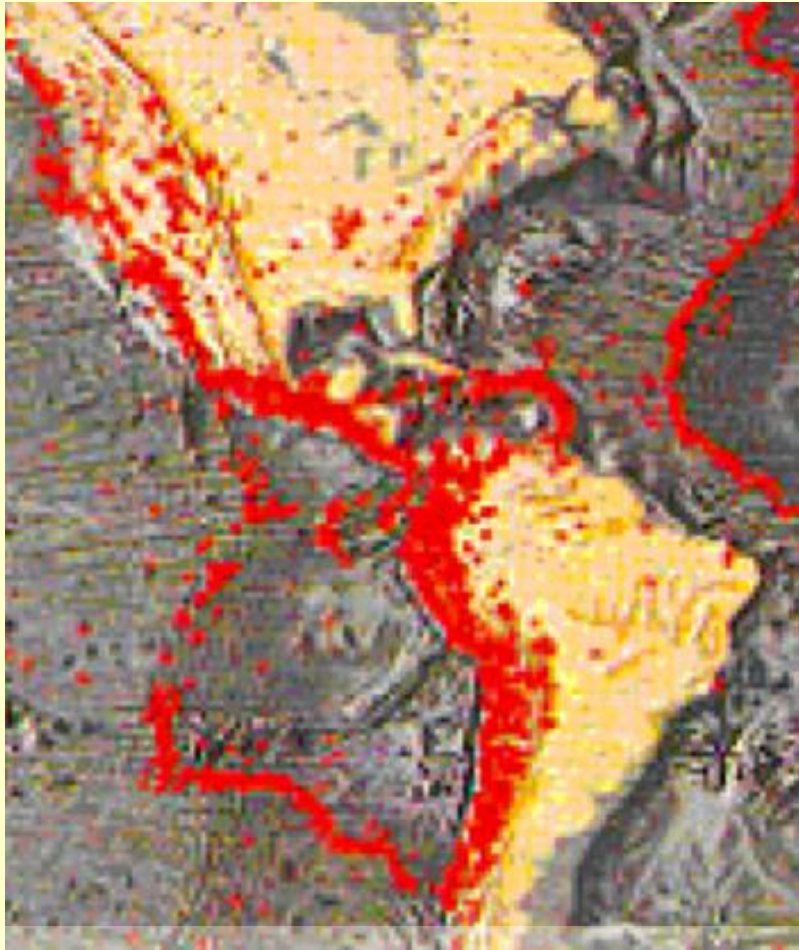
**Terremoto de Meckering
Australia, 1968.**

Magnitude ~6.5

falha inversa (empurrão)



Sismicidade Intraplaca: tema ainda polêmico



**New Madrid, 1811-1812:
Três terremotos de M= 7.0 a 7.5**

Fator importante: em regiões intraplaca, as ondas sísmicas se atenuam menos (litosfera mais fria) e vibrações fortes chegam mais longe !

Mapa de Perigo Sísmico (Seismic Hazard)



Mapa das acelerações máximas do chão com período de retorno de 500 anos.



**1811-1812: três terremotos
M ~7.5 em Missouri**

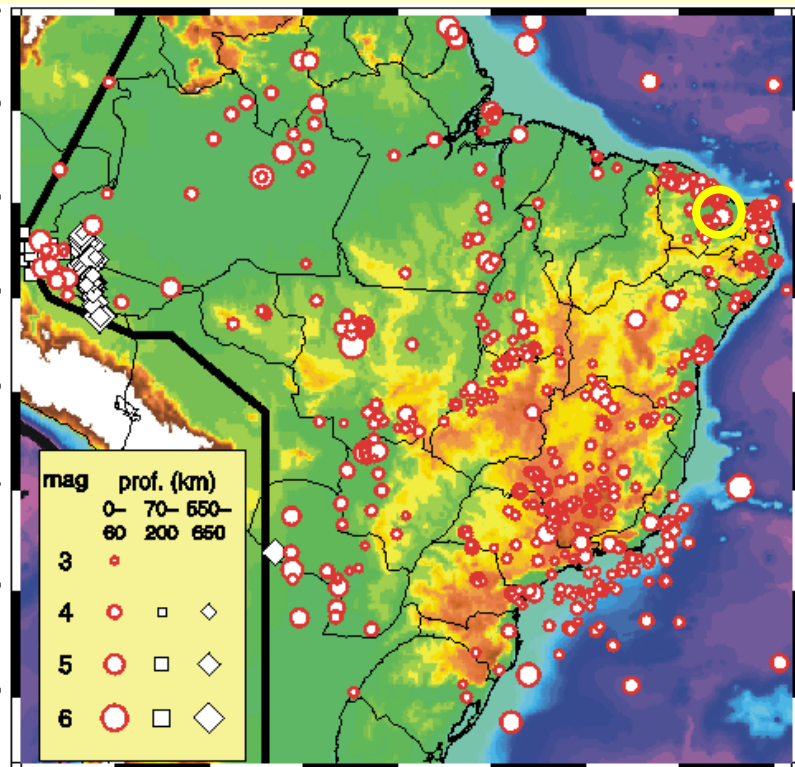
**1886: um terremoto
M ~7 South Carolina**

Em New Madrid a probabilidade de vibrações fortes é quase a mesma da Falha de San Andreas !?

from Stein (Earth, 2009)

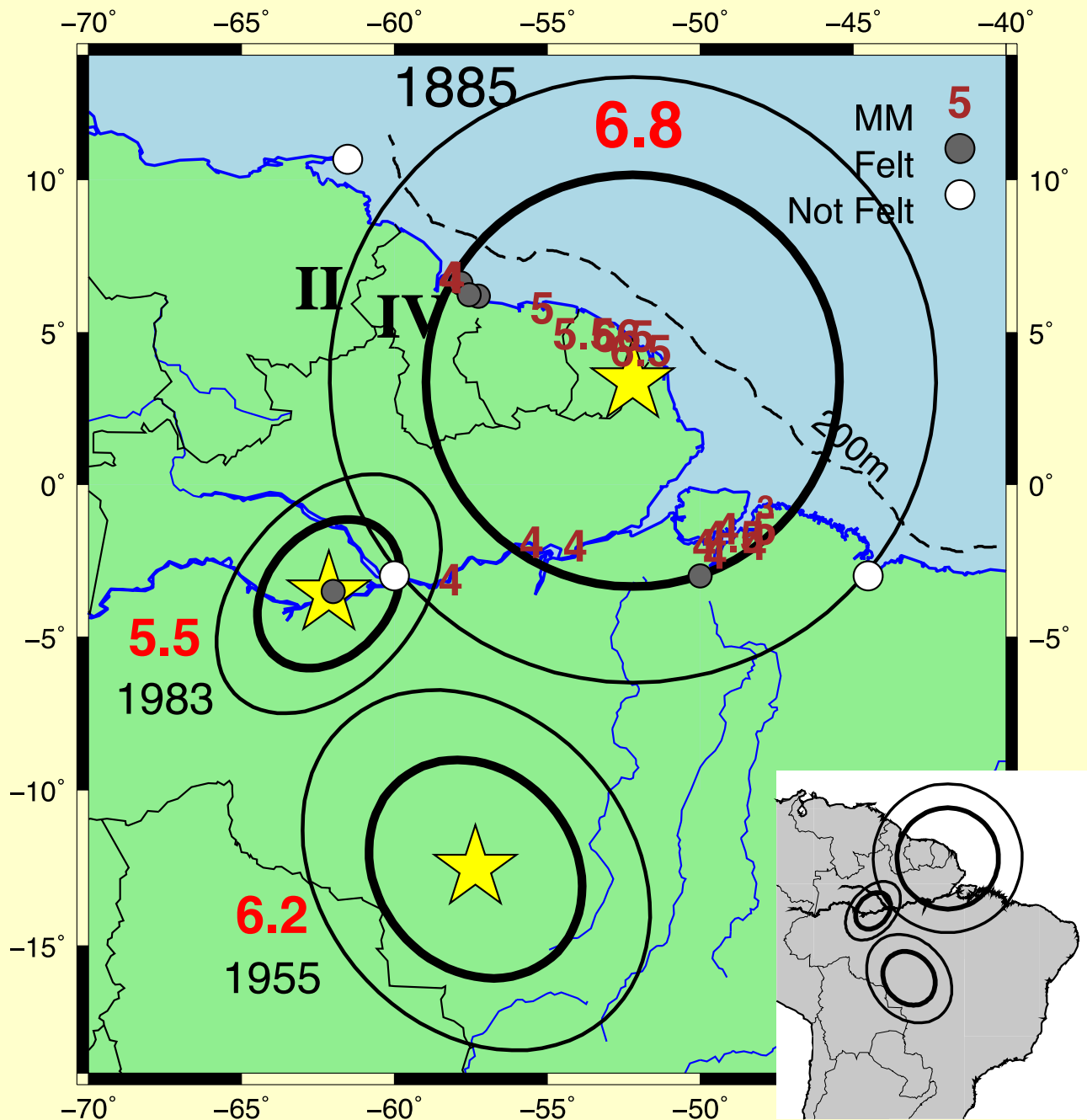
Pacajus, Ceará, 20-11-1980
Magnitude 5,1

Intensidade VII

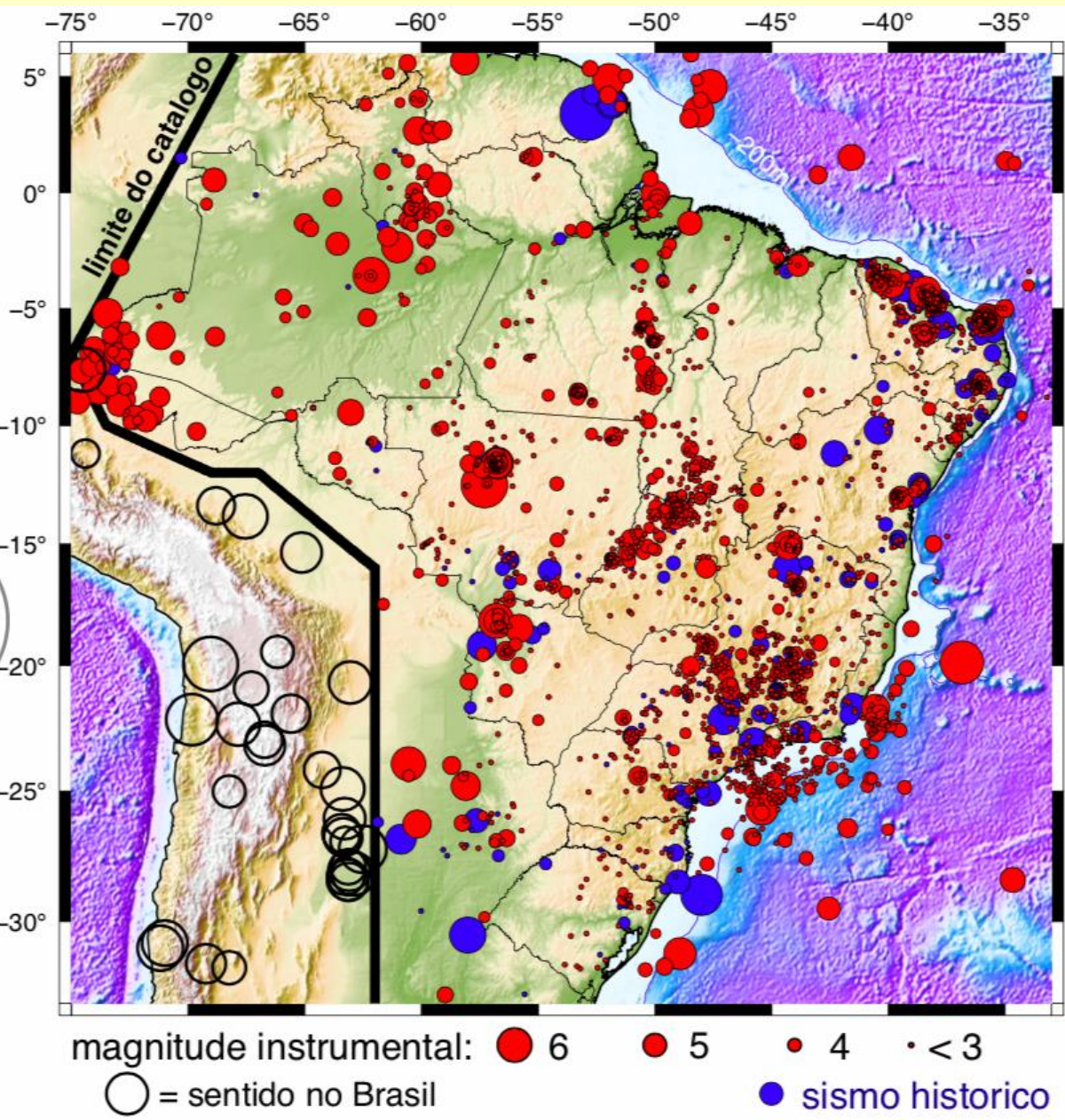


Áreas afetadas pelos sismos de:

- 1983 M=5.5
- 1955 M=6.2
- 1885 M=6.9



Boletim Sísmico Brasileiro



Frequência de sismos:
Magnitude Frequência

3 **dois por mês**

4 **dois por ano**

5 **um a cada 5 anos**
(Itacarambi, MG)

6 **1 a cada 50 anos**
(Mato Grosso 1955)

7 **a cada 500 anos ??**

(sismos até 2020)

Comprimento da parte da falha que se desloca

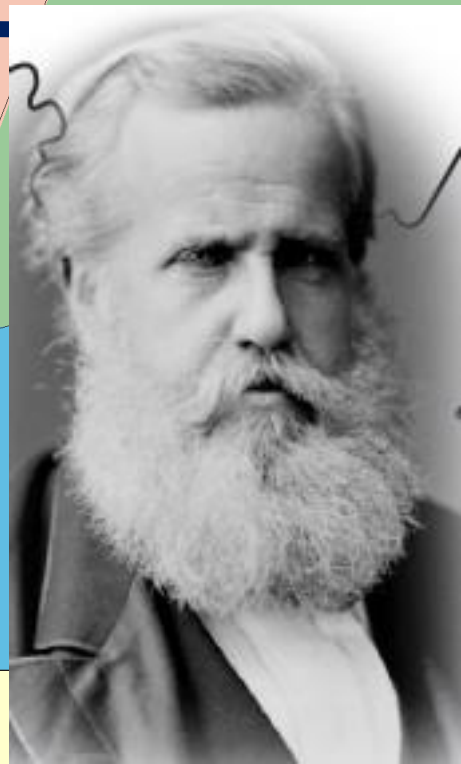
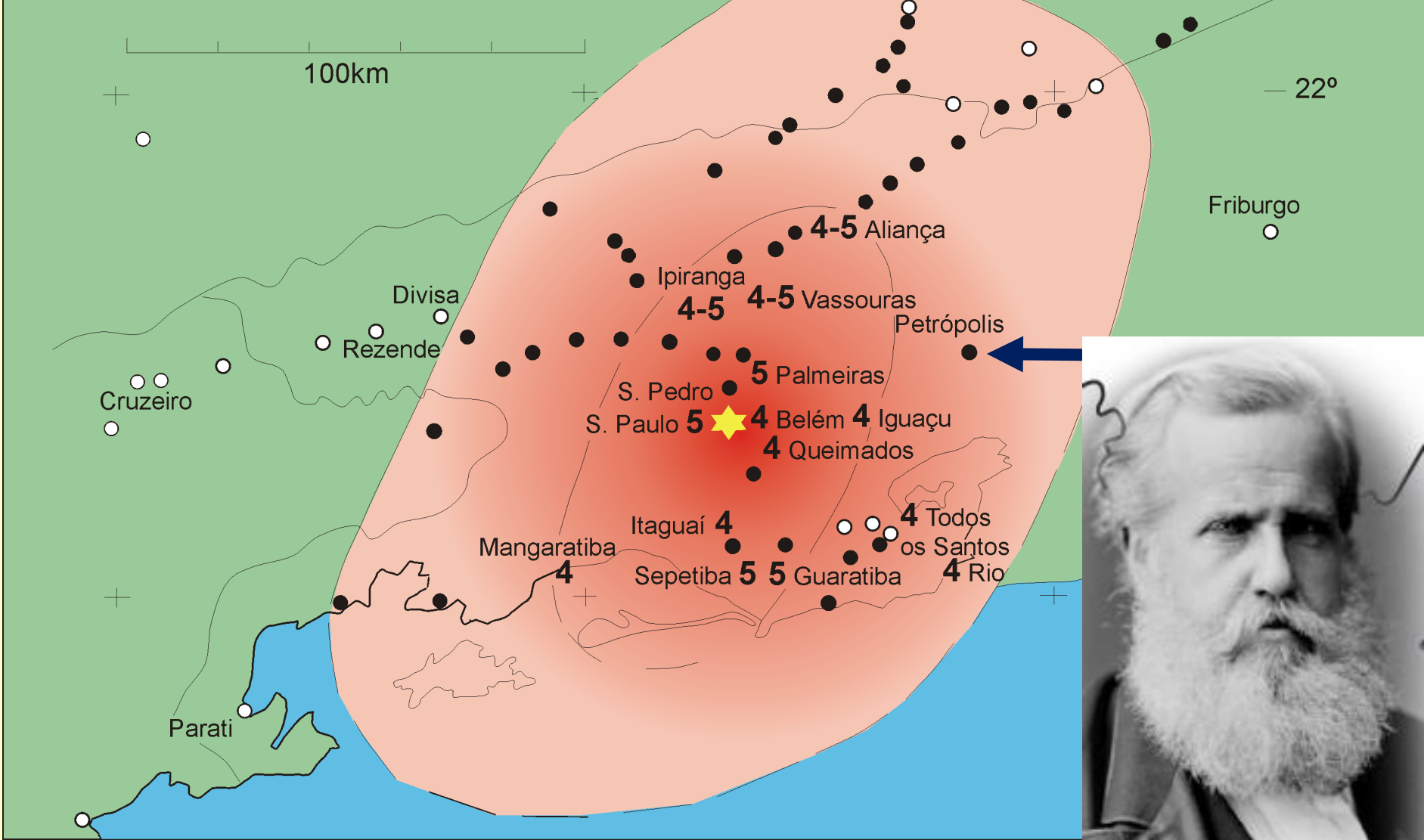


Ruptura (km)	Magnitude Richter	Efeitos possíveis	Frequência <u>no Brasil</u>
1	4	apenas sentido	~1 por ano
5	5	poucos danos	a cada 5 anos
10	6	danos	1 em 50 anos ?
30	7	muitos danos	1 em 500 anos??
100	8	destruidor	quase impossível
1000	9	catastrófico	nunca

Em Petrópolis, o Imperador Dom Pedro II “assustou-se”

(Diário de Notícias de 10.05.1886)

São Pedro e São Paulo 09/05/1886



Área de percepção do tremor de 1886 (mag= 4.3)

PARIS

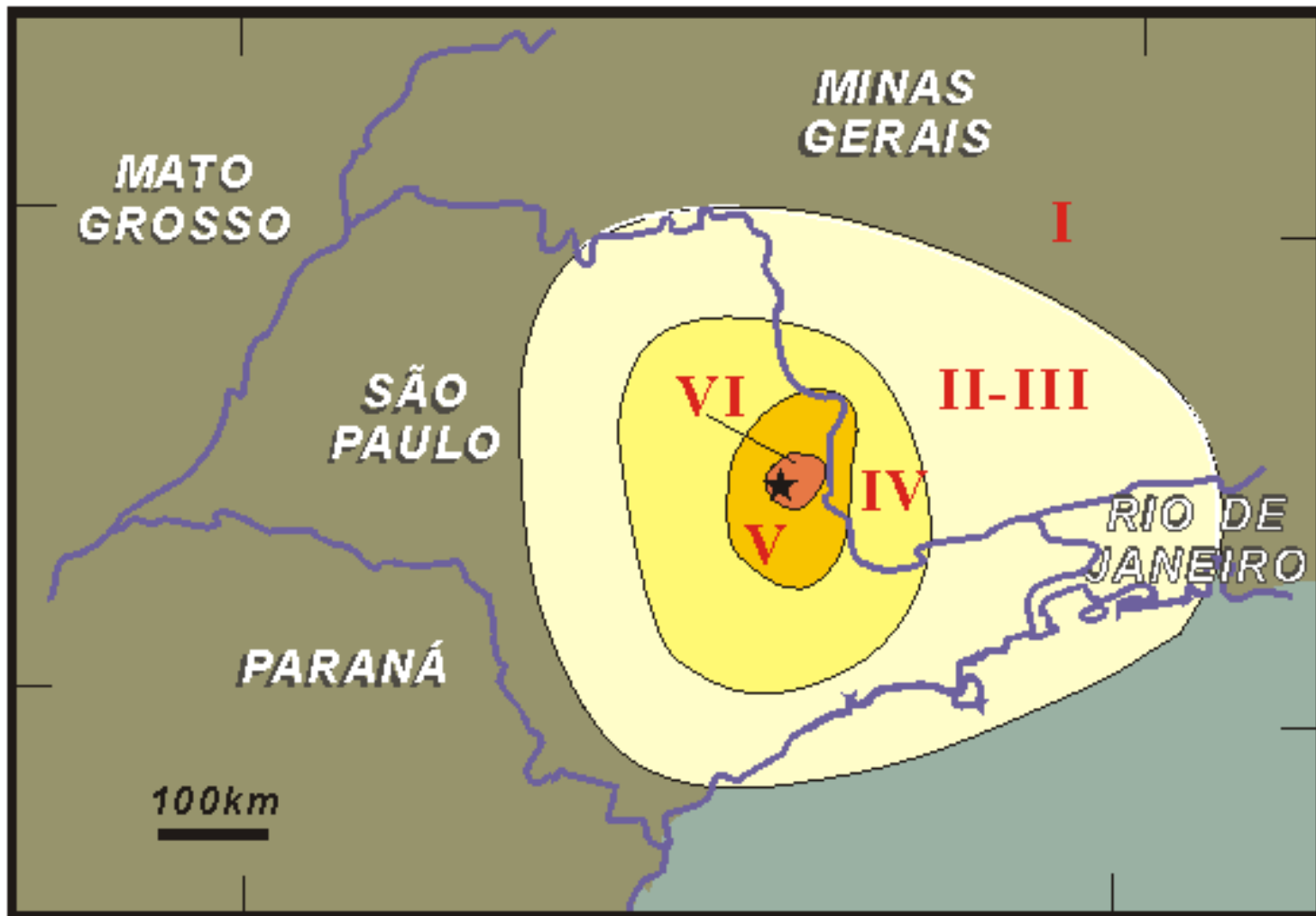
Academy of Sciences, June 15.—M. Jurien de la Gravière, President, in the chair.—On the earthquake which occurred in Brazil on May 9, extract from a letter of H.M. dom Pedro d'Alcantara. This disturbance, the first on record, took place in the Petropolis district on May 9 at 3.20 p.m. The vibration, which was of a mild character, lasted scarcely four seconds, and was also felt along the coast as far as Rio de Janeiro, and inland 266 kilometres from that point. It was accompanied by exceptional cold weather, the glass falling to -5° C. in some parts of the province of Minas Geraes, and -3° in other places.—On the absorption spectra of oxygen, by M. J. Lussan. In con-

**Transcrição de relato da Academia de Ciências de Paris,
publicado da revista *Nature*, 24 de Junho de 1886, pág.187.**

Don Pedro II enviou uma carta a um amigo, membro da Academia de Ciências de Paris, relatando sobre o tremor do Rio de Janeiro, um fato incomum. O relato acabou sendo publicado nos Anais da Academia de Ciências de Paris.

A revista *Nature* achou o relato interessante e o reproduziu também em sua edição de junho/1886.

Portanto, D. Pedro II foi o primeiro “sismólogo” brasileiro com publicação na *Nature*!



Área afetada pelo sismo de 1922 em Mogi-Guaçu, mag= 5,1. É o maior sismo conhecido no SE do Brasil, na parte continental. **Máxima intensidade = VI MM = trincou paredes e causou queda de reboco.**

ESTADO

de
de
de

Telephona

(nato)

O COMBATE

INDEPENDENCIA - VERDADE - JUSTIÇA

Composto em machinas
linotypes Mergenthaler

S. PAULO--Sexta-feira, 27 de Janeiro de 1922

Impresso em machinas
Marinoni

A população acordou hoje sobresaltada Pela primeira vez, S. Paulo sentiu, pela manhã, forte abalo de terra

A raridade do phenomeno em todo o Brasil - O que nos informou o Corpo de Bombeiros - A fabrica de polvora de Piquete pelos ares! - O Observatorio Meteorologico põe as coisas no seu lugar

O que registou o nosso Observatorio - Fala-nos o dr. Belfort de Mattos - Em Espirito Santo do Pinhal e sua região o phenomeno foi mais intenso

Na madrugada de hoje, ás 3 horas e 55 minutos, foi sentido nesta capital um violento abalo que, sacudindo fortemente as casas, moveis e vidraças, poz immediatamente de pé uma boa parte da população. Não só nos bairros pobres, onde os proletarios estavam prestes a partir para o trabalho, mas tambem nos habitados por gente acomodada a levantar-se tarde, subitamente se illuminaram os predios, vindo os moradores para as janellas e ruas a fim de apurar do que se tratava.

A raridade dos phenomenos sismicos neste immenso Brasil e o desconhecimento completo de que coisa semelhante se tenha passado algum dia em S. Paulo, levaram os curiosos a não sequer pensar que a nossa capital tivesse assistido aos effeitos de um movimento tellurico de clarão de al-fumegantes bombas de dynamite. Todas as conjecturas dos que per-abalo giravam em torno dessas

A duca é nova, hoje, ás 20 horas e 40 minutos. Sua influencia se faz sentir. Além d'isso, o excesso de eluvras telurina a solução de ares, provocando o vacuo nas camadas subterraneas, e dahi os phenomenos. E' o que parece que se deu.



O DR. BELFORT DE MATTOS,
DIRECTOR DO OBSERVATORIO DE S. PAULO

O terremoto deve ter tido um immenso raio de acção rumo Norte e Sul, talvez affectando toda a America do Sul.

Em S. Paulo, onde poucos são os recursos, mesmo officiaes, para o registro d' phenomenos dessa natureza, a carência do sismographos e aparelhos de igual poder registador, a occorrença só se fez sentir em suas manifestações francas, ficando inassignalados os precedentes e consequentes. O nosso Observatorio prestou, todavia, consideravel serviço e, dentro dos seus fracos recursos de aparelhamento para a especie, fez muito, mostrando correspondor a confiança, que despertou.

O phenomeno, vagamente primeira assignalção por volta

S. EXA. FICOU ALARMADO E FOI UM DOS PRIMEIROS SOLICITADORES DE INFORMAÇÕES

O sr. dr. Washington Luis, presidente do Estado, tão logo sentiu a trepidação da Terra, deixou o leito e pediu ligação telephonica para o Observatorio da Avenida, solicitando informações do sr. dr. Belfort de Mattos, que forneceu a s. exa. todos os possiveis detalhes, com os esca-recimentos e somma de probabilidades que a sua sciencia lhe podiam dar.

A primeira impressão foi, sem duvida, a de que rebentava em S. Paulo uma convulsão, uma revolta, com applicação de dynamite, provocada pela presença do dr. J. J. Seabra...

Por isso, s. exa. falou primeiro á policia, de onde recebeu a noticia de que reinava no meio social inteira paz, sendo o movimento alheio á vontade dos homens e inacessível á dos governos.

Em todo o caso, certo é que s. exa. esteve vigilante, como chefe do Estado, prompto, naturalmente, para as emergencias do dever, no caso de uma catastrophe. E' sympathico o seu zelo.

FALA-NOS O DR. BELFORT DE MATTOS

Seriam 8 e 20, quando penetramos no bonito predio da Avenida Paulista, onde se acha instalado o nosso Observatorio.

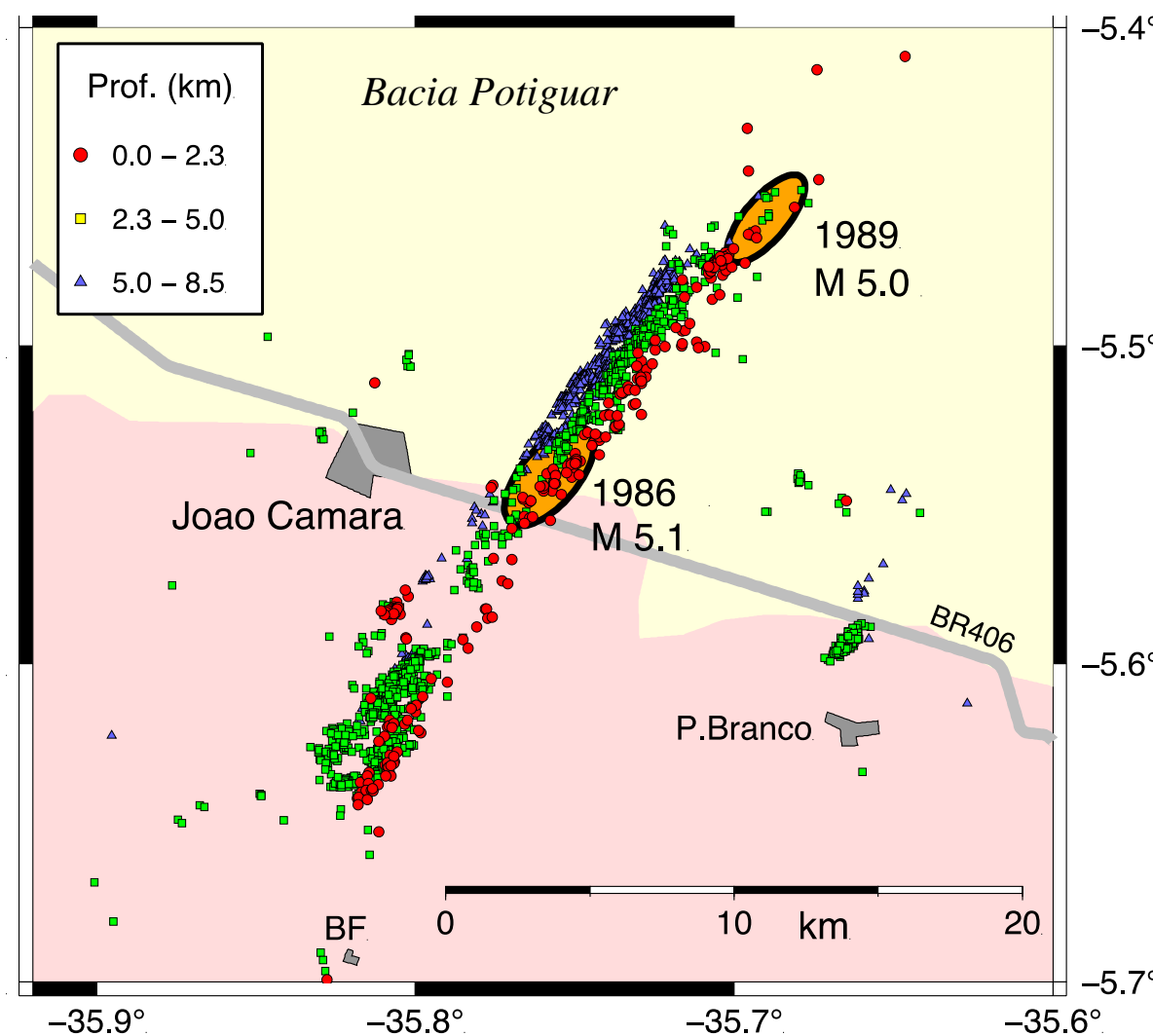
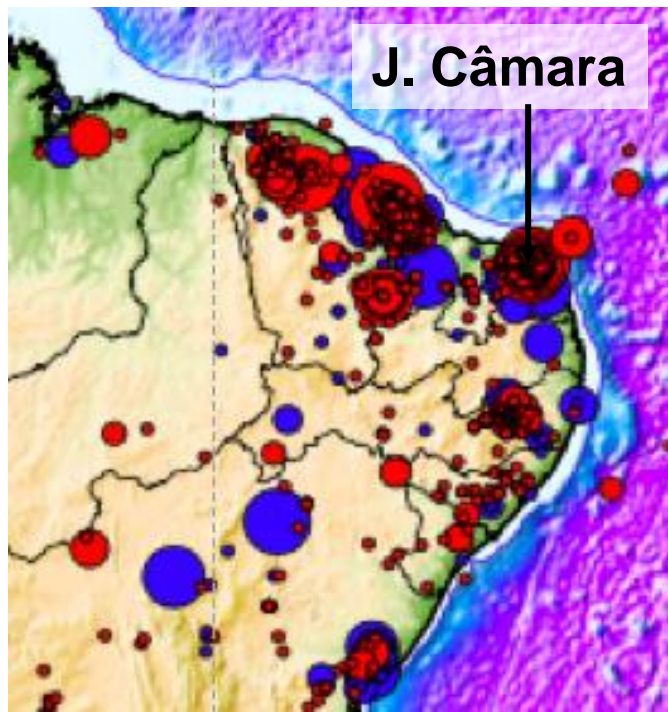
Galgamos uma das escadas que, contornando o edificio, dão accesso pela parte posterior ao segundo andar. Ali encontramos o zelador, que attenção, ao aparelho tele- informações. A todos


Sismo de Pinhal, SP,
de 27-01-1922

“Falha Sísmica de Samambaia” em João Câmara, RN, ativa desde 1986.

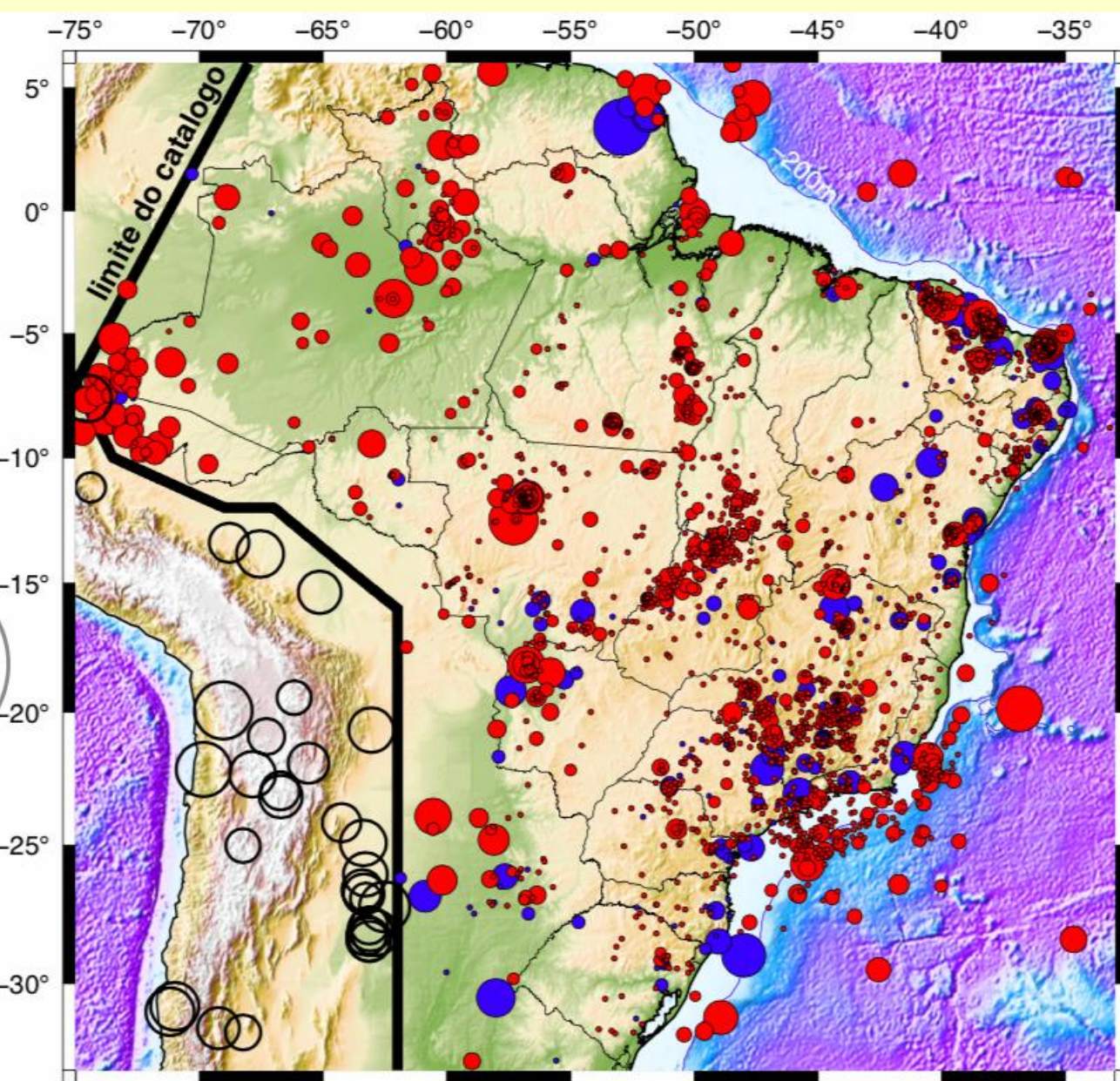
Extensão de ~30 km,
magnitude máxima 5,1.
Milhares de pequenos sismos
entre 0 e 7 km de profundidade

Nenhuma evidência clara na
superfície: dificuldade de se
estudar sismos intraplaca!



 = área de ruptura dos dois maiores tremores
da série (1986 e 1989), cada um com ~5 km.

Qual a magnitude de um sismo que rompesse
de uma vez só os 30 km da falha?



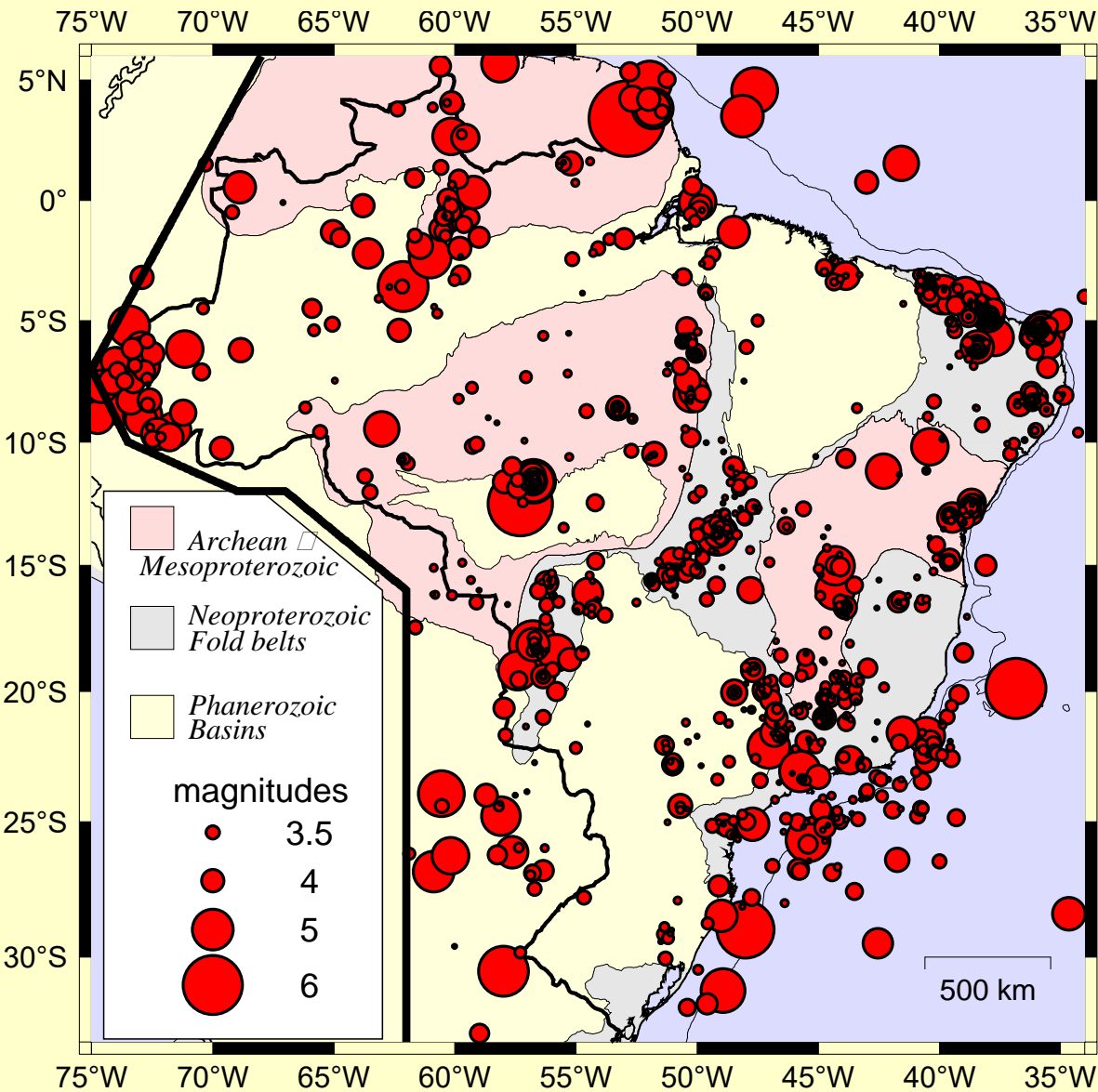
Poucos sismos pequenos na Amazônia, só mag > 4. Poucos históricos

Muitos sismos pequenos no SE, com mag < 4. Muitos sismos históricos.

Por que essa diferença?

magnitude instrumental: ● 6 ● 5 ● 4 ● < 3
 ○ = sentido no Brasil ● sismo historico

(sismos até 2020)



raw catalog to 2020, mag ≥ 3.0)

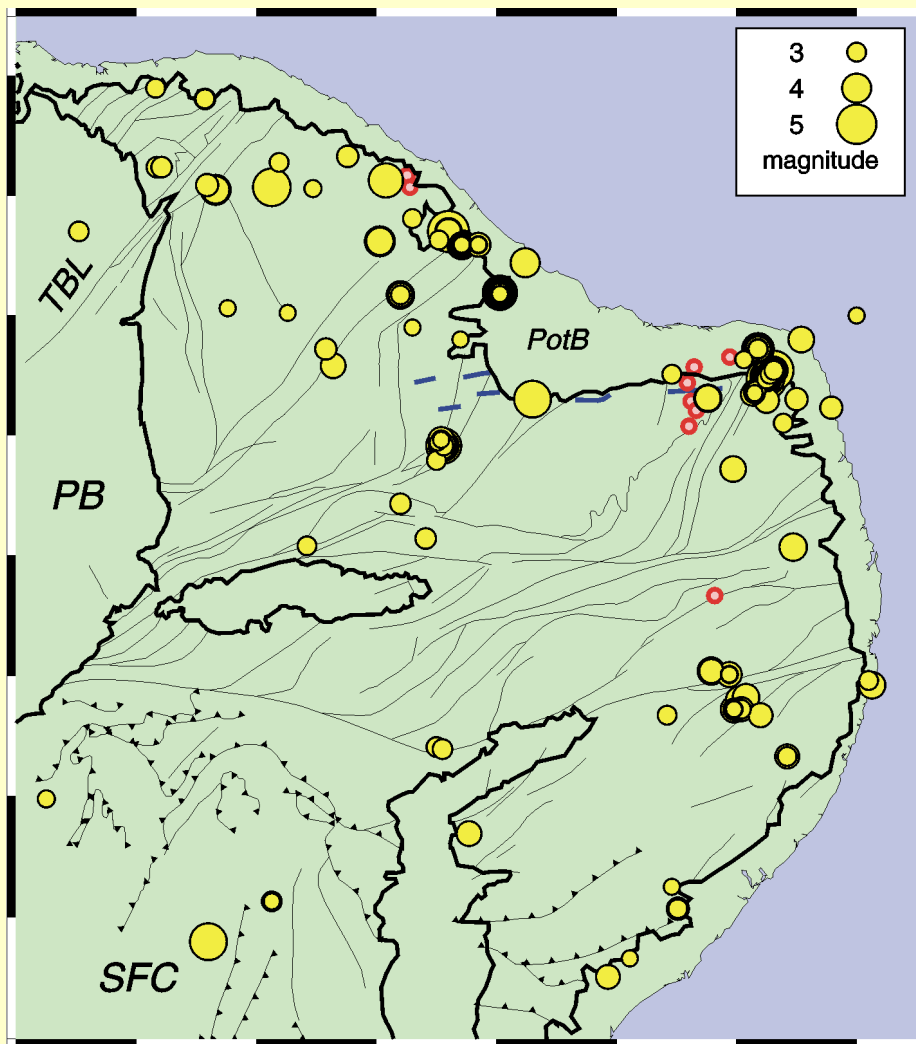
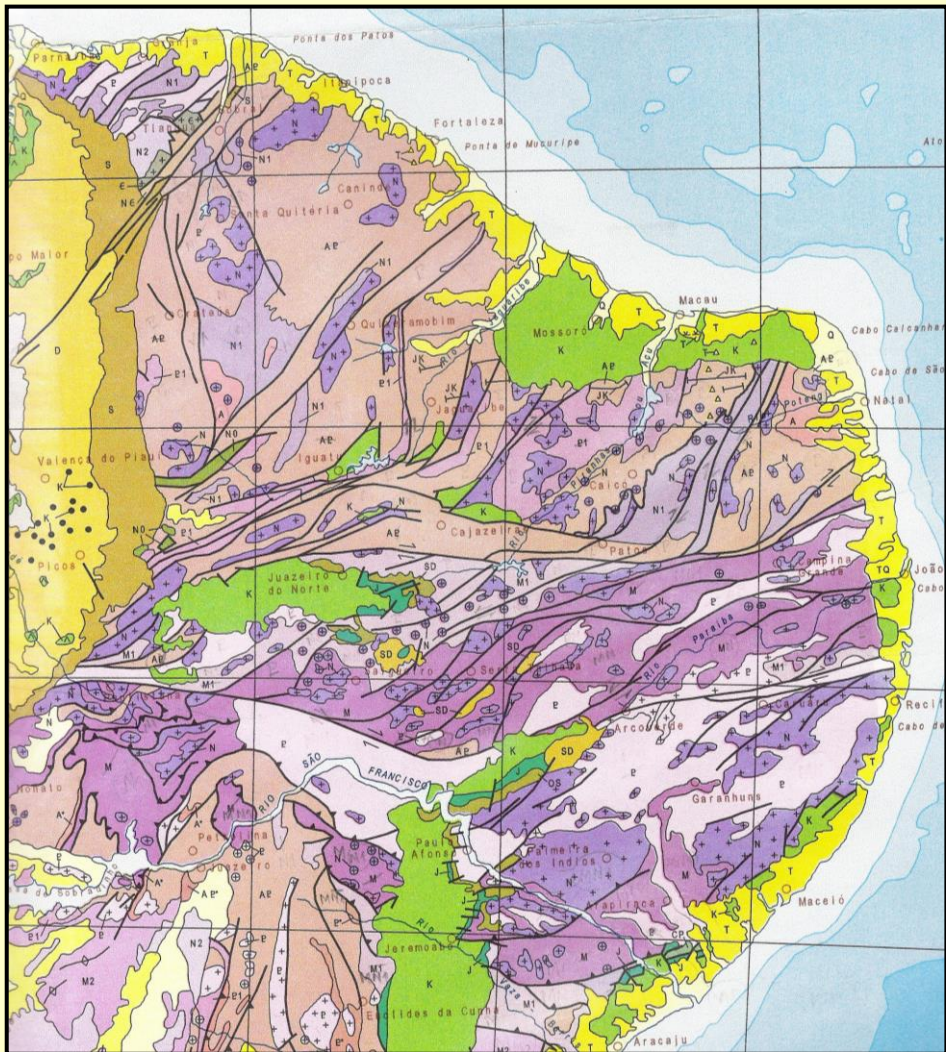
“Catálogo uniforme”
(filtrando os epicentros para
distribuição espacialmente
uniforme de detectabilidade)

1939-2020

**Há relação com as
principais províncias
geológicas ?**

Regiões intraplaca:

Os sismos não têm relação clara com estruturas geológicas !



-42°

-40°

-38°

-36°

-34°

-2°

-4°

-6°

-8°

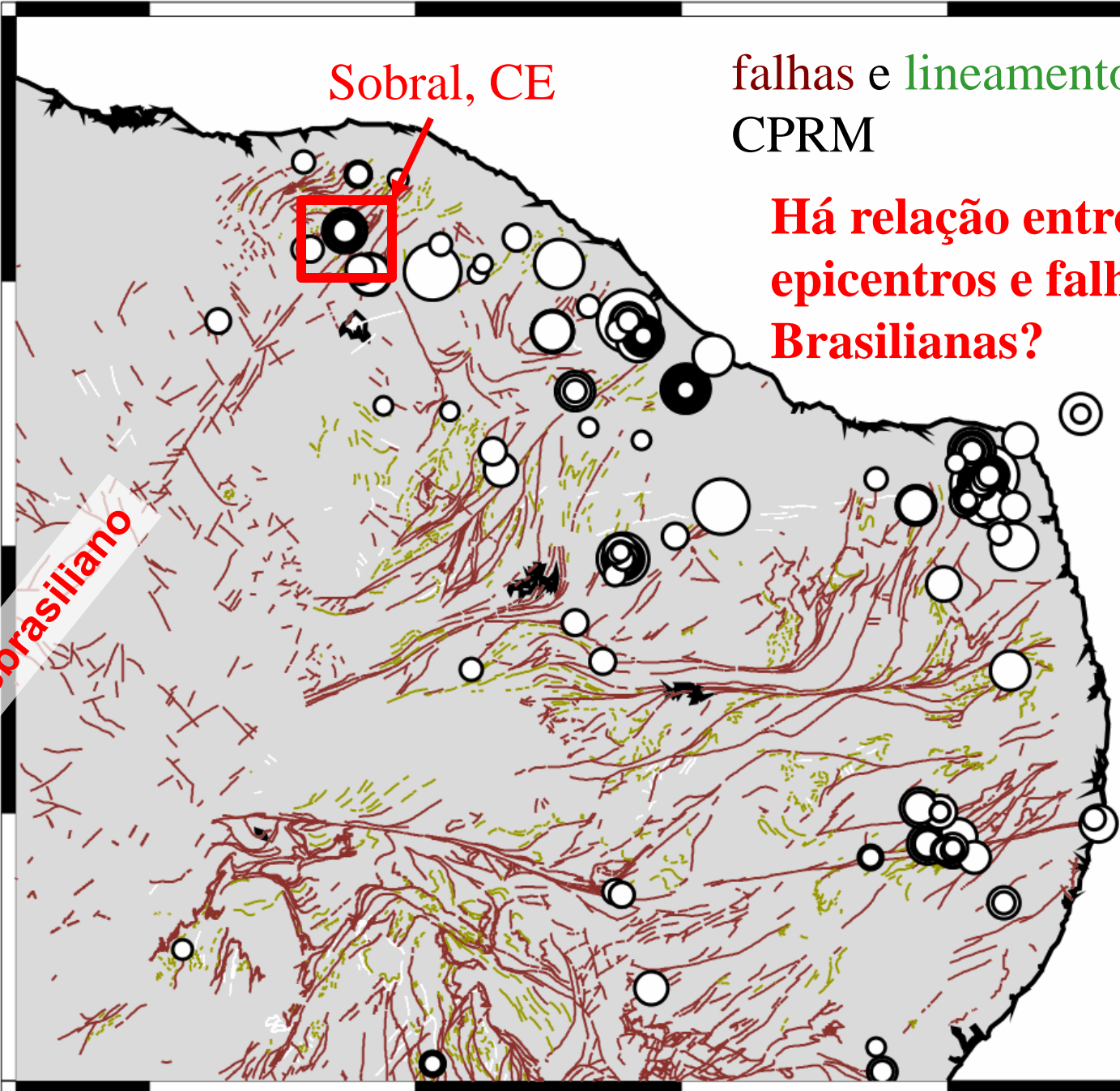
-10°

Sobral, CE

falhas e lineamentos
CPRM

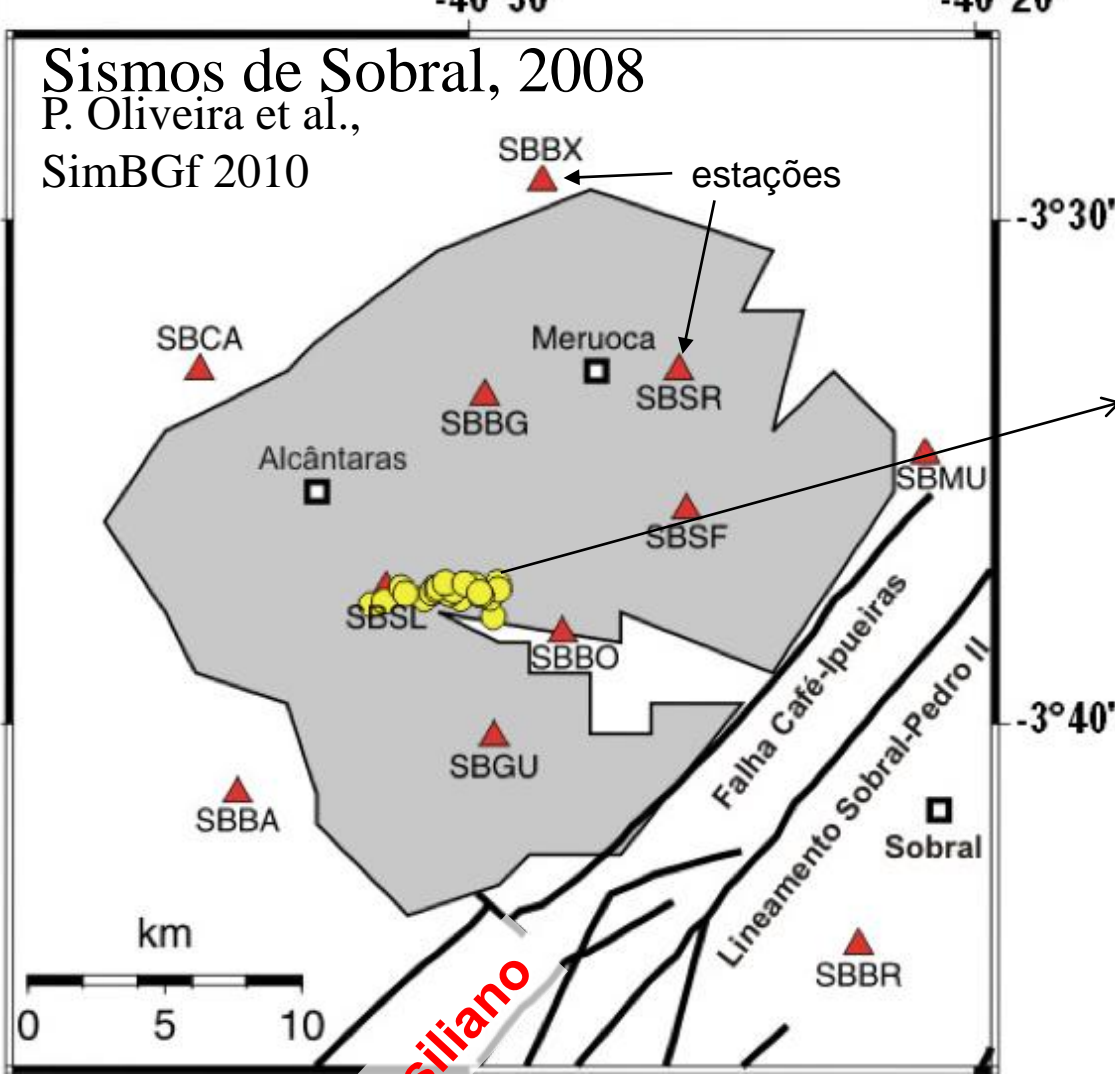
Há relação entre
epicentros e falhas
Brasilianas?

Lin. Transbrasiliano

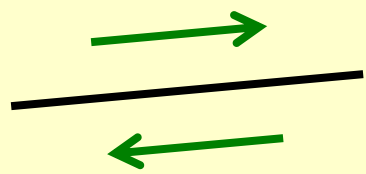


Sismos de Sobral, 2008

P. Oliveira et al.,
SimBGf 2010



Sobral:
Falha transcorrente
dextral

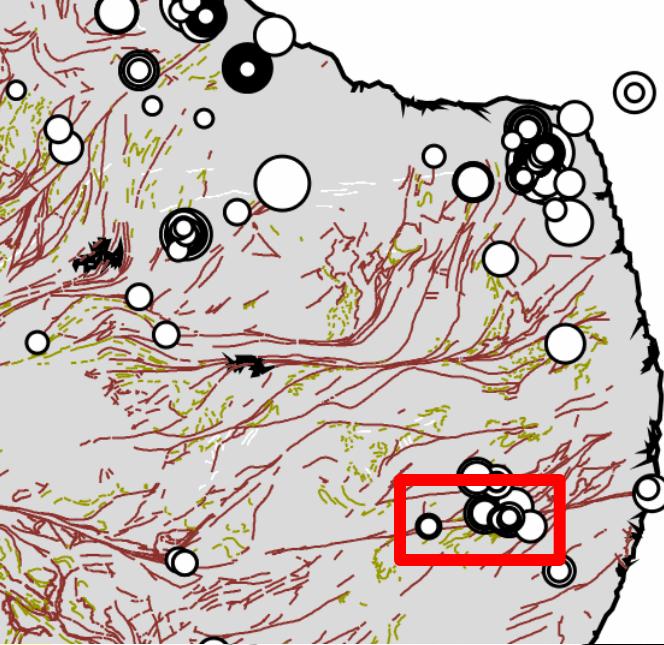


Numa escala regional, os sismos de Sobral pareciam se relacionar com o Lineamento Transbrasiliano.

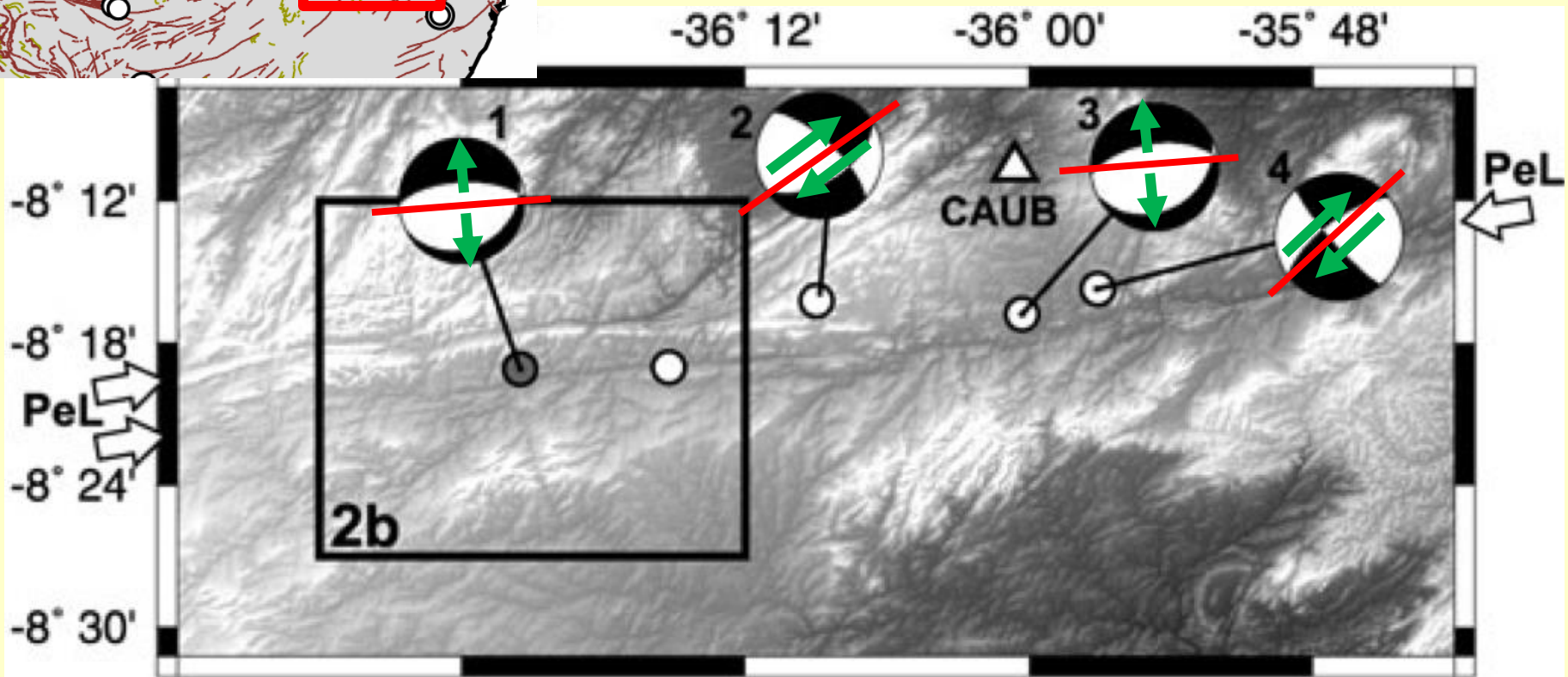
Estudo de detalhe mostra que os sismos ocorrem numa fratura pequena, ~E-W, sem relação direta com o LTB!

Lin. Transbrasiliano

Sismos no Lineamento de Pernambuco:
reativação de estruturas antigas mapeadas na
superfície. Exceção em regiões intraplaca !!

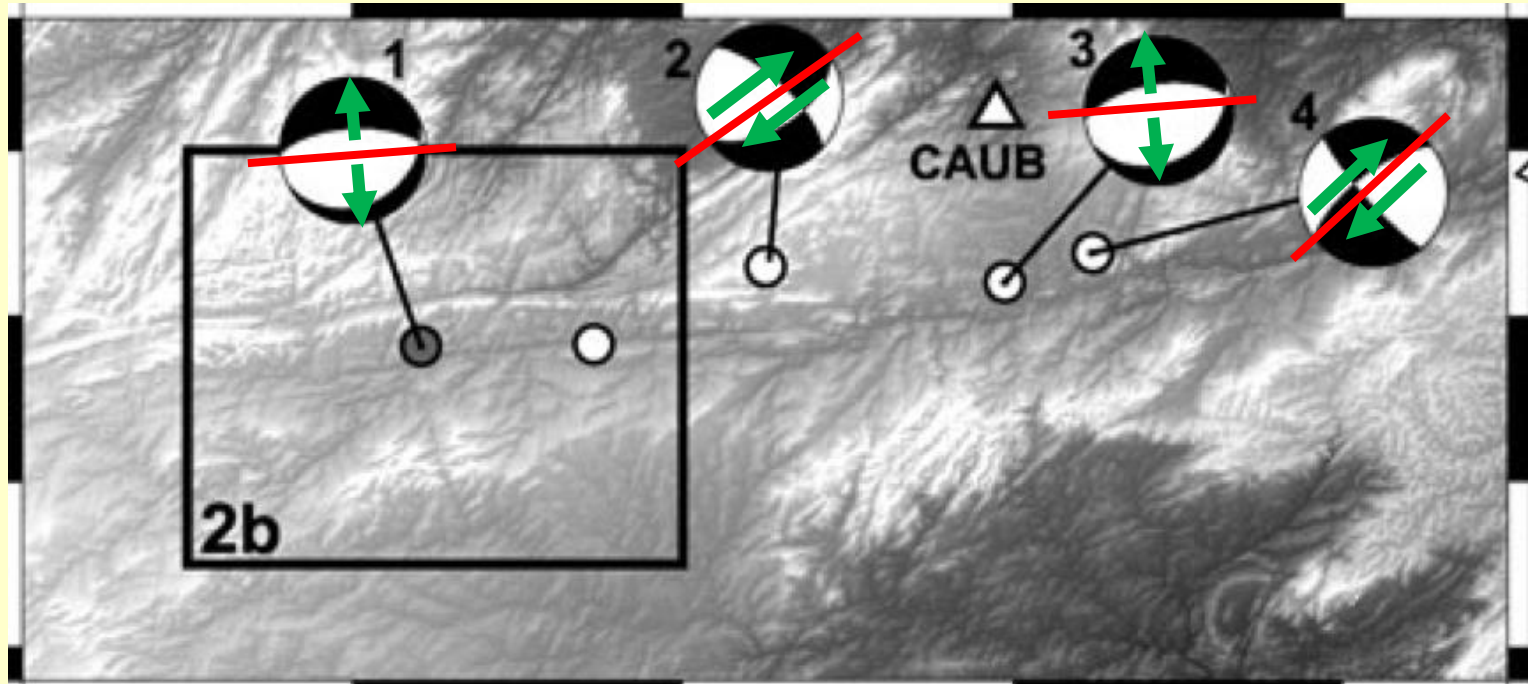


Lin. de Pernambuco

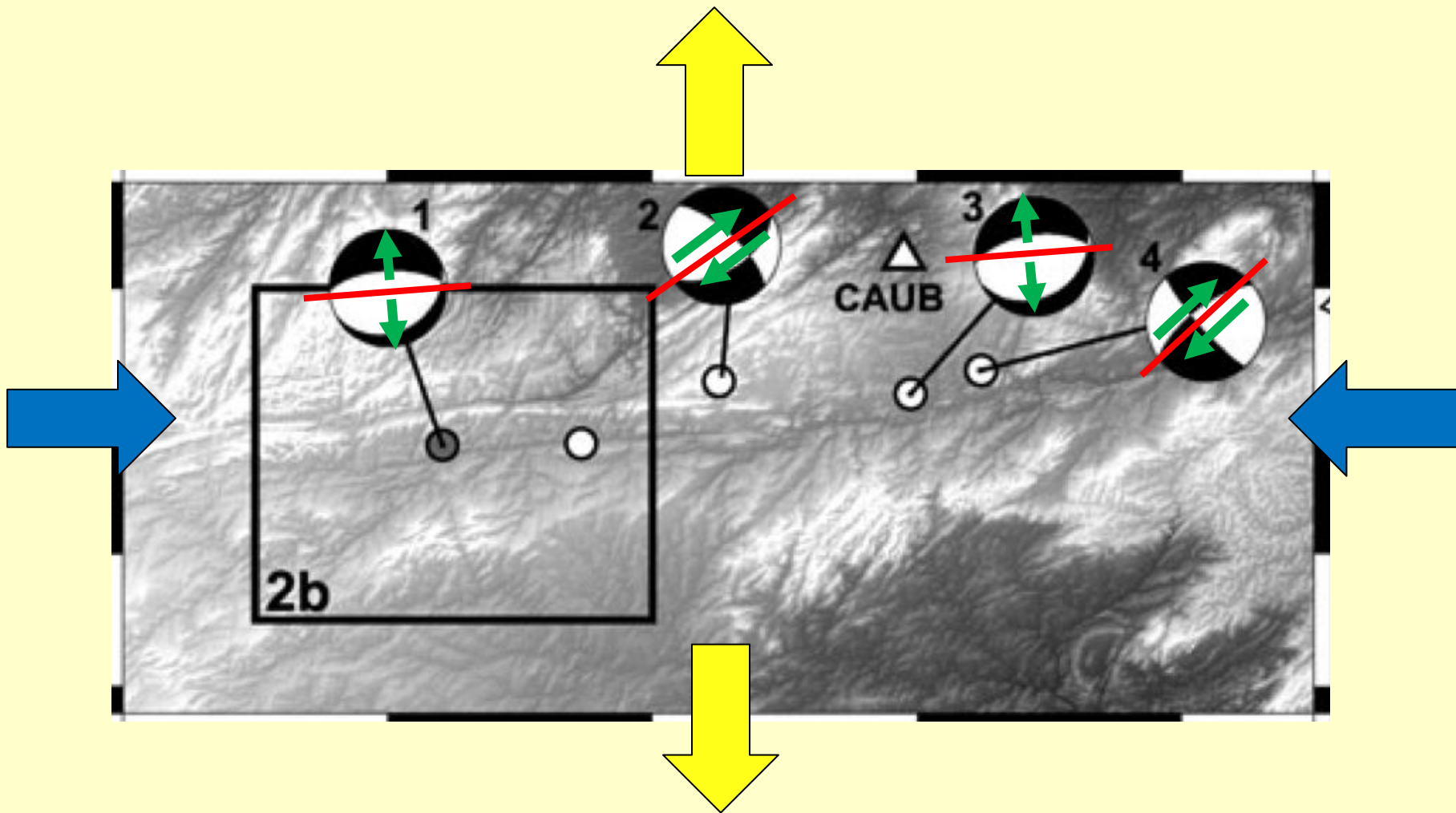


Na parte E-W do Lineamento, os sismos ocorrem como falha normal com extensão N-S (sismos 1 e 3). Os ramos SW-NE, os sismos ocorrem como falhas transcorrentes dextrais (2 e 4).

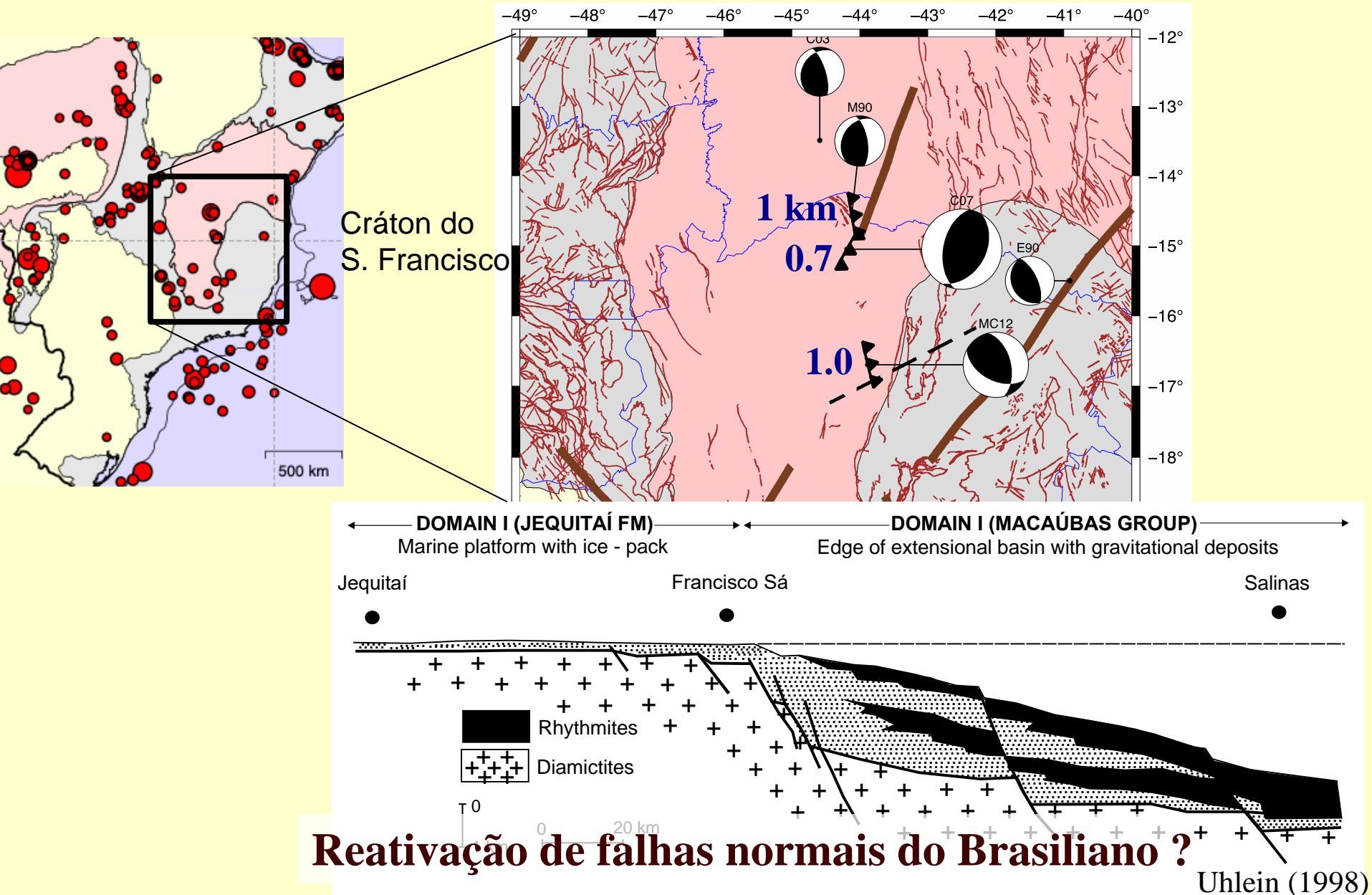
Qual o regime de esforços regionais que explicaria estes mecanismos?



Tensões regionais: **compressão E-W** e **tração N-S**



Predominância de falhas inversas, rasas



Sismicidade:

Tarefas p/ próxima semana:

- 1) Por que não há sismos rasos (crustais) na parte mais alta dos Andes?
- 2) Por que não há vulcões no Acre?
- 3) Qual a magnitude de um sismo que rompesse os 30 km da “falha de Samambaia” no RN?
- 4) Ler Detzel et al.(GSL, 2015): quais feições geológicas ou geofísicas mais se correlacionam com a sismicidade do Brasil? Por que?