

■ DESAFIOS E DEMANDAS EM GEOLOGIA ■ DE ENGENHARIA E AMBIENTAL NA REGIÃO ■ SUL DO BRASIL

CHALLENGES AND NEEDS FOR ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL
GEOLOGY IN THE SOUTHERN REGION OF BRAZIL

MALVA MANCUSO
Universidade Federal de Santa Maria
malvamancuso@ufsm.br

DÉBORA LAMBERTY
Serviço Geológico do Brasil - Superintendência Regional de Porto Alegre
debora.lamberty@cprm.gov.br

RESUMO ABSTRACT

O 16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental (GEA), edição especial dos 50 anos da ABGE, realizado em setembro de 2018 em São Paulo, trouxe uma discussão e uma provocação muito oportunas sobre quais os desafios e as demandas existentes na seara da Geologia de Engenharia e Ambiental nas diferentes regiões do Brasil. Coube a cada representante dos núcleos regionais da ABGE tratar deste tema na mesa redonda “Retrospectiva da Evolução da ABGE e da Geologia de Engenharia e Ambiental no Brasil”. A Geologia de Engenharia e Ambiental dedica-se à solução de problemas de engenharia e meio ambiente que envolvem as relações do homem com o meio físico. Cabe, desta forma, à Geologia de Engenharia e Ambiental desenvolver melhores técnicas e formar profissionais qualificados para atender às demandas sociais impostas de forma sustentável. Neste trabalho estão destacadas três importantes demandas da Região Sul do Brasil, que engloba os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, que estão diretamente relacionadas à atuação dos diferentes profissionais de Geologia de Engenharia e Ambiental, são estas: a ampliação de estruturas viárias lineares (rodovias e ferrovias), a ampliação da oferta energética e os desastres naturais. Os Planos governamentais, estaduais e federais, indicam investimentos na construção de mais de 400 Km de rodovias, além da duplicação de mais de 800 Km de rodovias estaduais e federais, no curto e médio prazo nos três estados. Quanto à ampliação da oferta energética, a previsão é de construção de 9 UHEs, com produção de 1509 MW até 2027, e de PCHs e CGHs.

The 16th Brazilian Congress of Engineering Geology and the Environment, a special edition of 50 years of ABGE, held in September 2018 in São Paulo, brought a discussion and a very timely provocation about the challenges and the demands existing in the field of Engineering Geology in the different regions of Brazil. Each ABGE's regional representative addressed this issue at the round table “Retrospective of the Evolution of ABGE and of Engineering and Environmental Geology in Brazil”. Engineering and Environmental Geology are dedicate to solve engineering and environmental problems related to the human relationship with the physical environment. Therefore, it is up to the engineering and environmental geologist developing better techniques and qualify professionals to answer imposed social demands on a sustainable way. In this work, three important demands of the Southern Region of Brazil, that include Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul states, are highlighted. These demands are related to the engineering and environmental geology practices, and include the increase of road infrastructures (highways and railways), the increase of energy supply and supporting actions in areas with natural disasters events. The federal and the state governmental strategic plan, relate investments in the construction of more than 400 km and in the duplication of more than 800 km of state and federal highways, on a short and medium term, on the three states. To increase the energy supply, the forecast is for the construction of 9 HPPs, with production of 1509 MW

Apesar da preocupação em aumentar o percentual de contribuição das energias renováveis (eólica, solar e bioenergias) não se indicam fortes investimentos nesse sentido. Em cenários de mudanças climáticas espera-se um aumento na frequência de ocorrência de desastres naturais na Região Sul, aumentando o risco das populações vulneráveis. De acordo com o planejamento estratégico de desenvolvimento da região, deverão ocorrer demandas de atendimento técnico da Geologia de Engenharia e Ambiental, para as áreas de infraestruturas, energias e ambiente, possibilitando a sua contribuição no planejamento de cidades ambientalmente sustentáveis, com capacidade de resistência e resiliência, assim como no desenvolvimento e implementação de instrumentos técnicos que atendam às necessidades atuais e futuras da região.

Palavras-chave: Infraestrutura viária. Disponibilidade energética. Desastres naturais, Região Sul do Brasil.

by 2027, and of SHPs and CGHs. Despite the concern to increase the contribution from renewable energies (wind, solar and bioenergies), strong investment in this direction it's not indicated. In climate change scenarios, it is expected an increase in the frequency of natural disasters in the Southern Region of Brazil. That will increase the risk of vulnerable populations. According to the strategic development plan for the states, there will be demands for technical assistance from engineering and environmental geologists on infrastructure, energy and environment areas. Those demands will enable their contribution to the planning of environmentally sustainable cities, resistant and resilient against natural disasters, as well as in the development and implementation of technical tools that answer current and future needs from the region.

Keywords: Road infrastructure. Energy availability. Natural disasters, Southern Region of Brazil.

1 INTRODUÇÃO

A Região Sul, composta pelos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, apresenta uma extensão territorial de 576.410 km², o que corresponde a 6,77% do território brasileiro, onde residem 14% da população do país (IBGE, 2010). Em 2017, a região contribuiu com 17% do PIB Nacional (IBGE, 2018).

Neste estudo, apresentaremos os desafios e as demandas para a Geologia de Engenharia e Ambiental na região Sul, considerando a realidade populacional, socioeconômica e ambiental, assim como as perspectivas para o setor técnico, tendo em vista a previsão de crescimento socioeconômico e os efeitos de mudanças no clima (especialmente a precipitação), sobre o meio físico.

Os desafios futuros para a Geologia de Engenharia serão abordados considerando as necessidades de crescimento da infraestrutura viária (rodovias e ferrovias); a necessidade de atendimento à crescente demanda energética regional e nacional e a crescente incidência de desastres naturais, considerando cenários de mudanças climáticas e aumento da vulnerabilidade da população.

2 AMPLIAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS VIÁRIAS LINEARES (RODOVIÁRIAS E FERROVIÁRIA)

A infraestrutura e logística para escoamento da produção agrícola/industrial brasileira e a mobilidade urbana são dois dos principais gargalos para o crescimento do país. No Brasil, Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT (criada pela Lei nº 10.233/2001) (ANTT, 2018) é o órgão responsável pela execução das políticas voltadas à ampliação da infraestrutura de transportes e tem por objetivo, entre outros, promover a expansão das malhas rodoviária e ferroviária federal ampliando a oferta de serviços aos usuários.

Ao longo de 2018, foram identificadas oportunidades de melhoria na condução do Planejamento Estratégico no que se refere à ampliação da infraestrutura viária na esfera federal, e o governo vem implementando ações referentes à construção da Rodovia de Integração Sul (RIS), à concessão das rodovias BR-364/365 e à construção da Ferrovia Norte-Sul (ANTT, 2018). Segundo o Relatório Anual de Atividades da ANTT (2018), foram elaborados os estudos de 9 projetos de concessão de trechos rodoviários qualificados no

âmbito do Programa de Parcerias e Investimentos-PPI da Presidência da República e de mais 2 projetos ainda pendentes de qualificação, incluindo as rodovias: BR-470/282/153/SC, BR-101/SC (220,42 km com investimentos de R\$ 6,5 bilhões), BR-101/290/448/386/RS (Rodovia de Integração do Sul - RIS, com extensão de 473,4 km e 7,8 bilhões em investimentos).

No âmbito estadual, em 2017 foram realizadas 57,99 Km de obras rodoviárias no Paraná (BR-163/487/PR), 14,75 Km em Santa Catarina (BR-101/163/SC) e 35,39 Km no Rio Grande do Sul (BR-158/386/392/RS); e os Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental - EVTEA da Variante Ferroviária Jaraguá do Sul-Guaramirim/SC e do Contorno Ferroviário de Curitiba/PR (DNIT, 2017).

Atualmente existem 21.152,86 Km de rodovias pavimentadas no Paraná (17% federais, 49% estaduais e 33% municipais) e 99.492,6 Km de rodovias não pavimentadas (98% municipais) (PARANÁ, 2017). Em 2018, iniciou-se a pavimentação de 117 Km de rodovias (PR-912/364/239), com financiamento do Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID (US\$ 65 mi) e término previsto para 2021; em contrapartida, o Estado iniciou a construção de 25,3 Km de rodovias no valor de R\$198 mi, com término previsto para 2020 (PARANÁ, 2018).

A rede rodoviária (estadual e federal) de Santa Catarina conta com 1.291 km de malha não pavimentada e 7.115 km com pavimentação, sendo que a rede federal detém cerca de 34% de toda a malha rodoviária pavimentada do estado (SANTA CATARINA, 2018). A rede ferroviária de Santa Catarina possui 1.348 km de extensão, estando apenas 747 km em operação.

No caso do Rio Grande do Sul, a matriz de transportes é 85,3% rodoviária e 8,8% ferroviária; contudo, apenas 9,07% (14.007 Km) do total da malha do estado (154.402 Km) é pavimentada, enquanto, no Brasil, esse índice é de 11,82% (RIO GRANDE DO SUL, 2018). O estado tem mais de 11 mil quilômetros de rodovias estaduais, entre as quais 67,7% se encontram pavimentadas; no entanto, entre as rodovias municipais, a pavimentação se resume a 699 km, que representam apenas 0,5% da extensão total cadastrada (RIO GRANDE DO SUL, 2018).

No que se refere aos investimentos em infraestrutura viária para a região Sul (rodovias e ferrovias), que deverão estar operacionais em 2025, o Plano Nacional de Logística - PNL 2025 prevê obras nas PR-487 (166 Km de construção), na RS-116 e nas SC-163/280/470 (429 Km de duplicação) (EPL, 2018).

No âmbito estadual, o Paraná vem implementando o Programa Estratégico de Infraestrutura e Logística de Transportes do Paraná, que é uma iniciativa da Secretaria Estadual de Infraestrutura e Logística em parceria com o BID (PARANÁ, 2018). O Programa tem o intuito de promover melhorias na integração rodo e ferroviária do estado e prevê o empréstimo de US\$ 235 milhões em repasses do BID e US\$ 200 milhões em contrapartidas do estado, para investimentos a serem executados entre 2017 e 2022. Essa parceria prevê investimentos em estudos e projetos de engenharia rodoviária, obras civis e supervisão de obras, apoio ao planejamento e logística, entre outros. Para 2020, o estado do Paraná programou a execução de 11 projetos, com extensão de 376 Km (US\$ 10 mi); 8 obras, com extensão de 33 Km (R\$45 mi); e dois estudos de viabilidade técnica e Ambiental (EVTEA) de ferrovias (1000 Km de Paranaguá-PR à Maracajú-MS, e 150 Km de ramal Cascavel-PR a Foz do Iguaçu-PR) (PARANÁ, 2018). Também, o estado prevê a expansão da malha rodoviária pavimentada em 25.6 Km (entre 2019 e 2021), com US\$ 3,8 financiados pelo BID e R\$ 172,7 mi financiados pelo Estado (PARANÁ, 2018).

No caso do estado de Santa Catarina, está prevista a ampliação e qualificação da infraestrutura (eixos logísticos, mobilidade urbana, saneamento, energia e comunicação). O estado tem como meta a ampliação da capacidade de atendimento dos modais de transporte de cargas e passageiros, com extensão de 547 Km em 2016, para 700 Km em 2024 e 800 Km em 2030 (SANTA CATARINA, 2018). O estado também pretende ampliar a qualidade das rodovias existentes por meio de programas de parcerias e concessões, a partir de investimentos em manutenção, conservação e em aumento da capacidade local de tráfego.

O Plano Estadual de Logística de Transportes do Rio Grande do Sul - PELTS-RS (RIO GRANDE

DO SUL, 2018), prevê até 2024, a duplicação de 366.5 Km de rodovias estaduais, com custo de implantação de R\$ 279,91 milhões.

3 AMPLIAÇÃO DA OFERTA ENERGÉTICA

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética – EPE do Ministério de Minas e Energia – MME, o Brasil mantém-se como referência internacional em recursos energéticos renováveis, tendo como desafio contínuo promover a expansão da matriz, garantindo segurança energética e atendendo aos objetivos de desenvolvimento sustentável acordados internacionalmente e à justiça tarifária (EPE, 2018).

De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2027, proposto pelo do Ministério de Minas e Energia (EPE, 2018), nas próximas décadas o setor energético terá que ser planejado para o futuro, tornando-o apto a incorporar novas tecnologias para aumentar a sua competitividade. Com a previsão de aumento de potência instalada em 1.509,4 MW, pela UHEs previstas para a região Sul até 2027, a parcela renovável da matriz energética atingirá 48% ao final do horizonte decenal (2027), ao passo que 86% da oferta de energia elétrica será oriunda de fontes renováveis.

Para suprir o crescimento da demanda por energéticos e ao mesmo tempo manter o caráter renovável da matriz, o Plano Decenal de Expansão de Energia 2027 (EPE, 2018), indica a necessidade de investimentos da ordem de R\$ 1,8 trilhão até 2027.

As expectativas de evolução da matriz de consumo de energia por fonte no decênio 2017-2027 mostram a manutenção da tendência de crescente eletrificação do País, que atinge um incremento médio anual de 3,7% (EPE, 2018); com maior projeção do consumo de eletricidade para a classe industrial, associado à expansão de consumo via autoprodução.

Na região Sul, de acordo com a 1ª Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional 2018-2022 (EPE/ONS/CCEE, 2018), o consumo de energia elétrica na rede SIN e Subsistemas deve aumentar de 87.187 GWh em 2018 para

100.578 GWh em 2022, o que representa um crescimento médio de 3,6% a.a. Atualmente, a Demanda Máxima Integrada do Subsistema Sul é de 17.488 MWh/h, mas tem previsão de atingir 20.174 MWh/h em 2022 (EPE/ONS/CCEE, 2018).

O estudo de expansão do parque de geração de energia elétrica, visando garantir abastecimento adequado para o crescimento da demanda de energia elétrica do sistema interligado do País, aponta que o Brasil dispõe de grande potencial energético (hidráulico, eólico, de biomassa e solar) (EPE, 2018); e que o aproveitamento hidrelétrico ainda representa um elemento importante de ampliação de oferta de energia elétrica no SIN, incluindo as usinas de pequeno porte (Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs e Centrais Geradoras Hidráulicas – CGHs), com um vasto elenco de empreendimentos ainda não aproveitados mas que apresentam flexibilidade operativa e de armazenamento no horizonte operativo de curto prazo.

Apesar disso, de acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia (EPE/ONS/CCEE, 2018) espera-se uma redução da contribuição do subsistema Sul nas cargas de energia no SIN de 8.372 para 15.768 MW médio, entre 2007 e 2027. Entretanto, as UHEs foram consideradas candidatas para a expansão da oferta até 2027 na região Sul, entre as quais podem ser destacadas, no Paraná, a UHE Apertados (com potência de 139 MW), UHE Ercilândia (com potência de 87MW) e UHE Telêmaco Borba (com potência de 118 MW) (todas com operação prevista para 2024), e a UHE Comissário (com potência de 140 MW e operação prevista para 2025). Além disso, de acordo com o Instituto Ambiental do Paraná, existem 44 processos de empreendimentos entre PCH e CGH no estado (IAP, 2018).

Numa previsão a longo prazo, as UHEs que devem operar na região Sul, após 2027, são: UHE Foz do Piquiri (com potência de 93,20MW), no Paraná; UHEs Foz do Xaxim e Saudade, em Santa Catarina, (com potência de 63,20MW e 61 MW respectivamente); e UHEs Itapiranga e Santo Antonio, no Rio Uruguai, fronteira entre Santa Catarina e Rio Grande do Sul (com potência de 724MW e 84MW respectivamente) (EPE, 2018).

A pesar da predominância de geração de energia por hidrelétricas, Santa Catarina também

tem produção relevante de energia a partir de biomassa e gás natural, sendo que a biomassa é consumida principalmente na região Oeste, enquanto o gás tem destaque nas regiões Norte e Sul do estado (SANTA CATARINA, 2018). De acordo com o Plano de Desenvolvimento de Santa Catarina, o estado pretende diversificar a atual matriz energética aumentando o percentual de energias renováveis (eólica, solar e bioenergias) de 4%, em 2016, para 5% em 2024 e 6% em 2030 (SANTA CATARINA, 2018).

4 MEIO AMBIENTE E DESASTRES NATURAIS

Abordaremos os desafios atuais e futuros para a Geologia de Engenharia e Ambiental no âmbito das perspectivas de incidência dos processos do meio físico classificados como desastres (CEPED/UFSC, 2013a), sendo estes: Enxurradas (inundações bruscas), Inundações; Movimentos de massa (Quedas, Tombamentos e Rolamentos, Deslizamentos, Corridas de Massa, Subsidências e Colapsos); e Erosão (Costeira/Marinha, de Margem Fluvial e Erosão Continental).

Na região Sul do Brasil os riscos de desastres naturais estão vinculados à ocupação de áreas naturalmente suscetíveis a processos de dinâmica superficial, como ocupação de planícies de inundação de grandes rios e ocupação de fundo de vales e de encostas suscetíveis à corrida de massa, e às alterações antrópicas no meio natural, que modificam a dinâmica natural da paisagem e potencializam a ocorrência de processos de dinâmica superficial. Entende-se que os desastres naturais são resultado da interação do meio natural e da (des) organização e (des) estruturação da sociedade no território, sendo que as consequências negativas estão, por vezes, mais associadas às formas de ocupação do que ao próprio processo desencadeador (Nunes, 2015).

Historicamente, a Região Sul do Brasil é marcada não somente pela ocorrência de grandes desastres, mas também pela frequência e variedade de eventos adversos e até pela ocorrência de fenômenos atípicos (como foi o caso do Furacão Catarina), sendo frequentemente afetada por escorregamentos, alagamentos, inundações bruscas

e graduais, estiagens, nevoeiros, vendavais, tornados e ressacas (CEPED/UFSC, 2013a).

Do ponto de vista climático, a Região Sul é marcada pela transição entre climas quentes de baixas latitudes e climas mesotérmicos das latitudes médias (Nimer, 1989). A variabilidade latitudinal e de relevo, a maritimidade/continentalidade e a atuação de variados sistemas tropicais e extratropicais de latitudes médias contribuem para que ocorram grandes contrastes de regimes de temperatura e precipitação (Grim, 2009). Entretanto, desde 1950 a região experimenta aumento na frequência de dias com chuvas intensas, assim como aumento na frequência de ondas de calor e de dias secos consecutivos, o que significaria chuva intensa concentrada em poucos dias com períodos secos e quentes entre eventos chuvosos (Magrin *et al.*, 2014).

Nos últimos anos, também foi registrado um aumento das enxurradas em todo o país, de 227 eventos/ano em média (entre 1991 e 2001), para 504 eventos/ano em média (entre 2002 e 2012); sendo que destes, 39% foram registradas na região Sul, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro (CEPED/UFSC, 2013a).

Entre 1991 e 2012, o Estado de Santa Catarina registrou 1.696 enxurradas severas caracterizadas como desastre, enquanto no Rio Grande do Sul o registro oficial foi de 1.006 eventos e no Paraná de 446 eventos (CEPED/UFSC, 2013b, 2013c, 2013d). Nesse período, 96% dos municípios catarinenses registraram pelo menos um desastre relacionado às enxurradas, sendo a mesorregião Vale do Itajaí a mais afetada, com 27% das enxurradas registradas no estado, seguida pelo Oeste Catarinense (com 22%) e pelo Sul Catarinense (com 19%) (CEPED/UFSC, 2013c). No caso do Rio Grande do Sul, as enxurradas do período de 1991 a 2012 atingiram 374 municípios, afetando 2.197.335 pessoas; sendo que 44% dos desastres ocorreram na mesorregião Noroeste (CEPED/UFSC, 2013d).

De acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, o Paraná registrou enxurradas acima da média anual entre 2009 a 2012 (20,36 enxurradas/ano) (CEPED/UFSC, 2013b), assim como o restante do país (CEPED/UFSC, 2013a).

No que se refere à população afetada por enxurradas, a região Sul teve o maior percentual de população afetada (33%), em relação à população

total dos estados, e o Estado de Santa Catarina apresentou o maior número de falecimentos (167) ocasionados por esses eventos (CEPED/UFSC, 2013a), como no município de Coronel Freitas, no Oeste Catarinense, com uma vítima fatal em 2015 (Figura 1).



Figura 1. Residência destruída por enxurrada, que também registrou uma vítima fatal, no município de Coronel Freitas (SC). Fotografia: Lamberty, D. 2015.

Na região Sul também são recorrentes os eventos de inundações nas bacias hidrográficas, como as dos rios Uruguai e Itajaí-açu, que atingem as populações urbanas e rurais instaladas sobre as planícies de inundação dos rios principais e seus

tributários. Destacam-se, também, o efeito provocado pelas inundações bruscas em pequenos córregos, condicionadas por alterações do meio físico nos canais de drenagem (como estrangulamentos, desvios, interrupções, aterros, entre outros), muitas vezes associadas ao avanço da ocupação sobre as margens.

Os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul registraram o maior número de inundações excepcionais (449 e 413 registros respectivamente) (CEPED/UFSC, 2013c; 2013d); seguidos, pelo estado do Paraná, com uma incidência consideravelmente inferior (158 registros de inundações excepcionais e 352.323 pessoas atingidas) (CEPED/UFSC, 2013b).

No Rio Grande do Sul, 42% dos municípios foram afetados pelas inundações excepcionais, que atingiram 802.640 pessoas (CEPED/UFSC, 2013d); enquanto que Santa Catarina teve 597.522 pessoas afetadas pelas inundações, sendo a mesorregião do Vale do Itajaí (Figura 2) a mais impactada, com 23% das ocorrências de desastres do estado (104 registros), seguida pelo Oeste Catarinense, com 21% (93 registros), e o Sul Catarinense, com 18% (80 registros) (CEPED/UFSC, 2013c; Franke & Sevegnani, 2009).



Figura 2. Inundação do Rio Itajaí do Oeste no município de Laurentino (Santa Catarina) em 2013. (Fotografia: Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Laurentino).

Os registros de movimentos de massa na região sul do Brasil representam 13% (95 notificações) da ocorrência nacional, em 54 municípios afetados (CEPED/UFSC, 2013b). Dentre eles, des-

tacam-se as corridas de massa das regiões serranas, como os desastres ocorridos no Sul de Santa Catarina, nos municípios de Timbé do Sul, Jacinto Machado e Siderópolis em 1995, Morro do Baú e

Vale do Itajaí, em novembro de 2008, Alto Vale do Itajaí (SC) em janeiro de 2011 (Figura 3) e em Morretes (PR) em março de 2011. Esses eventos tiveram elevado potencial destrutivo e foram de difícil predição, gerando elevado impacto ambiental, social e econômico.



Figura 3. Corrida de massa ocorrida no interior do município de Mirim Doce em janeiro de 2011. (Fotografia: Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Mirim Doce).

No Paraná, entre 1991 e 2012, foram registradas 52 ocorrências de movimentos de massa (dos quais 50 foram deslizamentos de solo e ou rocha), que atingiram 24.4606 pessoas de 19 municípios (CEPED/UFSC, 2013b). Em Santa Catarina, nesse mesmo período, foram registrados 36 desastres relacionados a movimentos de massa (33 deslizamentos de solo e/ou rocha e 3 corridas de solo/lama), com 21.225 pessoas afetadas em 19 municípios, a Mesorregião do Vale do Itajaí foi a mais impactada seguida pela Grande Florianópolis e o Norte Catarinense (CEPED/UFSC, 2013c).

O Estado do Rio Grande do Sul apresentou apenas 6 registros oficiais de desastres relacionados a movimentos de massa, (deslizamentos de solo e ou rocha), mas 6.697 pessoas foram afetadas, sendo que 5 desses eventos ocorreram na Mesorregião Metropolitana de Porto Alegre (CEPED/UFSC, 2013d).

Ao mesmo tempo, em 21 anos (de 1991 a 2012), os registros de ocorrência de desastre natural ocasionados por erosão, limitam-se a 13 em Santa Catarina (8 por erosão marinha/costeira, 3 por erosão fluvial e 2 por erosão continental por ravinas), a 1 no Rio Grande do Sul (por erosão de

margem fluvial), e a 21 no Paraná (18 por erosão continental-ravinas e 3 por erosão de margem fluvial) (CEPED/UFSC, 2013b, 2013c, 2013d). Estes eventos afetaram 3.548 pessoas em Santa Catarina, e 14.655 pessoas no Paraná.

As ravinas e, atualmente, voçorocas (Figura 4) observadas no Noroeste do Paraná estão relacionadas aos processos erosivos que ocorrem nos arenitos da Formação Caiuá, do Grupo Bauru, que originam solos arenosos com conteúdo de argilas inferiores a 15%, e com alta suscetibilidade à erosão (EMBRAPA, 1984). Além da propensão natural do solo ao desenvolvimento de processos de erosão hídrica, o padrão de ocupação dos lotes, desde os anos 1940 associado à remoção da cobertura vegetal nativa, ao manejo e o tipo de cultivo do solo nas áreas rurais, ao desenvolvimento de áreas urbanas sobre divisores de águas, à abertura de estradas sem adequado sistema de drenagem e o manejo inadequado do escoamento das águas pluviais, são importantes condicionantes antrópicas que aceleram o processo de erosão hídrica nessas zonas, criando condições favoráveis ao desenvolvimento de voçorocas, e por consequência à perda de solo produtivo e ao assoreamento dos corpos hídricos (Fidalski, 1997; Goulart & Santos, 2014; Souza, 2016).



Figura 4. Voçoroca em franco desenvolvimento no município de Loanda, noroeste do Paraná. Nota-se o impacto do manejo incorreto do solo no avanço da erosão. Fotografia: Lamberty, D. 2018.

Embora erosão costeira/marinha ocorra nos três estados do Sul, em Santa Catarina as ocorrências são mais significativas. O processo, que

ocorre naturalmente, se torna um problema social e econômico quando afeta as estruturas rígidas e fixas construídas nas zonas de praia, tais como casas ou muros, que invadem o ambiente naturalmente variável (Figura 5). As ocorrências de erosão marinha/costeira se destacam nos municípios de Garopaba, Florianópolis e Balneário Barra do Sul (CEPED/UFSC, 2013c).



Figura 5. (a) Medidas de contenção de erosão costeira em Garopaba (SC). (b) Processo erosivo colocando em risco residências na praia de Garopaba (SC). Fotografias: Mancuso, M.A. 2018

Os atuais índices de desastres podem ser agravados em decorrência de alterações climáticas, de acordo com previsões realizadas para a região Sul. Eventos com grandes volumes de precipitações pluviométricas deverão ocorrer com mais frequência no futuro, abarcando cada vez mais uma maior área geográfica da região. De acordo com os mapas de vulnerabilidade a desastres relacionados com inundações bruscas, enxurradas e alagamento para o período futuro de 2071-2100 (simulação de dois cenários) toda a região Sul do país sofrerá um aumento considerável da vulnerabilidade, muitas vezes ultrapassando 30% (Debortoli *et al.* 2016). Essas simulações indicam

a intensificação da vulnerabilidade de áreas que atualmente se enquadram nas classes de alta ou muito alta vulnerabilidade e que possuem histórico de recorrentes inundações, enxurradas ou alagamentos altamente impactantes para sociedade.

O incremento de vulnerabilidade aos desastres envolvendo Inundações indica que a região Sul do Brasil terá um incremento da vulnerabilidade a inundações entre 10 e 15% na maior parte dos estados, com zonas onde o incremento será superior a 20%, principalmente à sudoeste do Rio Grande do Sul, e na porção central e Sul do Paraná (Debortoli *et al.* 2016).

No que se refere aos índices de vulnerabilidade a movimentos de massa, as áreas prováveis para cenários recorrentes de desastre de deslizamentos são a parte central e sudeste do estado de Santa Catarina, na fronteira com o Rio Grande do Sul e a região oriental do Paraná, onde se prevê aumento positivos de vulnerabilidade entre 5 e 15% (cenários 2071-2100 em relação a 1961-1990) (DEBORTOLI *et al.* 2016). O estudo indica que, no Sul do país, encontram-se regiões com incrementos mais notórios (50%), passando da condição de “baixa” vulnerabilidade no período presente para “alta” no final do século.

Considerando os fortes indícios de que eventos pluviométricos extremos de magnitude incomum poderão se tornar mais frequentes e ainda mais severos no sul do Brasil, o estudo de “Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas” (Marengo & Scarano, 2016) destaca que toda a zona costeira da região Sul continuará apresentando alta a muito alta vulnerabilidade aos movimentos de massa indicando que as cidades costeiras que dependem do turismo podem ter dificuldades em se recuperar de um desastre natural, e isso pode diminuir o fluxo de turistas e afetar a infraestrutura hoteleira e de lazer por um longo prazo.

Diante dos cenários, o estado de Santa Catarina define no “Plano de Desenvolvimento para o cenário 2030” (SANTA CATARINA, 2018), objetivos para o desenvolvimento territorial sustentável, entre os quais está a necessidade de adoção de medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus efeitos, assim como proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, combater a desertificação, de

forma a reverter a degradação dos solos e parar a perda de biodiversidade. O estudo chama a atenção para a necessidade de implementação de medidas preventivas mais eficazes, alertando para o aumento da ocorrência de enxurradas nas últimas décadas.

Frente aos processos com potencial de desastres naturais que ocorrem no Sul do Brasil cabe à Geologia de Engenharia e Ambiental contribuir com o planejamento de cidades ambientalmente sustentáveis com capacidade de resistência e resiliência, assim como contribuir com o planejamento estratégico que inclua a avaliação do risco e a criação de instrumentos técnicos de gestão destes riscos de forma a atender as necessidades atuais e futuras dessas regiões. Ao mesmo tempo, há necessidade de uma efetiva utilização dos instrumentos de planejamento nas políticas públicas, assim como da capacitação técnica dos gestores e técnicos envolvidos. Cabe à geologia de engenharia e ambiental a identificação das áreas com potencial de desastres naturais e a sugestão de medidas estruturais e não estruturais, que possam minimizar a sua intensidade e frequência, permitindo às populações atingidas a convivência com o risco.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre os desafios e as demandas para a Geologia de Engenharia e Ambiental na região Sul destacam-se a necessidade de apoio técnico nas áreas da infraestrutura viária; da produção energética, considerando a demanda atual e futura no âmbito nacional e regional; e do meio ambiente, tendo em vista a situação atual e os cenários de mudanças climáticas que indicam aumento da vulnerabilidade para a ocorrência de desastres da região Sul do Brasil.

As perspectivas de atuação dos profissionais da área da Geologia de Engenharia e Ambiental, nos projetos de infraestrutura viária (rodovias e ferrovias), estão vinculadas ao planejamento estratégico dos governos federal e estadual. No âmbito federal, propõe-se construir 166 Km de rodovias e investir na duplicação de 429 Km até 2025. Os estados têm como meta a ampliação da capacidade de atendimento do modal de trans-

porte rodoviário com ampliação da rede de 547 Km (2016), para 800 Km em 2030 (SC) e a duplicação de 366,5 Km até 2024 (RS). O Paraná, por sua vez, prevê o empréstimo de US\$ 235 milhões em repasses do BID e US\$ 200 milhões em contrapartidas do estado, para investimentos em projetos, obras, e estudos de viabilidade técnica e ambiental a serem executados até 2022.

Também, há demandas importantes para a área da Geologia de Engenharia e Ambiental no atendimento às necessidades de expansão da oferta energética. Para a região Sul, o planejamento estratégico nacional prevê o aumento da produção por hidrelétricas em 484 MW até 2025, com a operação de 4 UHEs no Paraná e, no planejamento a logo prazo (após 2027), prevê a produção de mais 1.025 MW, a partir da operação de 5 UHEs (PR, SC e SC/RS). Além disso, está previsto o aumento de contribuição decorrente da construção e operação de novas PCHs e CGHs. Apesar da preocupação em diversificar a atual matriz energética aumentando o percentual de energias renováveis (eólica, solar e bioenergias) não se indicam fortes investimentos nesse sentido.

Destaca-se ainda, para a área da Geologia de Engenharia e Ambiental, os desafios técnicos frente aos processos com potencial de desastres naturais que ocorrem no Sul do país. Nos últimos anos, a região vem sofrendo com o aumento significativo do registro de enxurradas, por exemplo. Como agravante, cenários de mudanças climáticas preveem a intensificação da vulnerabilidade frente aos desastres relacionados com inundações bruscas, enxurradas e alagamentos, assim como para os movimentos de massa. As previsões indicam que áreas com cenários recorrentes de desastre de deslizamentos sofrerão com o aumento da vulnerabilidade, como é o caso do centro e sudeste de Santa Catarina e o leste do Paraná. A indicação do aumento de frequência de eventos pluviométricos extremos, também alerta para a elevada vulnerabilidade à ocorrência de desastres na zona costeira da região Sul do Brasil.

Desta forma, cabe à Geologia de Engenharia e Ambiental contribuir com o planejamento de cidades ambientalmente sustentáveis, com capacidade de resistência e resiliência, assim como contribuir com o planejamento estratégico que inclua a criação de instrumentos técnicos

que permitam atender as necessidades atuais e futuras dessas regiões.

AGRADECIMENTOS

Aos membros do Conselho Deliberativo, da Diretoria da ABGE-Núcleo Sul, da gestão 2016/2018: Alberto P. Fiori, Andrea V. Nummer, Eduardo C.B. Carvalho, Erik Wunder, Hermann Vargas, Juan Antonio A. Flores e Luiz A. Bressani.

REFERÊNCIAS

ANTT. Agência Nacional de Transporte Terrestre. 2018. Relatório Anual de Atividades 2018. Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT. 169p. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/backend/galeria/arquivos/2019/06/25/Relatorio_Anual_2018.pdf>. Acesso em 2018.

CEPED/UFSC – Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. 2013a. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012. Volume Brasil. Universidade Federal de Santa Catarina e Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre desastres, 2ª ed. revisada e ampliada – Florianópolis: CEPED UFSC. 126p. Disponível em <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/>>. Acesso em 2018.

CEPED/UFSC – Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. 2013b. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012. Volume Paraná. 2013b. Universidade Federal de Santa Catarina e Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre desastres, 2ª ed. revisada e ampliada – Florianópolis: CEPED UFSC. 160p. Disponível em <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/>>. Acesso em 2018.

CEPED/UFSC – Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. 2013c. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012. Volume Santa Catarina. Universidade Federal de Santa Catarina e Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre desastres, 2ª ed. revisada e ampliada –

Florianópolis: CEPED UFSC. 168p. Disponível em <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/>>. Acesso em 2018.

CEPED/UFSC – Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. 2013d. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012. Volume Rio Grande do Sul. Universidade Federal de Santa Catarina e Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre desastres, 2ª ed. revisada e ampliada – Florianópolis: CEPED UFSC. 184p. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/>>. Acesso em 2018.

Debortoli N.S.; Camarinha P.I.; Rodrigues R.R.; Marengo J. 2016. Índice de Vulnerabilidade aos Desastres Naturais no Brasil, no contexto das Mudanças Climáticas. In: Teixeira *et al.* (Org.). Modelagem Climática e Vulnerabilidades Setoriais a Mudança do Clima no Brasil. 1ed. Brasília: MCTI, vol 1. p. 321-386.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 2017. Relatório de Gestão Temático. Execução 2017. Diretoria Executiva do DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa – DPP. 11p. Disponível em <http://www.dnit.gov.br/aceso-a-informacao/relatorio-de-gestao/RELATORIO_DE_GESTAO__2018.pdf>. Acesso em 2018.

MBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1984. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Londrina: EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, v.1 v.2, 791p.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. 2018. Plano Decenal de Expansão de Energia 2027. Empresa de Pesquisa Energética – Ministério de Minas e Energia. Brasília: MME/EPE. 345p. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202027_aprovado_OFICIAL.pdf>. Acesso em 2018.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética; ONS – Operador Nacional de Sistema Elétrico;

- CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. 2018. Primeira Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional 2018-2022. Série Estudos da Demanda. Nota Técnica EPE DEA 011/18. Nota Técnica ONS 063/2018. Nota Técnica CCEE 0025/2018. Rio de Janeiro, 33p.
- EPL – Empresa de Planejamento e Logística S.A. 2018. Plano Nacional de Logística PNL – 2025. Relatório Executivo – Junho 2018. 140p. Disponível em: <<https://www.epl.gov.br/download-do-relatorio-executivo-do-pnl-ja-esta-disponivel>>. Acesso em 2018.
- Fidalski, J. 1997. Diagnóstico de Manejo e Conservação do Solo e da Água na Região Noroeste do Paraná. Revista UNIMAR, vol. 19, n.3, p.845-851.
- Franke B. & Sevegnani L. 2009. Desastre de 2008 no Vale do Itajaí: água, gente e política. Agência de Água do Vale do Itajaí, Blumenau.
- Goulart, A. & Santos, L. 2014. Evolução Temporal e Espacial das Paleovoçorocas Presentes no Município de Loanda/PR. Revista GEONORTE. Ed. Especial 4, vol. 10, n. 1, p.81-86.
- Grim, A. M. 2009. Clima da Região Sul do Brasil. In: Cavalcanti, N. J. *et al.* (Org.). Tempo e clima no Brasil. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos.
- IAP – Instituto Ambiental do Paraná. 2018. Estudos Ambientais Preliminares / Editais de entrada e abertura de prazos – 2010/2011. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/pagina-1463.html>>. Acesso em 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Censo Demográfico 2010. Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2010/inicial>> Acesso em 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Produto Interno Bruto – PIB. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>>. Acesso em 2018.
- Magrin, G.O.; Marengo, J.A.; Boulanger J.P.; Buckeridge, M.S.; Castellanos, E.; Poveda, G.; Scarano, F.R.; Vicuña, S. 2014. Central and South America. In: Barros *et al.* (eds). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. pp. 1499-1566.
- Nimer, E. 1989. Climatologia do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 421p.
- Nunes, L. H. 2015. Urbanização e Desastres Naturais – abrangência América do Sul. São Paulo: Oficina de Textos, 112p.
- PARANÁ. 2017. Sistema Rodoviário Estadual 2017. Governo do Estado do Paraná, Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística, Departamento de Estradas de Rodagem. Novembro/2017, 180p.
- PARANÁ. 2018. Programa Estratégico de Infraestrutura e Logística de Transportes do Paraná. Departamento de Estradas de Rodagem – DER. Paraná. Secretaria de Infraestrutura e Logística. Disponível em <<http://www.der.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=451>>. Acesso em 2018.
- Marengo, J.A. & Scarano, F.R. 2016. Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 184 p. Disponível em: <https://ppgoceano.paginas.ufsc.br/files/2017/06/Relatorio_DOIS_v1_04.06.17.pdf> Acesso em 2018.
- RIO GRANDE DO SUL. 2018. Plano Estadual de Logística de Transportes do Rio Grande do Sul – PELTS-RS. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Secretaria dos Transportes. 228p. Disponível em <<https://transportes.rs.gov.br/upload/arquivos/201903/01154133-relatorio-sintese-pelts-rs.pdf>>. Acesso em 2018.
- SANTA CATARINA. 2018. Plano de Desenvolvimento de Santa Catarina 2030. Plano SC 2030. Florianópolis, 2018. 181P. Disponível em: <<http://www.spq.sc.gov.br/>>

visualizar-biblioteca/acoes/plano-catarinense-de-desenvolvimento/1161-plano-sc-2030-10-julho-de-2018/file> Acesso em: 2018.

Souza. D.C. 2016. Contribuição hídrica das zonas urbanizada e agrícola do município de

Loanda/PR no surgimento e na evolução da Voçoroca Vila Vitória. Trabalho de Conclusão de Curso. Especialização em Análise Ambiental. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.