

**Fábio Taioli**  
USP

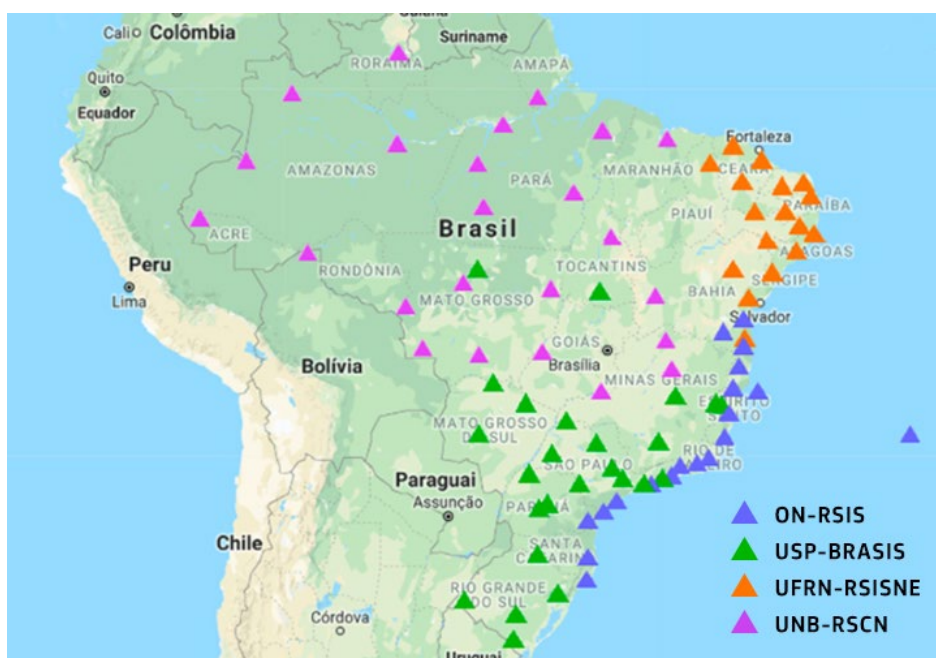
### 4.3 SISMICIDADE INDUZIDA

Sismicidade induzida é a atividade sísmica (tremores de terra) provocada por ações antrópicas. Normalmente esses sismos estão associados às operações de mineração, à implantação de grandes reservatórios de água (p.e. lagos de barragens) e à exploração de hidrocarbonetos. Tais atividades podem ocasionar um incremento nas cargas internas nas rochas gerando um acúmulo de tensões. Os sismos ocorrem quando há

um súbito alívio de tensão acumulada no interior da terra, ou mesmo pela instabilidade gerada pela variação da pressão nos poros da rocha.

Apesar de, no Brasil, não se ter um histórico de atividade sísmica de grande magnitude, na realidade inúmeros pequenos sismos ocorrem diariamente. Isso tem sido cada vez mais reportado desde a implantação da Rede Sismográfica Brasileira ocorrida em 2014 (Figura 4.1), que permite o monitoramento contínuo de praticamente todo o território nacional. No entanto, devido à extensão do país, essa rede não oferece a resolução necessária para o efetivo controle da sismicidade induzida por atividades antrópica.

FIGURA 4.1: REDE SISMOGRÁFICA BRASILEIRA. OS TRIÂNGULOS INDICAM AS LOCALIZAÇÕES DAS ESTAÇÕES, SENDO QUE AS AZUIS SÃO COORDENADAS PELO OBSERVATÓRIO NACIONAL, AS VERDES PELA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, AS LARANJAS PELA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE E AS LILÁS PELA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA.



Fonte: RSBR (<http://rsbr.gov.br/>).

A exploração de hidrocarbonetos em reservatórios não convencionais ainda não ocorre no Brasil. No entanto, em diversos países, um dos problemas ambientais atribuídos à sua exploração é a indução de sismos na área de exploração.

O hidrofraturamento aplicado nos reservatórios de baixa permeabilidade envolve a injeção de expressivas quantidades (de 5.000 a 100.000 m<sup>3</sup>) de água em alta pressão (> 620 bar, ou seja, mais do que 620 atmosferas). A quantidade de água e a altíssima pressão aplicada podem ocasionar a geração de sismos cuja magnitude é variável e dependente da extensão do fraturamento aplicado nas rochas e das condições geológicas locais, por exemplo, reativar falhamentos pré-existentes (p.e. Alexandrov *et al.*, 2020)<sup>49</sup>. Portanto, um detalhado estudo geológico e estrutural da região deve ser conduzido antes da aplicação do hidrofraturamento a fim de se evitar a exploração nas proximidades de estruturas geológicas pré-existentes.

Outro problema que tem sido associado à exploração de reservatórios não convencionais trata-se da reinjeção na rocha da água após seu uso no processo de hidrofraturamento. A variação da poro-pressão (tanto natural como induzida) nos aquíferos é comumente associada à geração de sismos (p.e. Tan *et al.* 2020). Agrega-se a isso a possibilidade do fluido injetado se portar como um lubrificante, fazendo com que tensões acumuladas no interior do maciço sejam liberadas e, conseqüentemente, gerando sismos. A literatura técnica aponta que tais ocorrências podem gerar grande quantidade de sismos com foco a grande distância (> 10 km) do ponto de injeção (p.e. Weingarten, 2015).

Em diversos países vários casos de sismos induzidos têm sido reportados há muitos anos, vinculados, principalmente, ao hidrofraturamento das rochas (p.e. Schultz *et al.*, 2018; López-Comino, *et al.*, 2018; Kumar *et al.*, 2019), e, apesar de serem normalmente de pequena magnitude (raramente acima de 4 na escala Richter), podem ser sentidos pela população local, o que gera grande receio da população próxima, mas raramente causam algum dano.

No Brasil, como não são ainda explorados os reservatórios não convencionais, não há registro de ocorrências. Por outro lado, existem casos de sismos induzidos pela exploração de água subterrânea, particularmente na Bacia do Paraná, região da cidade de Bebedouro, grande produtora de laranjas, onde ocorre bombeamento de quantidade significativa de água. Os sismos ocorrem quando o bombeamento é interrompido e as pressões internas voltam a se equilibrar (Assumpção *et al.*, 2010). Mais de 2000 microtremores (magnitude < 3) foram registrados.

Vale ressaltar que, com a experiência já adquirida em várias bacias sedimentares no mundo, grandes avanços no controle e mitigação dos sismos induzidos pela exploração de reservatórios não convencionais vêm ocorrendo (Maxwell, 2018) e, caso tais reservatórios venham a ser explorados no Brasil, é recomendável e de extrema importância que seja instalada uma rede sismográfica local e dedicada antes do início da exploração, de forma a se ter um controle da atividade sísmica regional natural, e que esse monitoramento permaneça durante todo o ciclo produtivo do empreendimento.

49. A literatura, em especial nos Estados Unidos, mostra que os sismos são induzidos majoritariamente por reinjeção de água e não pelo fraturamento hidráulico propriamente dito.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Alexandrov, D.; Eisner, L.; Waheed, U.; Kaka, S.I.E.; Greenhalgh, S.A. 2020. Normal faulting activated by hydraulic fracturing: A case study from the Barnett Shale, Fort Worth Basin. *The Leading Edge*, 39(3):204-211. <http://dx.doi.org/10.1190/tle39030204.1>

Assumpção, M.; H. Yamabe, T.H.; Barbosa, J.B.; Hamza, V.; Lopes, A.E.V.; Balancin, L.; Bianchi, M.B. 2010. Seismic activity triggered by water wells in the Paraná Basin, Brazil. *Water Resources Research*, V. 46, W07527, doi:10.1029/2009WR008048.

Wilson, M.P.; Davies, R.J.; Foulger, G.R.; Julian, B.R.; Styles, P.; Gluyas, J.G.; Almond, S. 2015. Anthropogenic earthquakes in the UK: A national baseline prior to shale exploitation. *Marine and Petroleum Geology*. 68, 1-15.

Kumar, A.; Hu, H.; Bear, A.; Hammack, R.; Harbert, W. 2019. Seismic Monitoring of Hydraulic Fracturing Activity in the Wolfcamp Shale of Midland Basin, Texas. *Unconventional Resources Technology Conference (URTeC)*. p. 2893-2905.

DOI: 10.15530/urtec-2019-564.

López-Comino, J.A.; Cesca, S.; Jarosławski, J.; Montcoudiol, N.; Heimann, S.; Dahm, T.; Lasocki, S.; Gunning, A.; Capuano, P.; Ellsworth, W. L. 2018. Induced seismicity response of hydraulic fracturing: results of a multidisciplinary monitoring at the Wysin site, Poland. *Scientific Reports*, 8:8653. DOI:10.1038/s41598-018-26970-9.

Maxwell, S. 2018. Injection-induced seismicity: The end of the beginning? *The Leading Edge*. 37:2. 146-148. DOI: 10.1190/tle337020146.1.

[doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2015.08.023](http://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2015.08.023).

Schultz, R.; Atkinson, G.; Eaton, D. W.; Gu, Y. J.; Kao, H. 2018. Hydraulic fracturing volume is associated with induced earthquake productivity in the Duvernay play. *Science*, 359, 304–308. DOI: 10.1126/science.aao0159.

Tan, Y.; Hu, J.; Zhang, H.; Chen, Y.; Qian, J.; Wang, Q.; Zha, H.; Tang, P.; Nie, Z. 2020. Hydraulic fracturing induced seismicity in the southern Sichuan basin due to fluid diffusion inferred from seismic and injection data analysis. *Geophysical Research Letters*. 10p. doi.org/10.1029/2019gl084885.

Wilson, M.P.; Davies, R.J.; Foulger, G.R.; Julian, B.R.; Styles, P.; Gluyas, J.G.; Almond, S. 2015. Anthropogenic earthquakes in the UK: A national baseline prior to shale exploitation. *Marine and Petroleum Geology*. 68, 1-15. doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2015.08.023.

Weingarten, M.; Ge, S.; Godt, J.W.; Bekins, B.A.; Rubinstein, J.L. 2015. High-rate injection is associated with the increase in U.S. mid-continent seismicity. *Science*, 348, 1336-1340. DOI: 10.1126/science.aab1345