

A TRAGÉDIA DAS ENCHENTES DO RIO GRANDE DO SUL (RS) PODE SER CONSIDERADA UMA FALHA SISTÊMICA? UMA DISCUSSÃO TEÓRICA

CAN THE FLOOD TRAGEDY IN RIO GRANDE DO SUL (BRAZIL) BE CONSIDERED A SYSTEMIC FAILURE? A THEORETICAL DISCUSSION

Valdecir Babinski Júnior

Mestre em Design de Vestuário e Moda pela Universidade do Estado de Santa Catarina (Florianópolis/Brasil).
E-mail: vj.babinski@gmail.com

Olívia Marcon Borges

Graduada em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis/Brasil). Integrante do Laboratório de Sistemas Silvopastoris e restauração ecológica (LASSre) e associada à Sociedade Brasileira de Restauração Ecológica (Florianópolis/Brasil).
E-mail: oliviamarconborges@gmail.com

Sandro Luis Schlindwein

Doutor em Ciências Agrárias pela Universidade de Göttingen (Göttingen/Alemanha).
Professor titular da Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis/Brasil).
E-mail: sandro.schlindwein@ufsc.br

Recebido em: 3 de maio de 2025

Aprovado em: 7 de julho de 2025

Sistema de Avaliação: Double Blind Review

RPR | a. 22 | n. 2 | p. 134-156 | jul./dez. 2025

DOI: <https://doi.org/10.25112/rpr.v2.4085>

RESUMO

Entre 27 de abril e 7 de maio de 2024, o Rio Grande do Sul (RS) foi devastado por chuvas intensas que deixaram uma quantidade expressiva de pessoas desabrigadas e geraram incontáveis prejuízos. Diante desse cenário desastroso, o presente artigo tem como objetivo discutir como as enchentes que atingiram o estado podem ser entendidas como uma falha sistêmica. Para alcançar esse propósito, optou-se pelo desenvolvimento de uma pesquisa Básica, de natureza Descritiva e de caráter Bibliográfico. Vista como consequência de condições adversas e de uma série de outros eventos climáticos, a tragédia gaúcha apresenta algumas características que tornam possível considerá-la como uma falha sistêmica, tais como a presença de falhas subjacentes em sistemas circundantes que culminaram em uma catástrofe geral, a complexidade de fatores interconectados que tornaram custosa a tarefa de se encontrarem soluções em curto prazo, os problemas que emergiram das situações deflagradas e que se avolumaram às desordens em curso e a ausência de uma visão sistêmica que, possivelmente, teria sido útil para minimizar os impactos socioambientais dessa ocorrência, uma vez que há um histórico de acontecimentos similares nas regiões atingidas.

Palavras-chave: Rio Grande do Sul. Eventos Climáticos Extremos. Falha Sistêmica.

ABSTRACT

Between April 27 and May 7, 2024, Rio Grande do Sul (Brazil) was devastated by heavy rains that left a significant number of people homeless and caused countless losses. Given this disastrous scenario, this article aims to discuss how the floods that hit the Brazilian state can be understood as a systemic failure. In order to achieve this, we decided to carry out a basic, descriptive and bibliographic study. Seen as a consequence of adverse conditions and a series of other climatic events, the tragedy in Rio Grande do Sul has some characteristics that make it possible to understand it as a systemic failure, such as the presence of subjacent failures in surrounding systems that culminated in a general catastrophe, the complexity of interconnected factors that made the task of finding solutions in the short term costly, the problems that emerged from the situations that were triggered and that added to the ongoing disorder, and the lack of a systemic vision that could possibly have been useful in minimizing the socio-environmental impacts of this event, since there is a history of similar occurrences in the affected regions.

Keywords: Rio Grande do Sul. Extreme Weather Events. Systemic Failure.

1 INTRODUÇÃO

A ação antrópica tem modificado o clima do planeta de maneira irreversível. A título de exemplo, pode-se citar o aumento dos gases de efeito estufa na atmosfera, que tem amplificado a probabilidade de eventos climáticos extremos, e as altas temperaturas que se intensificaram ao longo dos últimos anos, em especial, em centros urbanos e áreas de alta industrialização. Do mesmo modo, tornaram-se frequentes períodos de seca prolongada e precipitações intensas, o que tem gerado cada vez mais danos à saúde humana, ao meio ambiente e à infraestrutura das cidades (Lee; Romero, 2023). A enchente que atingiu o Estado do Rio Grande do Sul (RS), entre 27 de abril e 7 de maio de 2024, ilustra o exposto e, até o momento, pode ser considerado o evento mais danoso registrado na história da região (Rocha; Reboita; Crespo, 2024).

Só na capital do estado, que já havia sido atingida por alagamentos em 1941, 1982 e 2023, as chuvas acumuladas elevaram o nível do Rio Guaíba em, aproximadamente, 4,78 metros. No pico da enchente, que ocorreu entre os dias 4 e 7 de maio de 2024, foram registrados 5,33 metros (RBSTV, 2024). Diante desse cenário, Neris *et al.* (2024, p. 1) comentam que: “[...] a média [mensal] histórica de chuvas na cidade de Porto Alegre, considerando os registros de 1991 a 2020, é de 112,8mm. No mês de maio de 2024 foram registrados cerca de 539,69mm na cidade, o que representa 478% da precipitação média mensal [...]”. A intensidade dos temporais somou-se à falta de vazão para a precipitação na bacia hidrográfica da região metropolitana. Estima-se que esse problema tenha sido ocasionado pela ocupação irregular de zonas ribeirinhas, pela alta urbanização e pela impermeabilização do solo que diminuíram a capacidade de escoamento da água. Outro problema que emergiu desse contexto foi o risco de serem contraídas doenças infecciosas, como a leptospirose¹, causada pelo contato com água ou solo contaminados com a urina de animais infectados nas regiões alagadas (Neris *et al.*, 2024).

Para Henkes e Henkes (2024), mais uma situação que contribuiu para agravar o quadro de destruição na capital sul-rio-grandense foi o acúmulo de resíduos sólidos. Entulhos, móveis, eletrodomésticos, itens pessoais e materiais de construção civil se amontoaram pelas ruas na medida em que as águas baixaram. Para os porto-alegrenses, os escombros se somaram ao lixo doméstico e aos detritos das tempestades que já haviam atingido a cidade entre setembro e novembro de 2023.

Além da capital, Henkes e Henkes (2024) destacam que as regiões mais castigadas foram: (I) Vale do Taquari; (II) Região Central; e (III) Vale dos Sinos. Conforme os autores, dados da Coordenadoria Estadual

¹ Para Neris *et al.* (2024), a leptospirose pode ser considerada uma zoonose provocada pelas bactérias do gênero *Leptospira spp.*

da Defesa Civil do Rio Grande do Sul (RS) lançados até o dia 26 de maio de 2024 mostraram que as chuvas causaram prejuízos em 467 dos 497 municípios do estado. No total, mais de 2,3 milhões de habitantes foram afetados de maneira direta, sendo que cerca de 582 mil pessoas ficaram desalojadas, 68,3 mil precisaram de abrigos, 169 perderam a vida na tragédia e 75 desapareceram. No campo, a destruição se estendeu por cerca de 3,2 milhões de hectares e afetou a produção de mais de 5 mil famílias. No setor de transformação, aproximadamente 47 mil fábricas pararam de funcionar e 813 mil trabalhadores tiveram suas atividades suspensas, temporária ou permanentemente.

Henkes e Henkes (2024) também apontam que a tragédia foi resultado de, ao menos, quatro condições adversas: (I) a permanência de uma frente fria sobre o estado; (II) uma onda de calor que se concentrou nas regiões Centro-Oeste e Sudeste e que impediu a dissipação dessa frente fria; (III) o deslocamento dos chamados “rios voadores” da Floresta Amazônica que espalharam umidade por diversos pontos do Brasil (BR); e (IV) a presença do fenômeno “El Niño”, que contribuiu para aumentar a umidade no estado a partir do aquecimento das águas oceânicas do Pacífico. Segundo os autores, embora existam pesquisadores que acreditam que o ocorrido tenha sido gerado por uma anomalia do clima ou que se tratou de um fenômeno isolado, não se pode negar que as atividades humanas exercidas sobre o meio ambiente também concorreram para esse cenário, haja vista sua interferência no ciclo hidrológico da Terra e, especialmente, no aumento da temperatura de mares e oceanos.

No entendimento de Unterstell (2024), a hecatombe climática que atingiu o estado até pode ser considerada um evento episódico, mas devido às mudanças nos padrões ambientais do planeta, acontecimentos como esse devem se tornar regulares em um futuro próximo. Na visão da jornalista, mesmo que desastres naturais sejam esperados por ambientalistas e climatologistas de tempos em tempos, esses fenômenos têm ocorrido com mais intensidade e frequência se comparados com aqueles de outrora. A duração desses desastres também tende a aumentar, pois as medidas tomadas para mitigar o aquecimento global têm apresentado falhas, apesar das abordagens baseadas em ecossistemas se mostrem eficazes na redução dos riscos de enchentes, a exemplo da Ecologia Urbana² (Oliveira; Santos,

² Entende-se por Ecologia Urbana, o estudo dos processos ambientais que ocorrem em áreas citadinas e que utilizam de abordagens metodológicas, socioecológicas e interdisciplinares para promover a conservação dos ecossistemas dentro das zonas urbanas (Oliveira; Santos, 2021; Lee; Romero, 2023).

2021; Lee; Romero, 2023) e da Restauração de Zonas Úmidas³ (Nações Unidas, 2021; Lee; Romero, 2023; Brasil, 2024a).

Do ponto de vista sistêmico, o acontecimento se assemelha a uma falha sistêmica. No entendimento de Garnett (2018), falhas sistêmicas podem ocorrer de maneira abrupta, quando a perturbação causada pela ação de agentes externos ou pela dinâmica interna atinge um ponto de inflexão irreparável e causa um salto repentino no comportamento de um dado sistema; ou de forma lenta e gradual, o que leva o sistema a se tornar progressivamente hostil e a alcançar um estado de histerese⁴.

Apoiados em Garnett (2018), Schlindwein e Ison (2019) explicam que, quando uma falha se inicia em uma parte do todo e se propaga para as demais, gera-se um fracasso global do sistema e, conseqüentemente, seu desaparecimento. Nessa situação, embora a falha possa ter sido iniciada por uma perturbação no meio, a disseminação do problema pode ser impulsionada pela própria dinâmica do sistema — o que gera uma reação em cadeia. Por outro lado, quando os danos provocados pela falha se restringem ao componente de origem, o sistema tende a dar início a um processo de adaptação para substituir ou excluir a parte defeituosa para que se possa conservar o todo.

Diante do exposto, o presente artigo tem como objetivo discutir como as enchentes que atingiram o Rio Grande do Sul (RS) podem ser entendidas como uma falha sistêmica. Para dar conta desse propósito, optou-se pelo desenvolvimento de uma pesquisa básica, de natureza descritiva e caráter bibliográfico. A lida com os achados teóricos seguiu uma abordagem qualitativa, tal qual preconizado por Gil (2008). Para a composição do corpo de conhecimento, o trabalho foi dividido em três partes, além da introdução: (I) uma fundamentação teórica que revisita, brevemente, algumas definições de sistema e falha sistêmica; (II) uma discussão acompanhada de representações gráficas; e (III) considerações finais que salientam a contribuição da pesquisa para o campo, suas limitações e oportunidades para futuros estudos. Assim, introduzido o assunto, a seguir, abordam-se alguns conceitos atrelados a sistemas.

³ A Restauração de Zonas Úmidas consiste em um conjunto de estratégias e iniciativas que visam fomentar ações em áreas de alagamento voltadas para a recuperação de suas condições originais. No cenário internacional, essas ações têm sido discutidas pela Convenção de Ramsar. No Brasil (BR), esses debates envolvem o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, que atua na conservação e no uso sustentável de áreas úmidas a partir do diálogo com instituições locais, estaduais, federais e entidades da sociedade civil (Nações Unidas, 2021; Lee; Romero, 2023; Brasil, 2024a).

⁴ A histerese pode ser compreendida como a capacidade de um sistema manter a deformação obtida a partir de um estímulo externo. Por ser irreversível, essa deformação tende a crescer, progressivamente (Garnett, 2018).

2 SISTEMAS E FALHAS SISTÊMICAS

Segundo Alves (2012), sistemas podem ser entendidos como agrupamentos de componentes interconectados que podem ser extraídos de um dado contexto por um observador, a partir de um propósito delimitado. Das relações que surgem entre esses componentes, emergem as propriedades do sistema que, por sua vez, distingue-se do ambiente em que se encontra por meio de fronteiras que são arbitradas pelo observador. Assim, as fronteiras funcionam como interfaces que permitem fluxos materiais e imateriais e delimitam o que faz parte do sistema como um todo e o que pertence ao meio externo (Ison, 2017).

Como um aparato complexo, (2003) acredita que um sistema possa ser compreendido como *unitas multiplex* (uma unidade inter, multi e transdisciplinar). Apoiado em Angyal (1941), o autor considera que a dicotomia entre o todo e as partes estabelece um viés de mão dupla na compreensão sistêmica, uma vez que, se observado o todo, pode-se entender o sistema como uma unidade com aspectos homogêneos; e que, se vistas as partes, o sistema pode ser percebido como uma coleção de unidades diversas com propriedades heterogêneas. Esse paradoxo permite que se chegue à ideia de um sistema como “[...] uma unidade individual, não indivisível: pode-se decompô-lo em elementos separados, mas então sua existência se decompõe [...]” (Morin, 2003, p. 135).

Com isso, Morin (2003) indica que, mesmo se justapostas, as partes do sistema não explicam o todo. Além dessa compreensão, o autor destaca outras três características presentes em um sistema: (I) a relação de organização entre as partes e das partes para com o todo; (II) a inteireza do sistema, visto como uma unidade global; e (III) as qualidades que emergem do todo organizado. De modo semelhante, Garnett (2018) entende um sistema como um conjunto de elementos que age como parte de um mecanismo, processo ou rede. Como exemplo, o autor cita o sistema financeiro, que resulta das diversas interações realizadas entre agentes de natureza econômica, tais como bancos e órgãos reguladores. Nesse contexto, “[...] a complexidade assume a forma da dificuldade (ou potencial impossibilidade) de prever como esse sistema se comportará observando apenas as interações (ou relações) das partes [...]” (Garnett, 2018, p. 685, tradução nossa⁵).

Para Garnett (2018), um sistema pode se tornar progressivamente complexo, a depender: (I) das interferências provocadas em sua estrutura por outros sistemas ou pelo meio em que se encontra; e (II) dos sistemas circundantes e subjacentes e de seus vínculos com o sistema de interesse. Outro fator que

⁵ No original: “[...] the complexity comes in the form of the difficulty (or potential impossibility) of predicting how that system will behave by looking at the interactions (or relationships) of parts alone [...]” (Garnett, 2018, p. 685).

aumenta a complexidade de um sistema está na presença de processos de retroalimentação. Meadows (2008) defende que quando um organismo apresenta um comportamento consistente ao longo do tempo, provavelmente, ele possui um mecanismo de controle em ação. Esse mecanismo indica a existência de um *feedback loop* (ciclo de retroalimentação, em livre tradução) no sistema observado. Para a autora, um *feedback loop* se forma a partir de alterações em uma dada unidade do sistema que pode modificar suas correntes de entrada e de saída, se ela observada em estados distintos.

Na visão de Anderson e Johnson (1997), *feedback loops* podem ser compreendidos como estruturas causais características de sistemas dinâmicos. Por apresentarem uma natureza cíclica, essas estruturas evidenciam o fluxo de informações e/ou matérias trocadas entre componentes, o que ajuda a revelar o comportamento das variáveis de um dado sistema. Por sua vez, esse fluxo pode apresentar certa estabilidade (no caso de *feedbacks* negativos), estar em expansão (quando se observam *feedbacks* positivos) ou oscilar entre ambos.

Embora essa oscilação possa ser vista enquanto parte de períodos de instabilidade, Anderson e Johnson (1997) explicam que um sistema exibe certa integralidade, a depender dos elementos que o constituem. No entendimento das autoras, esses elementos podem ser tanto físicos — como partes de um produto ou peça — quanto imateriais, tais como processos, relações e políticas. Em conjunto, esses elementos formam sistemas que podem ser do tipo natural, como os seres vivos e os ecossistemas; ou artificial, como carros e edifícios. Os sistemas naturais tendem a exibir um alto grau de complexidade, pois seus componentes possuem infinitas ligações entre si e com o meio circundante. Como exemplo, pode-se imaginar o impacto da extinção de uma espécie sobre o equilíbrio ambiental de uma dada pradaria. Já os sistemas artificiais criados pela humanidade (*human-made systems*, em inglês) têm propósitos definidos e um comportamento autônomo⁶ que permite controlar suas trocas com o ambiente. Para exemplificar o exposto, pode-se pensar em um acidente de trânsito que, embora cause perturbações para a mobilidade urbana, não altera a natureza dos veículos e, tampouco, produz mudanças permanentes na trafegabilidade.

Todavia, mesmo que possam ser programados, os sistemas artificiais podem apresentar falhas, tal como os sistemas naturais. Para Ison (2017), de um ponto de vista organizacional, as falhas sistêmicas surgem quando as pessoas responsáveis por tomar decisões deixam de pensar e de agir sistemicamente. Isso pode ocorrer por diversas razões: desde a priorização de metas no lugar da coletividade até a

⁶ Apesar de apresentarem um grau de autonomia elevado, Anderson e Johnson (1997) afirmam que os sistemas *human-made* ainda estão intrinsecamente relacionados com os sistemas naturais. Para exemplificar, as autoras citam que falhas mecânicas podem gerar perturbações sociais.

fixação de uma cultura de trabalho que impõe um tratamento impessoal desconsiderando os efeitos colaterais de ações generalistas. A falta de sensibilidade para entender a dinâmica do entorno e das relações interpessoais, o estabelecimento de mecanismos de monitoramento e de policiamento autoconservadores, a adoção de uma forma de pensamento orientada exclusivamente por objetivos (*goal-oriented thinking*, em inglês) e a supressão de iniciativas que visam investigar irregularidades e anomalias contribuem para agravar essas situações. Não sem motivo, o autor chama a atenção para o fato de que:

[...] Quando a explicação da “falha sistêmica” não é acompanhada de um compromisso e de uma abertura para a investigação das circunstâncias do “fracasso”, então ocorre uma abdicação da responsabilidade. A responsabilidade é negada quando as pessoas envolvidas não estão abertas à aprendizagem e à mudança [...] (Ison, 2017, p. 226, tradução nossa⁷).

Ao negar sua responsabilidade sobre a falha, os sujeitos envolvidos na situação podem levar o sistema ao colapso. Caso esses tomadores de decisão não estejam cientes da necessidade de se revisar o problema à medida que as circunstâncias evoluem, para pior ou para melhor, então, o percurso até a extinção do sistema tende a ser rápido. Essa velocidade aumenta se, adicionalmente, surgir um efeito cascata — o que faz com que a degradação do sistema ocorra em diferentes camadas e se alastre para os sistemas circundantes, gerando uma reação em cadeia irrefreável (Ison, 2017). Por conta disso, Garnett (2018) afirma que uma falha não pode ser entendida como uma mera mudança de estado em um dado sistema: trata-se da perda global ou parcial do comportamento do todo ou de uma de suas partes. Isso permite entender que a falha sistêmica não deve ser considerada uma excepcionalidade, apesar de ocorrer com frequência. Como Schlindwein e Ison (2019, p. 120, tradução nossa⁸) comentam:

As falhas sistêmicas são relativamente comuns. Elas acontecem o tempo todo e podem ocorrer em uma ampla gama de situações práticas, tanto no setor público quanto no setor privado, com diferentes intensidades e níveis distintos de gravidade [...] pode-se presumir que sempre que um sistema não estiver produzindo os resultados esperados

⁷ No original: “[...] *when the explanation ‘systemic failure’ is not accompanied by a commitment and openness to inquiry into the circumstances of the ‘failure’ then an abrogation of responsibility occurs. Responsibility is denied when those involved are not open to learning and change [...]*” (Ison, 2017, p. 226).

⁸ No original: “*systemic failures are relatively common. They happen all the time and may occur under a wide range of practice situations, in the public and in the private sector, with different intensities and distinct levels of severity [...] it can be assumed that whenever a system is not producing the expected or desired outcomes — the results of what it does — then some form of failure is occurring. After all, if the system is not doing what is supposed to do — when it is not fulfilling its purpose — it is failing [...]*” (Schlindwein; Ison, 2019, p. 120).

ou desejados — os resultados do que ele faz —, alguma forma de falha estará ocorrendo. Afinal, se o sistema não está fazendo o que deveria fazer — quando não está cumprindo seu propósito — ele está falhando [...].

Adicionalmente, Schlindwein e Ison (2019, p. 120, tradução nossa⁹) afirmam que “[...] a falha sistêmica é comum em sistemas altamente interligados e é, na sua maioria, imprevisível. Por isso, é importante compreender as circunstâncias em que ocorre para desenvolver mecanismos de governança que possam ajudar a prevenir a sua ocorrência [...]”. Com isso, os autores sugerem que sejam criados dispositivos para que se evitem falhas¹⁰ e que, caso elas aconteçam, seus impactos sejam comedidos, seus efeitos sejam controláveis e suas consequências estejam dentro do previsto, na medida do possível.

Garnett (2018) acredita que determinar em que momento um sistema irá falhar consiste em uma tarefa hercúlea, pois os limites da irreversibilidade podem ser desconhecidos em algumas escalas. Para o autor, no tempo presente, não há ferramentas que sejam plenamente capazes de elucidar quando e como um dado sistema irá falir, pois cada um reage de uma forma diferente às mudanças provocadas por agentes externos e/ou internos. Tampouco existem formas de intervenção humana que consigam produzir alterações precisas e respostas intencionais, exclusivamente. Para superar essa lacuna, o autor sugere o uso de mapas de redes complexas como um método intuitivo para descortinar as ligações entre as partes do sistema, suas propriedades emergentes e seus fluxos de informação.

Com o mapeamento dessas relações em mãos, Garnett (2018) argumenta que podem ser vislumbradas as áreas que apresentam um comportamento preocupante ou com potencial para o fracasso. O autor advoga que, em geral, essas áreas tendem a apresentar uma dependência estrutural significativa que as fragiliza. Portanto, torna-se premente monitorar a saúde do sistema e sua estrutura topológica para mobilizar respostas coordenadas quando ocorrerem falhas pontuais ou globais. Embora todos os atores do sistema sejam responsáveis por essa tarefa, entende-se que é atribuição de um agente centralizador (como o Estado) identificar a situação-problema, sua abrangência, suas partes e seu grau de complexidade.

Ao analisar a greve dos caminhoneiros brasileiros de maio de 2018 como uma falha sistêmica, Schlindwein e Ison (2019) sugerem que a ineficiência do Estado como agente centralizador diante de situações de calamidade pública foi resultado do uso de políticas insuficientes, unidirecionais e

⁹ No original: “[...] *systemic failure is common in highly interconnected systems, and it is mostly unpredictable. So it is important to understand the circumstances in which it happens to develop governance mechanisms that may help prevent its occurrence [...]*” (Schlindwein; Ison, 2019, p. 120).

¹⁰ Schlindwein e Ison (2019) admitem que as falhas sistêmicas não podem ser completamente evitadas pelos tomadores de decisão, embora seus efeitos possam ser dimensionados com antecedência.

fragmentadas, que não se sustentavam em longo prazo. Conforme os autores, para que se evite repetir o mesmo problema, faz-se necessário que os tomadores de decisão da esfera pública adotem conceitos cibernéticos e sistêmicos, tais como circularidade, variedade e acoplamento estrutural, a fim de criar um planejamento integrado para o enfrentamento das possíveis crises econômicas, ambientais e sociais que podem vir a surgir durante suas respectivas gestões.

Assim, pode-se dizer que falhas sistêmicas consistem em eventos perturbadores que provocam mudanças expressivas em sistemas que se encontram altamente interconectados. Ainda que aconteçam com certa regularidade, essas falhas dificilmente podem ser previstas por completo e, uma vez iniciadas, podem gerar alterações críticas nas estruturas de sistemas fortemente acoplados. Se não forem controladas, essas perturbações podem levar o sistema ao colapso. Por essa razão, faz-se importante entender as circunstâncias que resultaram nas falhas observadas no passado e traçar estratégias de governança para conter seus efeitos quando elas voltarem a ocorrer, no futuro. Logo, apresentada a fundamentação teórica do artigo, procede-se para a metodologia.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para alcançar o propósito do presente trabalho, adotou-se como método científico o pensamento indutivo. Isso permitiu a extrapolação de cenários e a elaboração de generalizações ao final dos achados teóricos. Nesse percurso, para a construção do corpo de conhecimento, foram estabelecidas três etapas: (I) revisão bibliográfica; (II) confecção de representações gráficas; e (III) discussão. Para a primeira, foi adotada uma postura epistemológica interpretativista a partir de uma seleção de obras escolhidas por conveniência. Isso implica dizer que não foram definidos critérios de inclusão ou exclusão de autores. Depois de escolhidas as fontes, procedeu-se a uma revisão narrativa e assistemática da literatura científica, sendo seus achados tratados de maneira qualitativa.

Findada a fundamentação teórica, passou-se à construção das figuras. Para isso, foram selecionadas duas ferramentas sistêmicas: (I) Figura Rica; e (II) Diagrama de Causalidade. Para Lane (2002), Figuras Ricas devem ser utilizadas para identificar visualmente o tema central de uma determinada situação-problema. Em geral, trata-se de representar os elementos presentes em uma dada conjuntura, assim como suas interações e influências, sem que sejam impostas barreiras ou proibições. Para isso, evita-se setorizar as informações dispostas nas figuras e privilegia-se a inclusão de todos os componentes relevantes diante da problemática observada. Cabe salientar, ainda, que essas figuras também abarcam aspectos abstratos e questões subjetivas, tais como pontos de vista e características culturais.

Já os Diagramas de Causalidade — também denominados de *Causal Loop Diagram* (CLD) — podem ser utilizados para expressar a complexidade de situações-problemas. Ao se considerar apenas a dinâmica entre um número limitado de variáveis, essas representações gráficas tornam evidentes as relações de causa e efeito entre os elementos de um sistema hipotético. Por essa razão, Schlindwein e Ison (2019, p. 121, tradução nossa¹¹) afirmam que “[...] esses diagramas revelam estruturas sistêmicas, mostrando como as partes de um sistema, que estão separadas por local ou tempo, podem interagir para gerar problemas (como falhas sistêmicas) [...]”. Com base nisso, podem ser geradas alternativas para solucionar as questões particulares que envolvem a situação-problema, sem perder de vista a forma como as partes do sistema observado interagem entre si.

Nesse sentido, Anderson e Johnson (1997) sustentam que os CLDs podem ser constituídos de variáveis conectadas umas às outras por meio de setas indicativas. Em geral, essas ligações assumem a forma de circuitos fechados que apresentam *feedback loops*, conforme explicado pelas autoras e por Meadows (2008), anteriormente. As setas também podem ser acompanhadas de informações adicionais, tais como as letras “S” (indicativo de *Same*, usado para quando as variáveis se mantêm na mesma direção) e “O” (indicativo de *Opposite*, utilizado para quando as variáveis possuem um comportamento divergente) ou os sinais de positivo e negativo (que possuem as mesmas funções de “S” e “O”, respectivamente).

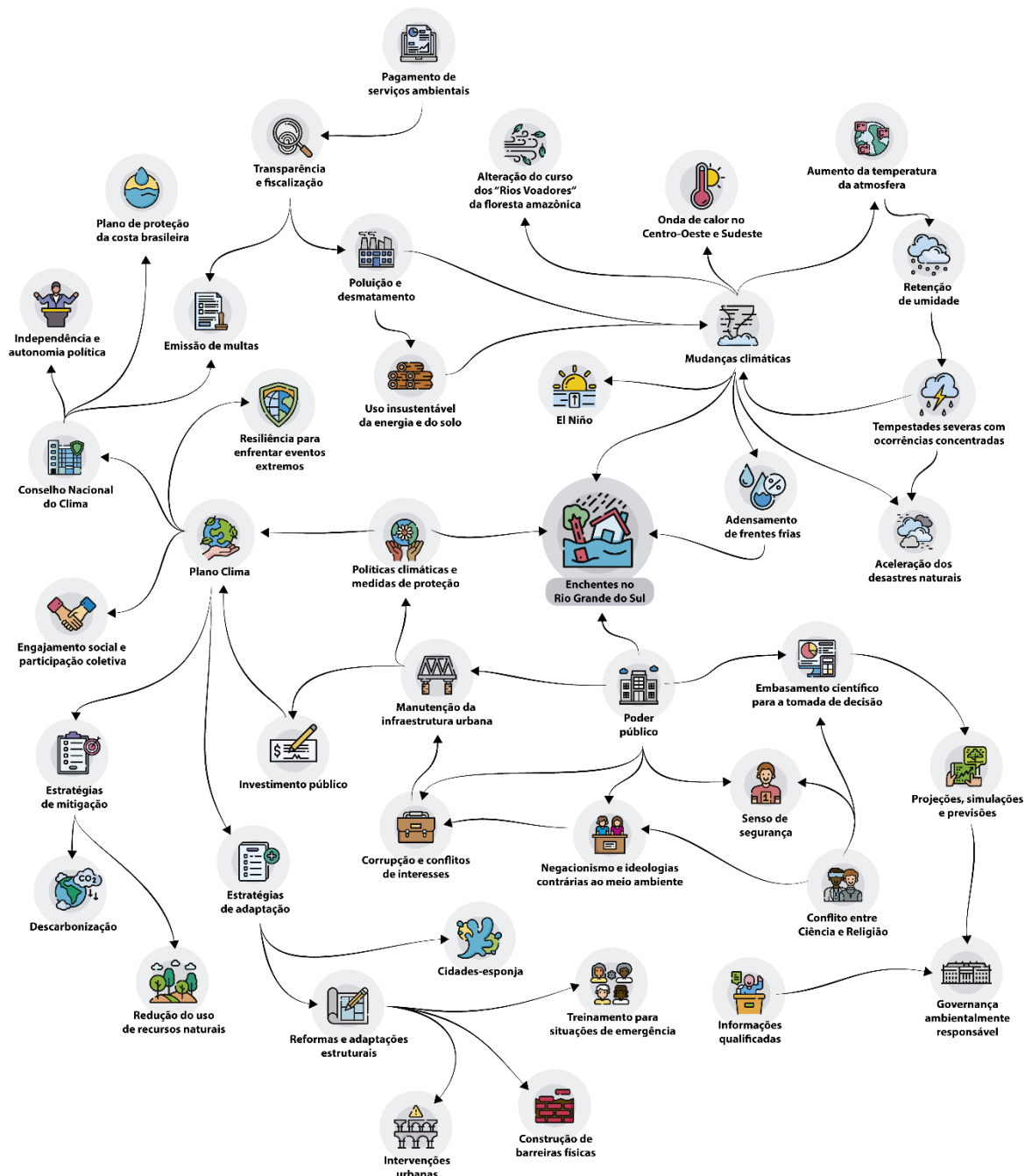
No caso deste trabalho, para a elaboração da Figura Rica, empregou-se como ponto de partida o texto de Unterstell (2024). Trata-se de uma matéria de jornal publicada na Folha de S. Paulo® em 1º de junho de 2024. Depois de um exame minucioso da notícia, produziu-se uma lista de expressões para sintetizar as ideias apresentadas pela autora. Com base na listagem, foram esboçadas as relações entre os elementos identificados. Depois de discutidas, essas interações foram refinadas e usadas para formar a Figura Rica pretendida. Em seguida, foi construído o diagrama com as variáveis definidas e suas relações. Para isso, foram considerados *loops* de reforço e de balanço (identificados por “R” e “B”). Por fim, a figura e o diagrama foram debatidos à luz dos achados teóricos e complementados por ensinamentos que podem vir a ser importantes quando novas falhas sistêmicas forem deflagradas. Logo, os resultados e a discussão encontram-se expostos no próximo tópico deste trabalho.

¹¹ No original: “[...] these diagrams uncover systemic structures, showing how parts of a system that are separated by location or time might interact to generate problems (such as systemic failures)[...]” (Schlindwein; Ison, 2019, p. 121).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura Rica (Figura 1) retrata os atores e as conexões entre os elementos envolvidos na tragédia do Rio Grande do Sul (RS). Por meio dessa representação gráfica, buscou-se evidenciar a situação-problema. Nesse processo, foram considerados os fatores que culminaram no evento e os componentes que se somaram e geraram uma reação em cadeia — característica de falhas sistêmicas — que resultou nas enchentes, tais como as condições climáticas que ocorreram simultaneamente. Além disso, foram relacionadas questões de ordem subjetiva que atuaram de forma indireta na catástrofe, a exemplo do conflito entre Ciência e Religião e do negacionismo climático, que contribuíram para invisibilizar a importância de se investir em estratégias de prevenção a desastres ambientais. Ademais, a imagem permitiu conectar elementos centrais na situação-problema que, para os autores consultados, perfizeram desde a ausência de políticas públicas assertivas e a desconfiança nas projeções embasadas por comitês técnicos e científicos até o descrédito coletivo sobre o aquecimento global e a falta de capacitações para operadores do setor público lidarem com situações de emergência (Henkes; Henkes, 2024; Neris *et al.*, 2024; Rocha; Reboita; Crespo, 2024; Unterstell, 2024).

Figura 1 — Figura Rica da situação-problema observada



Fonte: elaborada pelos autores (2025).

A partir da Figura Rica (Figura 1), pode-se entender a situação-problema implicada nas enchentes de 2024. De uma perspectiva sistêmica, a catástrofe que atingiu o Rio Grande do Sul (RS) pode ser vislumbrada como resultado da intersecção entre uma série de problemas ambientais e a falta de políticas públicas voltadas para a preservação de áreas de risco. Por um lado, a retenção de umidade no ar, o adensamento de frentes frias, a intensificação de tempestades severas e a mudança no curso dos ventos foram fenômenos naturais potencializados pelo aquecimento global que resultaram em uma combinação desastrosa. Esses fenômenos não seriam tão prejudiciais se a alta industrialização das zonas metropolitanas, o uso insustentável do solo, a exploração de recursos naturais e o desmatamento desenfreado de regiões florestais fossem controlados (Henkes; Henkes, 2024; Neris *et al.*, 2024; Rocha; Reboita; Crespo, 2024; Unterstell, 2024).

Por outro lado, a ausência de uma governança ambientalmente responsável e de uma gestão eficiente de águas pluviais agravaram a situação do estado. Somam-se a isso alertas climáticos que foram negligenciados, medidas de proteção adequadas que não entraram em vigor em tempo hábil e a falta de adesão do poder público ao Plano Clima. Vale explicar que o Plano Clima — oficialmente denominado de Plano Nacional sobre Mudança do Clima — visa estabelecer uma política climática brasileira que deve ser adotada até 2035. Resultado de uma pressão estrangeira sobre o governo federal no começo dos anos 2000, o documento foi elaborado pelo Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM), sendo apresentado à sociedade em dezembro de 2008 e, posteriormente, utilizado como base para a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 (Brasil, 2024b).

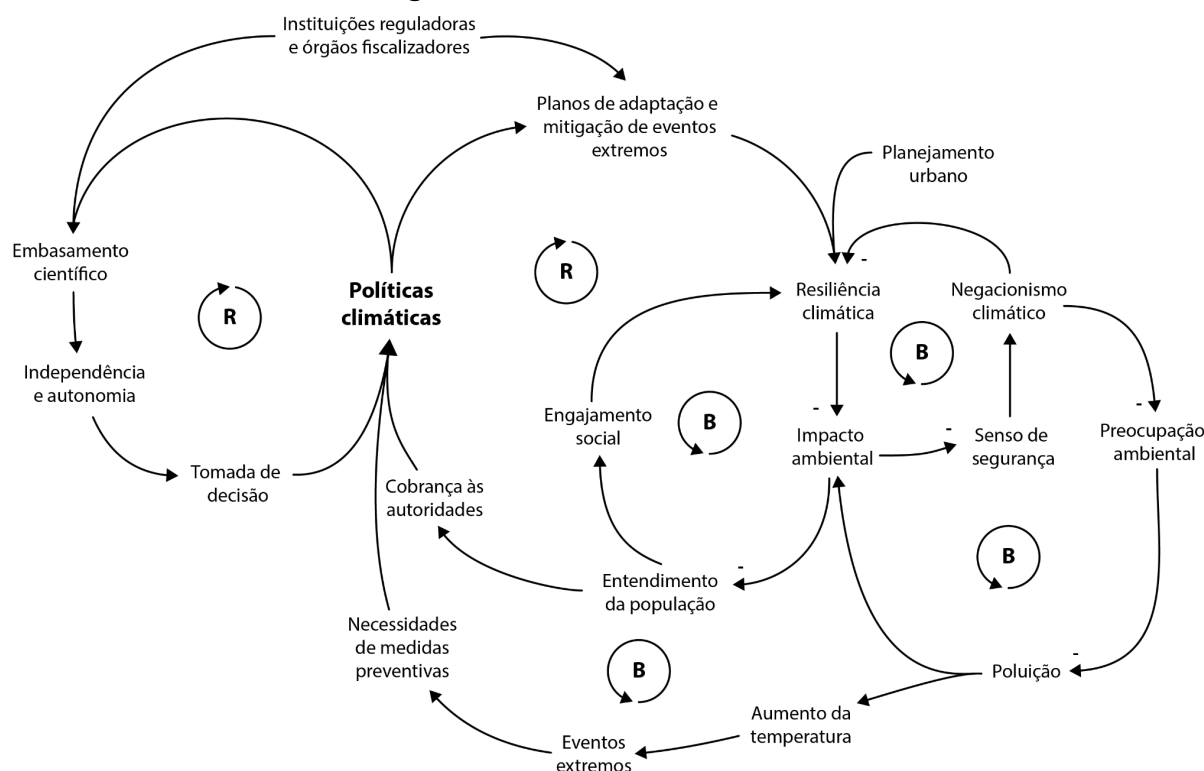
Segundo o endereço eletrônico do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, o plano possui dois pilares fundamentais: (I) estratégia nacional de mitigação; e (II) estratégia nacional de adaptação. O aparato ainda contempla orientações sobre governança multinível e multissetorial, e direcionamentos para zonas costeiras e oceânicas (Brasil, 2024b). Apesar de conter essa estrutura, o Plano Clima não foi utilizado para estipular estratégias de mitigação e de adaptação frente aos efeitos da tragédia. O somatório desses elementos falhos não poderia ser outro senão o colapso que irrompeu no final de abril de 2024 e que se prolongou pelos meses seguintes (Henkes; Henkes, 2024; Neris *et al.*, 2024; Rocha; Reboita; Crespo, 2024; Unterstell, 2024).

Dada essa sequência de falhas, o povo sul-rio-grandense se viu fragilizado diante desse e de outros eventos extremos que ainda podem vir a afetar a infraestrutura urbana e a segurança de populações vulneráveis. No entanto, houve um engajamento social e uma participação coletiva na reestruturação das áreas atingidas e na captação de donativos. As Forças Armadas e a iniciativa privada, junto com

voluntários vindos de todo o Brasil (BR), empenharam-se de maneira sobrenatural para ajudar as pessoas desabrigadas, feridas e isoladas. Mas, embora a resposta emergencial tenha sido bem-sucedida em alguns aspectos, a falta de planejamento mostrou as limitações do poder público frente a problemas de grande magnitude. Para enfrentar futuras crises ambientais, faz-se importante que o governo estabeleça políticas climáticas eficientes que possam conter planos de contingenciamento coesos e velozes. Outro caminho promissor para reduzir novos riscos está na criação de cidades-esponjas ou áreas de permeabilidade que permitam absorver o excesso de água proveniente de chuvas intensas (Oliveira; Santos, 2021; Lee; Romero, 2023).

Uma vez compreendida a situação-problema, pode-se passar para o CLD (Figura 2). Para a construção da figura, extraíram-se temas da matéria de jornal publicada por Unterstell (2024) na Folha de S. Paulo®. A partir dos temas, elegeram-se cinco assuntos relevantes diante da problemática examinada: (I) políticas públicas; (II) embasamento científico; (III) fatores climáticos; (IV) sustentabilidade; e (V) conscientização da população. Em seguida, para refinar o debate, estipulou-se uma pauta norteadora que pudesse contemplar todos os assuntos, o que resultou em “Políticas climáticas”.

Figura 2 — CLD do sistema observado



Fonte: elaborada pelos autores (2025).

A figura 2 apresenta o sistema observado a partir das políticas climáticas envolvidas na situação-problema. Essas políticas deveriam ter sido regidas e asseguradas por instituições reguladoras e órgãos fiscalizadores que, de outra maneira, poderiam ter colocado em prática planos de adaptação e de mitigação para eventos extremos, tal como o Plano Clima (Brasil, 2024b). Essas mesmas políticas deveriam ser embasadas em pesquisas científicas e informações qualificadas, além de serem conduzidas de maneira independente e autônoma para que pudessem sustentar decisões assertivas sobre as mudanças climáticas que envolviam e continuam a envolver as regiões de risco do estado sul-rio-grandense. Com base nisso, as políticas poderiam ter contribuído para aumentar a resiliência climática que tem sido afetada pela falta de planejamento urbano e pelo negacionismo¹².

Considerando que sejam tomadas providências para o futuro, pode-se observar que a figura 2 revela que, quanto mais resiliência climática o sistema apresentar, menos impactos ambientais serão produzidos, o que poderá gerar um maior senso de segurança. Caso seja negligenciada a urgência de se tornarem as regiões resilientes, o descaso com a problemática ambiental continuará a fortalecer as ideologias contrárias aos interesses planetários e diminuirá a preocupação com o entorno — o que, consequentemente, levará os cidadãos a poluírem ainda mais a natureza. Como visto anteriormente, com essa poluição crescente, haverá um aumento da temperatura sobre algumas áreas do planeta, o que criará condições propícias para o surgimento de mais desastres ambientais e, em contrapartida, requisitará cada vez mais medidas preventivas. No entanto, se o entendimento da população acerca dos eventos extremos for estimulado e mudar, nos próximos anos, a cobrança sobre as autoridades e lideranças aumentará e, dessa forma, poder-se-á pressionar o poder público para que sejam adotadas políticas climáticas eficientes.

No âmbito da tragédia gaúcha, pode-se notar que as falhas que ocorreram em cada um desses pontos levaram a um desastre de proporções assustadoras. A falta de preparo do Estado para lidar com as mudanças climáticas, a ausência de planejamento para as cidades e áreas ribeirinhas, a escassez de estratégias de governança para reduzir os impactos ambientais e o desprezo pelas previsões feitas por ambientalistas, cientistas e técnicos foram catalisadores que produziram uma sequência de falhas catastróficas. Unterstell (2024) reforça o exposto ao afirmar que, no caso de algumas cidades sul-rio-grandenses que foram atingidas pelas enchentes, especialistas haviam informado aos líderes políticos com certa antecendência que suas projeções apontavam para problemas estruturais diante de

¹² No entendimento de Unterstell (2024), quanto maior for a sensação de segurança experienciada pela população e por seus líderes políticos, maiores são as chances de se instaurar dispositivos negacionistas. Em geral, esses dispositivos têm como objetivo distorcer e desacreditar os efeitos das mudanças climáticas.

eminentes desordens ambientais. Isso implica dizer que o ocorrido não pode ser considerado totalmente imprevisto, pois havia alertas sobre o destino dos locais que seriam afetados caso houvesse mudanças severas no clima de determinadas regiões, além de um histórico de eventos que mostravam o alcance de acontecimentos similares no passado.

Cabe ressaltar que, essa regularidade foi destacada por Schlindwein e Ison (2019) como uma característica das falhas sistêmicas. Outro aspecto dessas falhas, que se alinha ao fato observado, está na forma como a tragédia se alastrou pelas cidades do estado e as diversas perturbações de ordem socioambiental produzidas como consequência. Para Anderson e Johnson (1997), esse comportamento pode ser entendido como típico de sistemas naturais e *human-made* que se encontram altamente interconectados. Essa interdependência faz com que, diante de situações-problema, haja um elevado grau de complexidade entre as partes e as totalidades envolvidas. Como sustentado por Ison (2017), isto demanda ações coordenadas em diferentes frentes para cessar as reações em cadeia que podem levar o sistema ao colapso completo.

Assim, pode-se dizer que o desastre ambiental que ocorreu no estado sul-rio-grandense pode ser considerado uma falha sistêmica na medida em que resulta de ações desencadeadas por uma sequência de outras falhas em sistemas subjacentes, como os sistemas de infraestrutura urbana das cidades atingidas, os sistemas de escoamento de chuvas e os sistemas de prevenção a mudanças climáticas. Tal qual postulado por Ison (2017), torna-se fundamental extrair aprendizados sobre essa falha sistêmica para que se possa mitigar os danos causados por novas desordens e controlá-las, caso sejam inevitáveis, quando ocorrerem em um futuro próximo. A partir dessa orientação, a seguir, apresentam-se alguns ensinamentos que podem ser úteis, caso a falha sistêmica observada em 2024 volte a se repetir.

4.1 ENSINAMENTOS PARA SITUAÇÕES FUTURAS

Ainda que a tragédia que assolou o Rio Grande do Sul (RS) possa ser considerada um evento pontual, há indícios de que esses fenômenos extremos se tornarão mais regulares nos próximos anos devido às mudanças climáticas provocadas pela ação antrópica. Nesse sentido, Henkes e Henkes (2024) mencionam que, em um cenário futuro, pode haver múltiplas cheias acontecendo, simultaneamente, em diferentes estados brasileiros, além de diversos outros eventos de desordem ambiental. Para minimizar o impacto desses acontecimentos que estão por vir, os autores afirmam que, “[...] além das medidas para frear o aquecimento do planeta, será necessário pensar em planos de resiliência climática — ou seja, como adaptar moradias, bairros e cidades inteiras a eventos como secas, inundações, ondas de calor, entre outros [...]” (Henkes; Henkes, 2024, p. 202).

Assim como Henkes e Henkes (2024), Unterstell (2024) acredita que urge a necessidade de serem criadas políticas climáticas assertivas para as cidades brasileiras. A jornalista sustenta que se faz preciso adotar o Plano Clima e suas estratégias de mitigação e de adaptação — voltadas para a descarbonização da atividade manufatureira e para a redução do uso de recursos naturais — que, por sua vez, podem ser usadas para transformar áreas menos propícias a sofrer danos em eventos extremos em locais seguros e resistentes a mudanças climáticas abruptas. Nesse percurso, faz-se essencial adaptar os recursos e as infraestruturas já existentes nas áreas sujeitas a inundações, tais como construções em lugares elevados (Brasil, 2024b). No entanto, Unterstell (2024, p. 6) adverte que “[...] políticas climáticas não podem ser meros exercícios burocráticos, desconectados das realidades vividas pelas pessoas”. Isso implica dizer que essas políticas devem levar em conta o desejo dos munícipes, sua cultura, sua tradição e suas fontes de renda.

Além de serem adaptáveis à realidade das cidades, dos bairros e das comunidades que se encontram em zonas propensas a desastres ambientais, as políticas climáticas devem considerar cenários de médio e longo prazo. Conforme destacado por Neris *et al.* (2024, p. 6), “é de extrema importância que medidas de vigilância e prevenção sejam adotadas não somente em períodos chuvosos, mas ao longo de todo o ano de forma a mitigar as consequências de eventos climáticos extremos [...]”. Para que isso ocorra, faz-se urgente a adoção de uma abordagem voltada para a governança eficiente — que deve ser vista como uma tarefa coletiva, não apenas institucional. Se essa abordagem estiver baseada em fontes científicas com informações qualificadas, no diálogo constante com os cidadãos e em tecnologias sociais acessíveis, pode-se gerar planos coerente e exequíveis para a proteção do meio ambiente e para a atenuação dos efeitos das catástrofes climáticas que venham a incidir sobre o estado.

Para se evitar o mesmo desfecho das enchentes de 2024, o poder público ainda pode adotar outras iniciativas, tais como: (I) o mapeamento detalhado de áreas vulneráveis a inundações; (II) o estabelecimento de leis de proteção que impeçam a construção de residências e indústrias em locais suscetíveis a alagamentos; (III) a criação de zonas de absorção e permeabilidade que possam ajudar a escoar chuvas intensas e evitar o acúmulo de água em trechos altamente urbanizados; (IV) a modernização e a ampliação do sistema de drenagem pluvial do estado; (V) o fortalecimento dos sistemas de alerta que podem ser disparados rapidamente quando o nível dos rios apresentar índices críticos; (VI) a elaboração de planos de contingenciamento com protocolos de emergência que possam ser acionados quando for necessário evacuar regiões de alto risco; (VII) a construção de abrigos temporários para a população que venha a ser atingida por novas enchentes; (VIII) a realização de obras de contenção, como diques, canais e reservatórios; (IX) a recuperação de áreas naturais com mata ciliar com o objetivo de aumentar a retenção

de água no solo; e (X) a conscientização da população sobre a prevenção a desastres ambientais e a problemática do descarte inadequado de resíduos domésticos ou de outra natureza. Essa conscientização poderia estar atrelada, também, a programas de treinamento e capacitação envolvendo a educação ambiental.

Além disso, futuras políticas climáticas podem incluir formas de coordenação interinstitucionais que permitam aos governos municipais, estaduais e federais reunirem esforços para executar ações imediatas para conter prejuízos diante de novas falhas sistêmicas, mesmo que elas venham a apresentar alguns comportamentos diferentes daqueles que haviam sido previstos. Com isso, em uma próxima eventualidade, as ações de contingenciamento de tragédias como a de 2024 podem ser mais eficientes, os danos mais bem estimados e as consequências mais bem controladas (Ison; 2017; Schlindwein; Ison, 2019).

Antes de concluir, torna-se necessário salientar que a iniciativa privada também deve participar da elaboração de estratégias para combater os efeitos de desastres provocados por mudanças climáticas. Isso inclui desde o desenvolvimento de planos de contingência para áreas industriais e zonas comerciais, até o investimento em tecnologias limpas e infraestruturas adaptáveis. Em colaboração com o poder público e com a sociedade civil, empresas de diferentes segmentos podem criar redes de apoio locais, fornecer suporte logístico e tecnológico em situações críticas, financiar projetos de prevenção à degradação ambiental e manter programas de capacitação contínua para trabalhadores, fornecedores e consumidores. Adicionalmente, essas organizações podem adotar políticas corporativas alinhadas a compromissos internacionais de sustentabilidade, a exemplo dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), buscar selos de certificação ambiental e assumir práticas do tipo *Environmental, Social, and Governance* (ESG).

Assim, ao se revelar a situação-problema deflagrada por uma falha sistêmica, pode-se vislumbrar os elementos e os atores que concorreram para o seu surgimento. Embora indesejado, esse cenário oferece a chance de serem extraídos ensinamentos que podem beneficiar tomadores de decisão e, em especial, o poder público, diante de eventos similares que, porventura, venham a surgir no futuro. Desse modo, acredita-se que entender as falhas sistêmicas de hoje torna-se importante para melhor agir diante das falhas de amanhã. Logo, a seguir, apresentam-se as considerações finais do trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo discutir como as enchentes que atingiram o Rio Grande do Sul (RS) podem ser entendidas como uma falha sistêmica. Vista como consequência de condições

adversas e de uma série de outros eventos climáticos, a tragédia sul-rio-grandense apresenta algumas características que tornam possível considerá-la como uma falha sistêmica, tais como a presença de falhas subjacentes em sistemas circundantes que culminaram em uma catástrofe geral, a complexidade de fatores interconectados que tornaram custosa a tarefa de se encontrar soluções em curto prazo, os problemas que emergiram das situações deflagradas e que se avolumaram às desordens em curso e a ausência de uma visão sistêmica que, possivelmente, teria sido útil para minimizar os impactos socioambientais dessa ocorrência, uma vez que há um histórico de acontecimentos similares na região.

Além de se descortinar os elementos que concorreram para o seu surgimento, ao se compreender as enchentes de 2024 como uma falha sistêmica pôde-se, também, reunir ensinamentos para lidar com situações semelhantes no futuro. Tais lições incluem desde a identificação de áreas de risco e a implementação de zonas de absorção que possam mitigar os impactos causados por chuvas intensas, até a elaboração de políticas climáticas que contemplem ações coordenadas entre diferentes esferas do poder público. Sistemas de alerta, planos de contingência, engajamento comunitário e outras soluções também emergiram desse cenário que, com melhor planejamento, pode ser menos desastroso quando um evento climático de mesma natureza vier a ocorrer.

Importa sublinhar que, dada a aceleração dos desastres naturais dos últimos anos, é imprescindível que essas soluções sejam colocadas em prática, o mais rápido possível, para minimizar os impactos socioambientais provocados pelas mudanças climáticas. Em razão disso, acredita-se que adotar políticas climáticas eficientes é mandatório para áreas de risco. Elaboradas por órgãos reguladores autônomos, essas políticas podem fornecer aparatos estratégicos para lidar com os efeitos das desordens ambientais provocadas pela ação antrópica. Para a construção desses dispositivos legais e para entender as ligações entre os diversos fatores que podem levar a um colapso, os autores deste trabalho sugerem, veementemente, a adoção de uma visão sistêmica — assim como foi preconizado por Schlindwein e Ison (2019) em relação à greve dos caminhoneiros. Por sua vez, essa visão sistêmica pode ser combinada com outras abordagens para facilitar a transição do estado atual para um cenário onde o poder público está mais bem preparado para lidar com catástrofes ambientais.

Embora relevantes, cabe salientar que os ensinamentos extraídos do ocorrido em 2024 não esgotam a possibilidade de se encontrarem soluções sistêmicas para a falha evidenciada, tampouco são capazes de encerrar a discussão sobre o assunto. Na prática, essas ponderações podem ser usadas como ponto de partida para instigar novas discussões. Vale sublinhar, também, que o texto apresenta algumas generalizações e especulações, visto que o trabalho se apoia no pensamento indutivo e que está restrito a uma pesquisa puramente teórica, de caráter unicamente bibliográfico.

Nesse sentido, destaca-se que a escolha metodológica realizada pelos autores deste artigo pode apresentar certo grau de superficialidade quando comparada com pesquisas de campo. Desse modo, para futuros estudos, sugere-se que sejam entrevistados agentes e atores envolvidos diretamente na tragédia investigada. De igual maneira, pode-se realizar uma vasta busca documental em reportagens e notícias para averiguar as informações fornecidas sobre o evento, que teve ampla transmissão e cobertura pela mídia. Outrossim, recomenda-se a ampliação e a atualização das referências empregadas na fundamentação teórica do trabalho.

Por fim, importa agradecer o apoio institucional do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas (PPGAGRO) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) e do Programa de Pós-Graduação em Design (Pós-Design) do Centro de Comunicação e Expressão (CCE), ambos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Igualmente, destaca-se que o presente trabalho foi realizado com o auxílio prestado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)¹³. Por último, faz-se necessário agradecer, também, o acolhimento do corpo editorial da Revista Prâksis e dos organizadores deste dossiê.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. B. da M. **Teoria Geral de Sistemas**: em busca de interdisciplinaridade. Florianópolis: Instituto Stela, 2012. Disponível em: https://rexlabs.ufsc.br/wp-content/uploads/2020/03/TeoriaGeraldeSistemas_Livro-1.pdf. Acesso em: 04 mar. 2024.

ANDERSON, V.; JOHNSON, L. **Systems Thinking Basics**: from concepts to causal loops. Waltham: Pegasus Communications Inc., 1997.

ANGYAL, A. **Foundations for a Science of Personality**. Cambridge: Harvard University Press, 1941.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança Climática. **Implementação de ações para a conservação e uso sustentável das áreas úmidas no Brasil**. 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/ecossistemas/areas-umidas/implementacao-no-brasil>. Acesso em: 12 jul. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança Climática. **Plano Clima**. 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/smc/plano-clima>. Acesso em: 12 jul. 2024.

¹³ Para os devidos fins, declara-se que o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — Brasil (CAPES PROEX) — Código de Financiamento 001.

GARNETT, P. Total systemic failure? **Science of The Total Environment**, Amsterdã, v. 626, p. 684-688, jun. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.075>. Acesso em: 28 maio 2024.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HENKES, J. A.; HENKES, K. W. Um relato sobre a tragédia climática e ambiental: os efeitos das enchentes de maio de 2024 no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 190-214, abr./maio 2024. Disponível em: <https://rbmaes.emnuvens.com.br/revista/article/view/416/343>. Acesso em: 04 jun. 2024.

ISON, R. **Systems Practice**: how to act in situations of uncertainty and complexity in a climate change world. 2. ed. Milton Keynes: Springer & The Open University, 2017.

LANE, A. B. **Systems thinking and practice**: diagramming. 2. ed. Milton Keynes: The Open University, 2002.

LEE, H.; ROMERO, J. (ed.). **Mudança do Clima 2023**: relatório síntese. Genebra: IPCC — Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023. Tradução de: SJR Assessoria e Tradução Ltda. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc/arquivos/pdf/copy_of_IPCC_Longer_Report_2023_Portugues.pdf. Acesso em: 20 jun. 2024.

MEADOWS, D. H. **Thinking in systems**: a primer. Hartford: Chelsea Green Publishing, 2008.

MORIN, E. **O método**: a natureza da natureza. 2. ed. Porto Alegre: Sulina, 2003.

NAÇÕES UNIDAS. **Wetlands restoration**: unlocking the untapped potential of the Earth's most valuable ecosystem. Gland: Ramsar Convention on Wetlands, 2021. Disponível em: https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/factsheet_wetland_restoration_general_e_0.pdf. Acesso em: 15 ago. 2024.

NERIS, R. L. S. *et al.* Emergência em saúde pública no Rio Grande do Sul: evento climático extremo e o impacto da leptospirose. **Journal Health NPEPS**, Diamantino, v. 9, n. 1, p. 1-8, jun. 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.30681/2526101012664>. Acesso em: 07 ago. 2024.

OLIVEIRA, J. L. dos S.; SANTOS, J. S. Ecologia Urbana: histórico, definições e abordagens interdisciplinares. **Acta Brasiliensis**, Patos, v. 5, n. 3, p. 116-122, 30 set. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22571/2526-4338549>. Acesso em: 15 ago. 2024.

RBSTV. **Nível do Guaíba supera o da cheia histórica de 1941 pela segunda vez; lago subiu 14 cm em 4 horas:** nível do lago atingiu 4,91 metros na manhã desta segunda (13). Tendência é que ultrapasse os 5 metros. 2024. Portal G1 RS. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2024/05/13/temporais-no-rs-nivel-do-guaiba-supera-a-da-cheia-historica-de-1941-duas-vezes-em-10-dias.ghtml>. Acesso em: 13 jul. 2024.

ROCHA, R. P. da; REBOITA, M. S.; CRESPO, N. M. Análise do evento extremo de precipitação ocorrido no Rio Grande do Sul entre abril e maio de 2024. **Journal Health NPEPS**, Cuiabá, v. 9, n. 1, p. 1-9, jan./jun. 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.30681/2526101012603>. Acesso em: 24 jun. 2024.

SCHLINDWEIN, S. L.; ISON, R. Confronting total systemic failure? The May 2018 truckers' strike in Brazil. **Systems Research and Behavioral Science**, Nova Jersey, v. 37, n. 1, p. 119-127, 8 jul. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/sres.2603>. Acesso em: 15 jul. 2024.

UNTERSTELL, N. **Adaptação a eventos extremos precisa ser tão veloz quanto mudança climática.** Folha de S. Paulo. 01 jun. 2024. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ilustrissima/2024/06/adaptacao-a-eventos-extremos-precisa-ser-tao-veloz-quanto-mudanca-climatica.shtml#:~:text=A%20adapta%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9%20necessariamente%20uma, suas%20fun%C3%A7%C3%B5es%20e%20estrutura%20essenciais>. Acesso em: 27/06/2024.