

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CHRISTIAN JORGE RO GAL DE ANDRADE

**SEGURANÇA DE BARRAGENS BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA
ENTRE A REGIÃO SUL E O ESTADO DO PARANÁ COM BASE NOS DADOS
CADASTRADOS NO SNISB**

GUARAPUAVA

2024

CHRISTIAN JORGE ROGAL DE ANDRADE

**SEGURANÇA DE BARRAGENS BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA
ENTRE A REGIÃO SUL E O ESTADO DO PARANÁ COM BASE NOS DADOS
CADASTRADOS NO SNISB**

**BRAZILIAN DAM SAFETY: A COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN THE
SOUTHERN REGION AND THE STATE OF PARANÁ BASED ON DATA
REGISTERED IN SNISB**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof.^a MSc. Marcela Maier Farias Czap.

Coorientadora: Prof.^a Dra. Flávia Konowalenko.

GUARAPUAVA

2024



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

CHRISTIAN JORGE ROGAL DE ANDRADE

**SEGURANÇA DE BARRAGENS BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA
ENTRE A REGIÃO SUL E O ESTADO DO PARANÁ COM BASE NOS DADOS
CADASTRADOS NO SNISB**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharelado em Engenharia Civil, pela Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 27/fevereiro/2024

Marcela Maier Farias Czap
Mestrado em Construção Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Flávia Konowalenko
Doutorado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dyorgge Alves Silva
Mestrado em Estruturas e Construção Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Géssica Katalyne Bilcati
Doutorado em Engenharia de Construção Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

GUARAPUAVA

2024

Dedico este trabalho à Deus e a minha família, que foram suporte, alicerce e refúgio em todos os momentos dessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

A gratidão que expresso neste parágrafo é destinada a todos os que de alguma forma trilharam esse caminho ao meu lado.

Primeiramente a Deus, que nunca me desamparou, a Nossa Senhora, que intercedeu por mim e a todos os santos a quem eu recorri no mais profundo desespero.

Aos meus pais, Elaine e Cristiano, que construíram uma ponte de amor, dedicação, educação e amparo, desde o meu nascimento até hoje, sabendo dosar firmeza e carinho para me despertar a independência e a humildade e mitigar a arrogância.

A toda minha família, pela colaboração particular de cada um.

A minha orientadora Profa. MSc. Marcela Maier Farias Czap e minha coorientadora Profa. Dra. Flávia Konowalenko, pela direção, paciência e sabedoria com que me guiaram nesta trajetória.

A minha querida UTFPR, pelos ensinamentos que me trazem a este trabalho, mas também pelos tropeços, que me fizeram mais forte e mais atento.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

Muito obrigado.

RESUMO

O presente estudo propôs uma análise comparativa abrangente dos dados de segurança de barragens na Região Sul do Brasil, com foco especial no estado do Paraná. O principal objetivo foi realizar uma avaliação quantitativa para mapear a situação desse estado em relação à segurança das barragens na região. A pesquisa baseou-se em dados extraídos do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), oferecendo uma abordagem detalhada sobre a quantidade de barragens registradas na região e seus respectivos níveis de risco. Além disso, o estudo visou identificar e analisar os aspectos mais relevantes relacionados à gestão de segurança dessas estruturas. Ao fornecer uma visão abrangente dos dados de segurança das barragens, este trabalho buscou contribuir para o entendimento do panorama passado e possíveis áreas de melhoria na gestão de segurança de barragens na Região Sul do Brasil, com ênfase especial nas características distintivas do estado do Paraná. Os resultados são alarmantes em relação à falta de informações, cadastramento e classificação da maioria das barragens que compõe a Região Sul do Brasil e o mesmo caso se aplica ao estado do Paraná.

Palavras-chave: Gestão de Risco, PNSB, Segurança de Barragens, SNISB.

ABSTRACT

The present study proposed a comprehensive comparative analysis of dam safety data in the Southern Region of Brazil, with a special focus on the state of Paraná. The main objective was to conduct a quantitative assessment to map the situation of this state regarding dam safety in the region. The research was based on data extracted from the National Dam Safety Information System (SNISB), providing a detailed approach to the number of registered dams in the region and their respective risk levels. Additionally, the study aimed to identify and analyze the most relevant aspects related to the safety management of these structures. By offering a comprehensive view of dam safety data, this work sought to contribute to the understanding of the past landscape and potential areas for improvement in dam safety management in the Southern Region of Brazil, with a special emphasis on the distinctive characteristics of the state of Paraná. The results are alarming regarding the lack of information, registration, and classification of most dams in the Southern Region of Brazil, and the same case applies to the state of Paraná.

Keywords: Risk Management, PNSB, Dam Safety, SNISB.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Dispersão do uso principal das barragens do Sul brasileiro	33
Gráfico 2 - Dispersão do uso principal das barragens do estado do Paraná	35
Gráfico 3 - Dispersão dos tipos de materiais utilizados na construção de barragens	36
Gráfico 4 - Dispersão dos tipos de empreendedores de barragens.....	38
Gráfico 5 - Dispersão das barragens que se enquadram na PNSB.....	43
Gráfico 6 - Dispersão de barragens para cada classificação de CRI	44
Gráfico 7 - Dispersão de barragens para cada classificação de DPA	46
Gráfico 8 - Dispersão do uso principal das barragens que possuem PSB.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Órgãos fiscalizadores de segurança de barragens e sua jurisdição	22
Tabela 2 - Exemplo do <i>layout</i> do banco de dados disponibilizados pelo SNISB	30
Tabela 3 - Percentual das barragens do Sul brasileiro por uso principal	32
Tabela 4 - Percentual das barragens do estado do Paraná por uso principal	34
Tabela 5 - Percentual dos tipos de materiais utilizados na construção de barragens	36
Tabela 6 - Percentual dos tipos de empreendedores de barragens	38
Tabela 7 - Percentual dos órgãos fiscalizadores de barragens	39
Tabela 8 - Percentual de barragens que se enquadram na PNSB para cada órgão fiscalizador	40
Tabela 9 - Percentual das barragens do Sul brasileiro que se enquadram na PNSB	42
Tabela 10 - Percentual das barragens do estado do Paraná que se enquadram na PNSB	42
Tabela 11 - Percentual de barragens para cada classificação de CRI	44
Tabela 12 - Percentual de barragens para cada classificação de DPA	46
Tabela 13 - Percentual de barragens que possuem PSB	48
Tabela 14 - Relação entre o PSB e o PAE	49
Tabela 15 - Percentual do uso principal das barragens que possuem PSB	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEN	Agência Estadual de Notícias
AGUASPARANÁ	Instituto das Águas do Paraná
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANM	Agência Nacional de Mineração
CCR	Concreto Compactado a Rolo
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
CREA-PR	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná
CRI	Categoria de Risco
DPA	Dano Potencial Associado
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
IAP	Instituto de Ambiental do Paraná
IAT	Instituto Água e Terra
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICOLD	<i>International Commission on Large Dams</i>
PAE	Plano de Ação de Emergência
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragens
PSB	Plano de Segurança de Barragens
RSB	Relatório de Segurança de Barragens
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SINIMA	Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	A segurança de barragens no Brasil	15
2.2	Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB)	16
2.3	Tipos de materiais utilizados na construção de barragens	19
2.4	Tipos de empreendedores de barragens	20
2.5	Órgãos fiscalizadores de barragens	21
2.6	Sistema de classificação de barragens por Critério de Risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA)	22
2.6.1	Categoria de Risco (CRI)	24
2.6.2	Dano Potencial Associado (DPA)	26
2.7	Plano de Segurança de Barragem (PSB)	28
2.8	Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB)	28
3	METODOLOGIA	30
3.1	Coleta e tratamento de dados	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1	Barragens cadastradas no SNISB	32
4.1.1	Região Sul	32
4.1.2	Estado do Paraná	34
4.2	Materiais utilizados na construção das barragens	35
4.3	Empreendedores das barragens da Região Sul	37
4.4	Órgãos fiscalizadores responsáveis pelas barragens do Sul brasileiro	39
4.5	Enquadramento na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB)	41
4.6	Categoria de Risco (CRI)	43
4.7	Dano Potencial Associado (DPA)	46
4.8	Plano de Segurança da Barragem (PSB)	48
4.8.1	Plano de Ação de Emergência (PAE)	49
4.8.2	Relação entre barragens que possuem PSB e seu uso principal	49
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

As estruturas de represamento constituem realizações de engenharia com uma longa história, remontando a milhares de anos. Um dos primeiros registros de construção desse tipo é associado a uma barragem de 12 metros de altura erguida no antigo Egito, construída cerca de 6,8 mil anos atrás, que cedeu devido a um transbordamento, conforme relatado por Massad (2010).

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, ANA (2023), essas construções são manufaturadas e comumente localizadas em cursos hídricos com o propósito de represar água, rejeitos de mineração ou sedimentos. As barragens podem variar em tamanho, desde pequenos diques de terra destinados a atender às necessidades da agricultura, recreação e uso doméstico, até grandes estruturas de concreto ou aterro, empregadas como reservatórios para abastecimento público, geração de energia hidrelétrica, aplicações industriais, contenção de rejeitos minerários e facilitação da navegação, entre outras finalidades.

Os motivos que fundamentam a edificação de barragens são vastos, incluindo o fornecimento de água para consumo humano e animal, o armazenamento de recursos hídricos para irrigação, atividades recreativas e fins paisagísticos, regulação da qualidade da água e prevenção de inundações, assegurando uma vazão mínima a jusante. Além disso, tais estruturas são essenciais para a promoção da navegação, desenvolvimento da aquicultura, produção de energia elétrica e confinamento de resíduos, conforme apontado por Carvalho (2011).

A ANA (2013) destaca que a maioria das barragens serve para apenas um uso principal, embora haja um aumento significativo no número de barragens de usos múltiplos. Conforme os dados mais recentes do Registro Mundial de Barragens (*World Register of Dams*; ICOLD, 2023), o armazenamento de água para irrigação figura como a principal finalidade das barragens. Dentro da categoria de barragens de finalidade única, 47% são destinadas à irrigação, 20% à geração hidrelétrica, 11% ao abastecimento de água, 8% ao controle de enchentes, 6% à navegação e piscicultura, 5% à recreação e 4% a outros usos.

Como explicam Barros e Angelim (2016), o Brasil, é o 5º maior país do planeta, detentor dos maiores conjuntos de ecossistemas, biodiversidade e bacias hidrográficas (acumulando 13,8% do total de águas doces do globo), dado que justifica o número de barragens cadastradas no país. Conforme o Sistema Nacional de

Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) o número de barramentos do país é de 23977 até o último levantamento (SNISB, 2023).

Na Região Sul do Brasil, mais de 11000 barragens estão registradas no SNISB, desempenhando um papel crucial na produção de energia hidrelétrica e na captação de recursos hídricos para a localidade. No estado do Paraná, em particular, 1317 estruturas estão situadas, desempenhando um papel significativo no abastecimento de energia do estado e na provisão de água para diversas finalidades (SNISB, 2023).

Em julho de 2023, o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná (CREA-PR) realizou uma força-tarefa de fiscalização de barragens no estado. Foram inspecionadas 32 barragens, sendo 20 de uso múltiplo, 9 de uso hidrelétrico e 3 de mineração. O foco foi em diminuir as chances de acidentes e desastres envolvendo este tipo de estrutura. As barragens ficaram em evidência em todo o Brasil a partir dos episódios de rompimentos em Mariana e Brumadinho, em Minas Gerais. “Houve uma mobilização de muitos órgãos em termos de conscientização”, avaliou a engenheira ambiental Mariana Alice Maranhão, gerente do Departamento de Fiscalização do Crea-PR. A profissional ressaltou que não existe maneira de afirmar que as situações levantadas oferecem ou não risco à população, por isso a importância de profissionais habilitados acompanhando tecnicamente as atividades que impactem na segurança da sociedade (CREA-PR, 2023).

Tendo em vista as análises, este trabalho teve como objetivo principal realizar uma comparação quantitativa da segurança de todas as barragens do Sul brasileiro cadastradas no SNISB, com foco no estado do Paraná. Foram examinados a quantidade das barragens e usos principais, procedimentos de monitoramento de risco, políticas de fiscalização e medidas de mitigação de riscos adotadas, assim como o tipo de empreendedor e os materiais utilizados na construção. A análise permitirá a visualização das principais semelhanças e diferenças na abordagem de segurança adotadas pelas duas áreas geográficas e a busca da existência de possíveis relações entre os fatores pesquisados.

Por fim, fornecer informações que possam servir de alerta para o aprimoramento das práticas de segurança das barragens no Sul brasileiro e no estado do Paraná, os quais possam contribuir para a proteção das comunidades locais e do meio ambiente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A segurança de barragens no Brasil

As barragens estão entre as maiores estruturas que já foram construídas pela humanidade. Esses dispositivos de contenção têm desempenhado um papel fundamental no controle de inundações, viabilizando a irrigação de cultivos, gerando energia hidrelétrica, armazenando água para consumo humano, facilitando a navegação interna e criando reservatórios que também são utilizados para atividades recreativas desde o princípio de seu desenvolvimento. A vida moderna não desfrutaria dos mesmos benefícios sem essas construções (ANA, 2013).

O ponto de partida na história dos barramentos no Brasil pode ser considerado o ano de 1877. Nesse período uma grande seca assolou a Região Nordeste, afetando diretamente na qualidade de vida da população, além da pecuária. O evento resultou na interiorização dos agrupamentos populacionais, ou seja, o efeito que transferiu as pessoas do litoral e capital, para o interior, a fim de distribuir melhor a demografia. Nesta época foi construída a primeira barragem de que se tem notícia oficialmente: a Barragem de Cedros, no Estado do Ceará. Após quase 150 anos desse evento, inúmeras barragens passaram a ser construídas em todo o país, como estabelece Costa *et al.* (2020).

A autora imediatamente supracitada ainda complementa que embora as barragens beneficiem a sociedade de diferentes formas, não se pode ignorar as diversas questões ligadas à sua construção, dentre as quais, a autora cita os usos múltiplos da água e a sua gestão, os impactos socioambientais e econômicos do alagamento de uma área e o direito de propriedade sobre as áreas alagadas. Com esses pontos em pauta, surgiu a preocupação e a necessidade de criar normas que garantissem a exploração ordenada e as relações entre os entes envolvidos.

Em 17 de julho de 2000, foi criada a Agência Nacional de Águas (ANA), através da Lei n.º 9.984/2000 (atualmente chamada Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, devido a uma alteração feita através da Lei n.º 14.026/2020). O órgão simboliza um grande marco nacional na estruturação administrativa dos recursos hídricos, exploração e fiscalização. A ANA é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, que foi criada com a finalidade de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) (BRASIL, 2000).

Conforme Neto *et al.* (2022), a ANA fica estabelecida como a peça principal que desempenha o papel de fiscalizadora da segurança de barragens, promove a articulação entre os demais órgãos fiscalizadores, age diretamente na implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e gerencia o SNISB.

2.2 Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB)

A ANA (2022) define um acidente de barragem como o comprometimento da integridade estrutural da construção somado à liberação incontrolável do conteúdo do reservatório, ocasionado pelo colapso parcial ou total da barragem ou de estrutura anexa. O principal mecanismo para evitar os acidentes envolvendo barragens é a PNSB.

A PNSB foi criada no dia 20 de setembro de 2010, por meio da Lei n.º 12.334/2010, e o decreto se refere a uma política de estado, criada com o objetivo de fomentar a cultura de segurança nas barragens do território brasileiro, integrando os diversos órgãos e entes da federação, para assegurar a integridade das barragens e proteger as vidas que dependem dela ou que habitam em seu entorno (FARIAS, 2019).

Jesus (2021) explica que o advento dessa lei foi fruto da ocorrência de diversos acidentes de barragens no século XX, os quais ressaltaram aos legisladores e órgãos reguladores a importância da criação de um instrumento legal que nivelasse os mecanismos de gestão de barragens, a atuação dos órgãos fiscalizadores e dos empreendedores. Especialmente, o acidente da barragem de Cataguases, no estado de Minas Gerais, em 2003, que se tornou o estopim para a criação do Projeto de Lei n.º 1.181/2003, que viria a se transformar na Lei Ordinária n.º 12.334. A autora acrescenta que devido a publicação da Política, houve uma mudança de paradigmas, onde foi estabelecida uma cadeia completa de responsabilidades relacionadas à segurança das barragens construídas no Brasil.

O decreto de 2010 foi atualizado com a implementação da Lei n.º 14.066, de 30 de setembro de 2020, que dentre outras providências, impôs maior responsabilidades aos empreendedores das barragens e aumentou os valores das multas aplicáveis em casos de acidentes (BRASIL, 2020).

O Art. 1º da Lei n.º 12.334 (BRASIL, 2010) determina que a PNSB abrange todas as barragens no território nacional destinadas à acumulação de água,

contenção de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais e se aplica às estruturas que se encaixarem em pelo menos um dos critérios abaixo:

- i. altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, maior ou igual a 15 (quinze) metros;
- ii. capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos);
- iii. reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;
- iv. categoria de dano potencial associado médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas;
- v. categoria de risco alto, a critério do órgão fiscalizador.

O Artigo 1º da Lei n.º 12.334 (BRASIL, 2010), que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) no Brasil, apresenta criteriosamente os parâmetros que determinam a aplicação da legislação a barragens no território nacional. A inclusão de critérios como a altura do maciço, capacidade total do reservatório, presença de resíduos perigosos, categorias de dano potencial associado e risco alto revelam uma abordagem abrangente na busca por assegurar a segurança dessas estruturas. Ao estabelecer a aplicação da PNSB a barragens que atendem a esses critérios específicos, o legislador demonstra uma preocupação multidimensional, considerando não apenas aspectos estruturais, mas também impactos socioeconômicos e ambientais que podem resultar de possíveis falhas nesses empreendimentos.

A ênfase na avaliação do dano potencial econômico, social, ambiental e de perda de vidas humanas, assim como na categoria de risco alto (conceitos que serão desenvolvidos em seções subsequentes), destaca a abordagem proativa e preventiva da legislação. Esses critérios visam aprimorar a segurança das barragens, antecipando-se aos possíveis problemas e permitindo a implementação de medidas corretivas antes que ocorram incidentes. Além disso, a referência às normas técnicas aplicáveis evidencia a importância de padrões técnicos atualizados e alinhados às melhores práticas internacionais na construção e operação de barragens. Em suma, o Artigo 1º da Lei n.º 12.334 representa um esforço legislativo para promover a

segurança e prevenir desastres relacionados a barragens, reconhecendo a necessidade de uma abordagem abrangente e holística para essa questão crucial.

O Art. 6º da mesma lei estabelece quais são os instrumentos que a PNSB dispõe para classificar e fiscalizar as barragens submetidas à sua jurisdição (BRASIL, 2010):

- i. Sistema de classificação de barragens por categoria de risco e por dano potencial associado;
- ii. Plano de Segurança da Barragem (PSB), incluído o Plano de Ação de Emergência (PAE);
- iii. SNISB;
- iv. Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente (SINIMA);
- v. Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;
- vi. Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais;
- vii. Relatório de Segurança de Barragens (RSB);
- viii. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH);
- ix. Monitoramento das barragens e dos recursos hídricos em sua área de influência;
- x. Guias de boas práticas em segurança de barragens.

O Artigo 6º da Lei n.º 12.334, ao estabelecer os instrumentos disponíveis para classificação e fiscalização das barragens sob a jurisdição da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), demonstra uma abordagem estruturada na gestão dessas estruturas. Os diversos instrumentos listados, desde o sistema de classificação por categoria de risco e dano potencial associado, até os guias de boas práticas em segurança de barragens, refletem a complexidade e a importância de assegurar a integridade dessas estruturas. Destaca-se a relevância dos três primeiros instrumentos que desempenham papéis cruciais na avaliação do risco, na implementação de medidas preventivas e na resposta a emergências. Esses instrumentos não apenas fortalecem a capacidade de monitoramento e fiscalização, mas também promovem a transparência e a prontidão para lidar com situações críticas, assegurando uma gestão eficaz e responsável das barragens no contexto da PNSB.

2.3 Tipos de materiais utilizados na construção de barragens

A ANA (2016) explica que os materiais usados no corpo das barragens de aterro são, principalmente, solos, enrocamentos e misturas de solo e de enrocamento, mas são também utilizados, em alguns tipos de barragem, outros materiais, tais como concreto, solo-cimento, aço, concreto betuminoso, geomembranas e geotêxteis. O órgão acrescenta que os estudos dos materiais devem ser desenvolvidos, de modo a maximizar a utilização dos materiais provenientes das escavações necessárias para construção do empreendimento e que caso estes materiais não apresentem características adequadas e volume suficiente, devem ser utilizados solos e rochas de jazidas previamente selecionadas.

Carvalho (2011) define as barragens de terra homogênea como sendo as construídas com apenas um tipo de material, que quando compactado, deve apresentar baixo coeficiente de permeabilidade. As barragens de terra zoneadas são as que por falta de área de empréstimo com material argiloso suficiente para todo o aterro, prioriza-se a utilização do material no centro da barragem, identificado como núcleo argiloso e as inclinações na superfície lateral do aterro (taludes) podem ser construídas com material mais permeável. O autor complementa que as barragens de enrocamento são aquelas construídas com materiais rochosos de diversas granulometrias. Neste caso, a impermeabilização do maciço é garantida por um núcleo argiloso impermeável, e/ou parede de concreto construída sobre o talude de montante.

Quando o concreto passou a ser um dos materiais de construção mais utilizados na construção civil, logo começou a ser empregado em barragens, devido às suas características de durabilidade, baixo custo de produção, disponibilidade de materiais e adaptação a formas. Apesar disso, fatores como ciclo hidrológico, deflúvio anual, geologia, entre outros, devem ser avaliados para a definição tanto da forma quanto dos materiais que serão utilizados na construção das estruturas de uma barragem (POSSAN, 2012).

Outro material que é amplamente utilizado na construção de represas é o Concreto Compactado com Rolo (CCR) que conforme Oliveira, Mussi e Andriolo (1998), é um concreto que se caracteriza pela sua consistência seca, sendo consolidado de maneira apropriada por meio de um considerável esforço de compactação. Esse esforço é particularmente obtido pela combinação efetiva de

técnicas de vibração e aplicação de pressão durante o processo de construção. A peculiaridade do CCR reside na necessidade de um rigoroso controle durante a sua aplicação, uma vez que sua consistência seca requer uma abordagem específica para garantir a obtenção de propriedades mecânicas e estruturais desejadas. Nesse contexto, a integração eficaz de técnicas de compactação, especialmente a vibração e a pressão, desempenha um papel fundamental na criação de estruturas sólidas e duráveis, alinhando-se com as especificidades do Concreto Compactado com Rolo.

2.4 Tipos de empreendedores de barragens

De acordo com a Lei 12.334/2010, o empreendedor de barragem é o agente privado ou governamental com direito real sobre as terras onde se localizam a barragem e o reservatório ou que explore a barragem para benefício próprio ou da coletividade.

A ANA (2017) explica que existem vários tipos de empreendedores e grandes diferenças entre eles, no tocante aos aspectos organizacional, financeiro e técnico, tendo todos um papel fundamental na segurança, por meio da prática correta e contínua, alicerçada no cumprimento da lei e das regulamentações, e estão sujeitos à fiscalização da entidade competente. A agência acrescenta que para o cumprimento de suas obrigações legais é essencial que existam a consciência dos problemas causados por falha na segurança de barragens (rompimento, vazão de resíduos minerários tóxicos, perda de vidas humanas) e de suas implicações, os meios financeiros e os recursos humanos, indispensáveis para gerir as barragens e a qualificação adequada dos técnicos e do pessoal administrativo.

O SNISB (2023) apresenta que as duas áreas geográficas possuem quatro tipos possíveis de empreendedores para as barragens da Região Sul e para o estado do Paraná, sendo eles:

- a) Empresas em Geral – Setor Privado: Modalidade de empresa em que o proprietário é pessoa natural ou jurídica, sendo, então singular ou individual, se explorada por pessoa física; e coletiva, se organizada e dirigida por uma sociedade (Vademecum, 2023);
- b) Pessoa Física – Setor Privado: Pessoa natural. A pessoa como tal (por oposição à pessoa jurídica) (Vademecum, 2023);
- c) Empresas Públicas – Setor Público: Aquela que possui personalidade jurídica de direito privado, patrimônio próprio e capital exclusivo do Estado,

sendo criada mediante lei específica e administrada pelo Estado, para suprir suas necessidades (Vademecum, 2023);

- d) Órgãos Públicos – Setor Público: É o centro de competências instituído para o desempenho de função estatal. A unidade de atuação é integrante da estrutura da administração direta ou indireta (Vademecum, 2023).

2.5 Órgãos fiscalizadores de barragens

A fiscalização de barragens segue os critérios específicos estabelecidos pela PNSB, sendo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) responsável pela segurança em barragens de geração de energia hidrelétrica, e, a Agência Nacional de Mineração (ANM) pelas barragens de rejeitos de mineração, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), responsabiliza-se pelas barragens de acumulação de água, usos múltiplos e por gerir o SNISB. As estruturas destinadas à disposição de resíduos industriais são supervisionadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Aos estados e ao Distrito Federal cabem, complementarmente, os recursos hídricos que não pertençam à União, nada restando, portanto, desses recursos, ao domínio administrativo dos municípios (ANA, 2017).

Em âmbito estadual, a fiscalização pode ser atribuída a órgãos específicos, como o órgão gestor de recursos hídricos (OERH) e o órgão gestor de meio ambiente (OEMA). Na Região Sul estes órgãos são: para o Paraná, a supervisão era conduzida pelo Instituto das Águas do Paraná (AGUASPARANÁ). No entanto, por meio da Lei n.º 20.070/2019, esse papel foi transferido para o Instituto Ambiental do Paraná (IAP), incorporando também o Instituto de Terras, Cartografia e Geologia (ITCG), resultando na criação do Instituto Água e Terra (IAT); no Rio Grande do Sul, a responsabilidade pelas barragens está sob a alçada da Secretaria do Meio Ambiente (SEMA-RS), estabelecida pela Lei n.º 11.362/1999; em Santa Catarina, a supervisão é de responsabilidade da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE), conforme informações disponíveis no portal digital da Secretaria (2023).

A fim de fornecer uma compreensão mais abrangente dos principais agentes fiscalizadores de barragens, bem como esclarecer suas respectivas atribuições e jurisdições, a Tabela 1 foi elaborada por Czap, Konowalenko e Andrade (2023), a qual proporciona uma visão clara e concisa das principais entidades responsáveis pela

fiscalização e monitoramento das barragens, destacando suas funções específicas e áreas de atuação.

Tabela 1 - Órgãos fiscalizadores de segurança de barragens e sua jurisdição

Órgão Fiscalizador	Jurisdição
Agência Nacional de Águas (ANA)	A ANA tem como atribuição fiscalizar os usos de recursos hídricos nos corpos de água de domínio da União (aqueles que passam por mais de um estado ou fazem fronteiras).
Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)	É de responsabilidade da ANEEL fiscalizar as barragens com finalidade de acumular água para geração de energia por hidrelétrica.
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos recursos Naturais Renováveis (IBAMA)	O IBAMA responsável por fiscalizar as barragens que tem por finalidade contenção de rejeitos industriais, assim como é de sua responsabilidade fornecer a regularização ambiental.
Agência Nacional de Mineração (ANM)	A ANM tem como responsabilidade fiscalizar as barragens de mineração. Esta se encontra vinculada ao Ministério de Minas e Energia, e seu intuito é explorar a melhor utilidade para os minerais e todas as pesquisas em torno deste assunto.

Fonte: Adaptado de Czap, Konowalenko e Andrade (2023)

No artigo de Czap *et al.* (2023) foi analisado que uma alta porcentagem do número de barragens do Sul e do Paraná merecem a atenção, pois os dados apontaram que cerca de 79% delas são destinadas a usos agropecuários, os quais representam um dos principais motores da economia sulista brasileira.

2.6 Sistema de classificação de barragens por Critério de Risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA)

Todos os represamentos têm sua fiscalização regida por um órgão governamental definido pelo Art. 5º da Lei n.º 12.334/2010. O artigo define que a fiscalização da segurança de barragens caberá (BRASIL, 2010):

- i. à entidade que outorga o direito de uso dos recursos hídricos, observado o domínio do corpo hídrico, quando o objeto for de acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico;
- ii. à entidade que concede, autoriza ou registra o uso do potencial hidráulico, quando se tratar de uso preponderante para fins de geração hidrelétrica;
- iii. à entidade que regula e fiscaliza as atividades minerárias, para fins de disposição de rejeitos;
- iv. à entidade que concede a licença ambiental, para fins de disposição de resíduos industriais;
- v. à entidade que regula, licencia e fiscaliza a produção e o uso da energia nuclear, quando se tratar de disposição de rejeitos de minérios nucleares.

A segurança dessas estruturas é crucial para prevenir acidentes e minimizar impactos ambientais e sociais. Por esse motivo é fundamental a especialização técnica por parte dos órgãos responsáveis pela fiscalização. Essa abordagem pode garantir que profissionais qualificados avaliem regularmente a integridade das barragens, identifiquem possíveis riscos e implementem medidas preventivas ou corretivas quando necessário. Além disso, ao centralizar a responsabilidade em um órgão específico, pode-se estabelecer padrões consistentes de avaliação e monitoramento em todo o país.

Dias (2023) explica que foi fundada uma organização não-governamental em 1928, chamada *International Commission on Large Dams* (ICOLD). A ICOLD desempenha um papel crucial na definição de padrões e diretrizes internacionais para a construção e operação seguras de barragens. Segundo registros disponíveis no site da organização, o Brasil tornou-se membro da comissão em 1976. Porém, a regulamentação específica sobre segurança de barragens no país foi implementada apenas em 2010, por meio da Lei n.º 12.334. Nota-se um lapso de tempo significativo entre a adesão do Brasil à ICOLD e a efetivação de legislação interna voltada para a segurança de barragens. As regulamentações e recomendações da ICOLD foram dois dos pilares que sustentaram a Política Nacional, pois era interessante assimilar as melhores práticas globais na gestão de barragens. Vale ressaltar que a comissão, atua como importante fórum internacional de compartilhamento de conhecimentos entre engenheiros, geólogos, cientistas e diversas organizações envolvidas na construção e gestão de barragens.

Para nortear esses agentes no cumprimento da fiscalização, a Lei n.º 12.334, de 2010 definiu os conceitos de Categoria de Risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA). A história desses conceitos está intrinsecamente ligada ao desenvolvimento da legislação e das normativas específicas para a segurança de barragens no Brasil.

O sistema de classificação de barragens por Categoria de Risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA) é o primeiro instrumento determinado pelo Art. 6º da Lei n.º 12.334, de 2010. A classificação da barragem é proposta pelo Art. 7º da mesma Lei e delega a responsabilidade aos agentes fiscalizadores. O referido artigo declara que as barragens serão classificadas pelos respectivos agentes, por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) (BRASIL, 2010).

Para cumprir o art. 7º da Lei n.º 12.334/2010, o CNRH editou a Resolução n.º 143/2012, que estabeleceu os critérios gerais para a classificação de barragens por categoria de risco (CRI) e dano potencial associado (DPA), em função das consequências à jusante e do volume do reservatório (CNRH, 2012).

2.6.1 Categoria de Risco (CRI)

O SNISB (2023) propõe que a Categoria de Risco (CRI) de uma barragem diz respeito aos aspectos da própria barragem que possam influenciar na probabilidade de um acidente, como os aspectos de projeto, integridade da estrutura, estado de conservação, operação da estrutura, manutenção e atendimento ao Plano de Segurança previamente estabelecido por seus idealizadores, sejam eles, engenheiros, geólogos, geofísicos e os demais profissionais que participam do projeto.

Viana *et al.* (2015) explicam que a CRI tem a função de aperfeiçoar os procedimentos de inspeção e de monitoramento dos programas voltados à segurança de barragens. Existem três graus de classificação para a Categoria de Risco (CRI), sendo eles: alto, médio e baixo. Barragens classificadas como “Alto Risco” demandam intervenções prioritárias, enquanto àquelas com “Baixo Risco” podem exigir uma abordagem menos intensiva. Esta classificação fornece abordagem integrada, permitindo avaliação mais precisa e contextualizada dos diferentes níveis de ameaça que as barragens podem apresentar.

Para descobrir em qual categoria a barragem se encontra, é preciso avaliar três critérios que podem influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente. São

eles: características técnicas (CT), estado de conservação (EC) e plano de segurança da barragem (PS) (CNRH, 2012).

As características técnicas estão ligadas aos fatores que foram previstos em projeto como a altura da barragem, comprimento, material com que foi construída, fundação estabelecida, vazão para qual foi projetada e o fator do tempo que a barragem existe (CNRH, 2012).

O estado de conservação diz respeito à operação do represamento, elencando a confiabilidade de suas estruturas extravasoras e adutoras, como ocorre a percolação pela barragem, se apresenta deformações ou não, recalques e deterioração de seus taludes, e como estão as condições de suas eclusas, caso possuam (CNRH, 2012).

No plano de segurança da barragem é considerado o nível de similaridade do projeto com a obra, qualificação técnica dos profissionais que operam a barragem, procedimentos de inspeção e frequência de sua aplicação, regras de operação dos dispositivos de descarga e os relatórios de inspeção composto pelas devidas análises e interpretações (CNRH, 2012).

A categoria de risco se obtém somando os pesos de todos os parâmetros. O Art. 4º de da Resolução n.º 143/2012 reforça aos órgãos fiscalizadores que eles podem adotar critérios complementares (desde que tecnicamente justificados) e que podem executar uma reavaliação da CRI, no máximo a cada cinco anos, caso julguem necessário. Desta forma, as classificações adotadas pelas agências e demais órgãos fiscalizadores apresentam pequenas diferenças entre os parâmetros adotados, justificadas pelos tipos de barragens às quais se aplicam (CNRH, 2012).

No parágrafo 3º da Resolução n.º 143/2012 é complementado que caso o proprietário da barragem não apresente informações sobre determinado critério especificado nos incisos e alíneas previstos na resolução, ou em critérios complementares, o determinado órgão fiscalizador aplicará a pontuação máxima para o referido critério. Com a complementação dada pela Lei n.º 14.066 de 2020, foi adicionado o parágrafo terceiro do Art. 7º da PNSB que determina: “O órgão fiscalizador deverá exigir do empreendedor a adoção de medidas que levem à redução da categoria de risco da barragem” (BRASIL, 2020).

Os parágrafos em questão trazem uma diretriz relacionada à fiscalização e classificação de barragens de rejeitos no Brasil, destacando a necessidade de transparência e responsabilidade por parte dos proprietários dessas estruturas.

Também enfatiza a importância do cadastro de informações completas e precisas pelos proprietários de barragens. A aplicação de pontuação máxima implica que a ausência de informações não será tratada de forma neutra, mas sim como uma situação que aumenta o potencial de risco da barragem, induzindo os responsáveis pela fiscalização a adotarem uma postura mais conservadora diante da falta de dados.

A complementação pela Lei n.º 14.066 de 2020 reforça essa abordagem ao acrescentar que o órgão fiscalizador deve exigir do empreendedor a adoção de medidas que levem à redução da categoria de risco da barragem. Isso implica que a responsabilidade pela segurança e gestão adequada da barragem é compartilhada entre o empreendedor (proprietário) e o órgão fiscalizador. A exigência de medidas para reduzir a categoria de risco é uma resposta direta à ausência ou insuficiência de informações, indicando a importância de um comprometimento efetivo por parte dos responsáveis pela barragem em garantir sua segurança e conformidade com as normativas.

2.6.2 Dano Potencial Associado (DPA)

Em 26 de fevereiro de 1972, em *Buffalo Creek*, Virgínia Ocidental, a barragem de rejeitos de polpa de carvão nº 3 operada pela *Pittston Coal Company* falhou, após um período de chuvas torrenciais, ocasionando na liberação de aproximadamente 500.000 de metros cúbicos de água contaminada e resultando na morte de 125 pessoas (CHERNOLOZ, 2017).

O autor complementa que os desastres em Buffalo Creek geraram uma séria preocupação pública e levaram o congresso americano a promulgar rapidamente a Lei Nacional de Inspeção de Barragens (Lei Pública 93-367) em 8 de agosto de 1972. A lei autorizou o Secretário do Exército, por intermédio do chefe dos engenheiros a realizar um programa nacional de inspeção de barragens com o propósito de proteger a vida humana e a propriedade. Esta e outras fatalidades destacaram a necessidade de avaliar não apenas a estabilidade das barragens, mas também os possíveis impactos de sua falha nas áreas circundantes e nas vidas humanas. Fato que conduziu a uma mudança paradigmática em direção à gestão de riscos, incorporando a análise dos danos potenciais em caso de falha, revelando a importância de considerar os contextos sociais, econômicos e ambientais.

Um fruto dessa mudança foi o conceito do Dano Potencial Associado (DPA), definido pelo SNISB (2023) como o dano que pode ocorrer devido ao rompimento,

vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, podendo ser graduado conforme as perdas de vidas humanas e impactos sociais, econômicos e ambientais.

Sua classificação também pode ser definida como alto, médio e baixo. Barragens classificadas como dano potencial associado baixo, indicam que os danos previstos em caso de falha são limitados em extensão e severidade. Em contrapartida, barragens com DPA alto, demandarão maior atenção e a adoção de medidas mais rigorosas para reduzir o risco e mitigar os possíveis impactos.

As classificações por Dano Potencial Associado, são expostas no artigo 5º da Resolução n.º 143/2012 e serão aplicadas considerando apenas um critério, dividido em sete parâmetros:

- i. existência de população à jusante com potencial de perda de vidas humanas;
- ii. existência de unidades habitacionais ou equipamentos urbanos, ou comunitários;
- iii. existência de infraestrutura ou serviços;
- iv. existência de equipamentos de serviços públicos essenciais;
- v. existência de áreas protegidas definidas em legislação;
- vi. natureza dos rejeitos ou resíduos armazenados;
- vii. volume.

O dano potencial associado é uma ferramenta crucial para uma avaliação abrangente e proporcional dos riscos associados às barragens. Ao considerar os possíveis danos em caso de falha, as autoridades podem direcionar recursos de forma mais eficiente, implementar medidas preventivas adequadas, e assegurar a segurança das comunidades e do meio ambiente nas áreas afetadas por essas estruturas.

Andeáros *et al.* (2013) explicam que além da categoria de risco e do dano potencia associado serem os primeiros critérios, são os mais importantes dos instrumentos da PNSB. Os autores reforçam que estas características devem balizar as medidas e procedimentos de monitoramento a serem adotados, determinando a periodicidade e o conteúdo mínimo das inspeções regulares e especiais, da revisão periódica, e a obrigatoriedade ou não de elaboração do plano de ação de emergência (PAE) da barragem, segundo regulamentos a serem publicados pelos agentes

fiscalizadores. Por fim, ressaltam que cada entidade fiscalizadora de segurança de barragem poderá estabelecer critérios específicos ou complementares aos critérios gerais estabelecidos pelo CNRH.

2.7 Plano de Segurança de Barragem (PSB)

Conforme a ANA (2022), o PSB é um conjunto de documentos e informações que retratam as condições e ações relativas à segurança da barragem, considerado item obrigatório para as barragens inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens. Está listado como instrumento da PNSB no Art. 6º da Lei n.º 12.334, de 2010, sendo regulamentado por meio da Resolução CNRH N.º 144, de 10 de julho de 2012.

De acordo com NEVES (2018) o PSB está entre as obrigações dos proprietários dos barramentos que se enquadram na PNSB, cujo objetivo é auxiliá-los na gestão da segurança de suas barragens, este documento deverá ser específico para cada construção de acordo com suas particularidades. O autor reforça que, sendo os responsáveis legais pela segurança da barragem, os empreendedores devem adotar as ações necessárias à implementação de um efetivo sistema de gestão da segurança, obedecendo às regulamentações estabelecidas pelos respectivos órgãos fiscalizadores.

2.8 Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB)

O SNISB foi criado pela Lei nº 12.334/2010 onde se define que deverá compreender coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações das barragens em construção, em operação e desativadas.

A ANA (2017) explica que iniciou o desenvolvimento do SNISB durante seu contrato de assistência técnica com o Banco Mundial. O Banco Mundial inicialmente realizou entrevistas com as áreas envolvidas e apresentou a ideia conceitual do sistema, ou seja, quais deveriam ser os módulos componentes do sistema e de que forma eles deveriam interagir. Em outras palavras, elaborou a concepção geral do sistema.

Conforme o SNISB (2023), o sistema contém informações consolidadas de barramentos para usos múltiplos da água, desde geração de energia elétrica e armazenamento, até contenção de resíduos industriais e rejeitos de mineração, sem

qualquer restrição em termos de altura ou capacidade total do reservatório, abrangendo barragens submetidas ou não à Lei n.º 12.334/2010. E ainda complementa que a inserção de informações está sob a responsabilidade de cada entidade ou órgão fiscalizador de segurança de barragens no Brasil. O sistema desempenha um papel crucial na gestão de riscos associados a barragens no Brasil e centraliza dados essenciais, incluindo categorias de risco, danos potenciais associados, resultados de inspeções e planos de segurança, proporcionando uma visão abrangente do cenário nacional.

A padronização e consolidação de informações pelo SNISB têm um impacto significativo na tomada de decisão. Ao fornecer uma base sólida para avaliações de risco, o sistema capacita gestores a direcionar ações preventivas e corretivas de forma mais eficaz. A comunicação facilitada entre os órgãos fiscalizadores promove uma abordagem integrada na gestão de barragens, contribuindo para uma resposta mais ágil a possíveis ameaças.

Apesar dos avanços, desafios persistem, como a necessidade de assegurar a qualidade e atualização constante dos dados, além da integração efetiva com órgãos estaduais. As perspectivas futuras do SNISB incluem considerações sobre tecnologias emergentes, aprimoramentos na coleta de dados e seu papel na promoção da transparência e participação pública.

Para acessar os dados mencionados sobre o panorama das barragens nacionais, é preciso realizar o *download* das informações que serão compiladas em um documento do tipo planilha de dados, cuja extensão permite seu acesso através de *softwares* como o Excel e análogos, e estão disponíveis publicamente no portal digital do sistema.

3 METODOLOGIA

3.1 Coleta e tratamento de dados

A pesquisa foi baseada nos dados de segurança de barragem que estão cadastrados no SNISB. No dia 21 de setembro de 2023, foi realizada a extração dos dados diretamente da plataforma digital da ferramenta. A escolha dessa data foi estratégica, considerando a necessidade de trabalhar com informações atualizadas e condizentes com o período de análise do estudo. O próprio sistema organiza e estrutura os dados em uma planilha intuitiva, garantindo a clareza e a facilidade na manipulação das informações.

A partir da obtenção da planilha, o programa Excel foi utilizado para realizar o tratamento do banco de dados. Os dados foram tratados da seguinte maneira:

- a) A primeira célula de cada coluna possui um critério. O relatório base do SNISB aborda mais de cinquenta critérios. A Tabela 2 apresenta três deles como exemplo:

Tabela 2 - Exemplo do *layout* do banco de dados disponibilizados pelo SNISB

Nome da Barragem	Uso Principal	Unidade Federativa
Barragem X	Industrial	RS
Barragem Y	Dessedentação Animal	PR
Barragem Z	Irrigação	SC

Fonte: Autoria própria (2023)

- b) Em seguida foi decidido quais seriam os dados selecionados para o tratamento nesta pesquisa. Estes são:
- as barragens cadastradas no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB);
 - tipo de material com que as barragens foram construídas;
 - tipo de empreendedor/proprietário de cada barragem e órgãos fiscalizadores;
 - quantas barragens estão reguladas pela Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB);
 - Categoria de Risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA);

- quantas possuem o Plano de Segurança de Barragem (PSB) e o Plano de Ação de Emergência (PAE).

Apenas as colunas dos critérios que seriam utilizados foram mantidas, em seguida foi aplicado um filtro na célula de Unidade Federativa e mantido apenas os três estados que compõe o Sul brasileiro;

- c) Os dados estão na forma de percentual e os valores das duas áreas geográficas foram comparados, dadas as devidas proporções. Foi verificado o total de barragens cadastradas para cada área, sendo 11763 (49,06% das barragens nacionais) barragens somando as construções do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Região Sul) e 1317 barragens distribuídas apenas pelo estado do Paraná (49,06% e 5,49% das barragens nacionais, respectivamente). Estes valores foram definidos como os denominadores nas divisões, sendo que os numeradores foram alterados dependendo do critério que seria avaliado.

Como mencionado anteriormente, as informações apresentadas nesta pesquisa estão relacionadas com os dados que foram cadastrados no portal do SNISB até o dia 21 de setembro de 2023. Se trata de toda informação que se tem oficialmente, não representando o total de barragens brasileiras na realidade, visto que, podem existir barragens que ainda não foram cadastradas.

4 RESULTADOS E DISCUÇÕES

4.1 Barragens cadastradas no SNISB

4.1.1 Região Sul

Através dos dados obtidos no item 3, é conhecido que o Sul brasileiro conta com 11763 barragens cadastradas no SNISB. Este valor representa 49,06% de todas as barragens brasileiras cadastradas no sistema, ou seja, aproximadamente metade dos represamentos brasileiros estão concentrados na menor das cinco regiões do país em extensão territorial. Este fato corrobora com a importância que essas construções têm para a população sulista no Brasil (SNISB, 2023).

A Tabela 3 mostra que destas mais de 11 mil barragens, cerca de 80,35%, estão distribuídas entre as funções de irrigação e dessedentação animal como seu uso principal (SNISB, 2023). Logo, é possível estabelecer uma relação entre o represamento e a agropecuária brasileira, além de uma relação direta com a economia do Brasil, pois conforme Castro (2014), o setor agropecuário da Região Sul tem uma participação significativa sobre o Produto Interno Bruto (PIB) agropecuário de todo o país. O autor acrescenta que, em termos de Valor Patrimonial (VP), a região fica atrás apenas da região Sudeste.

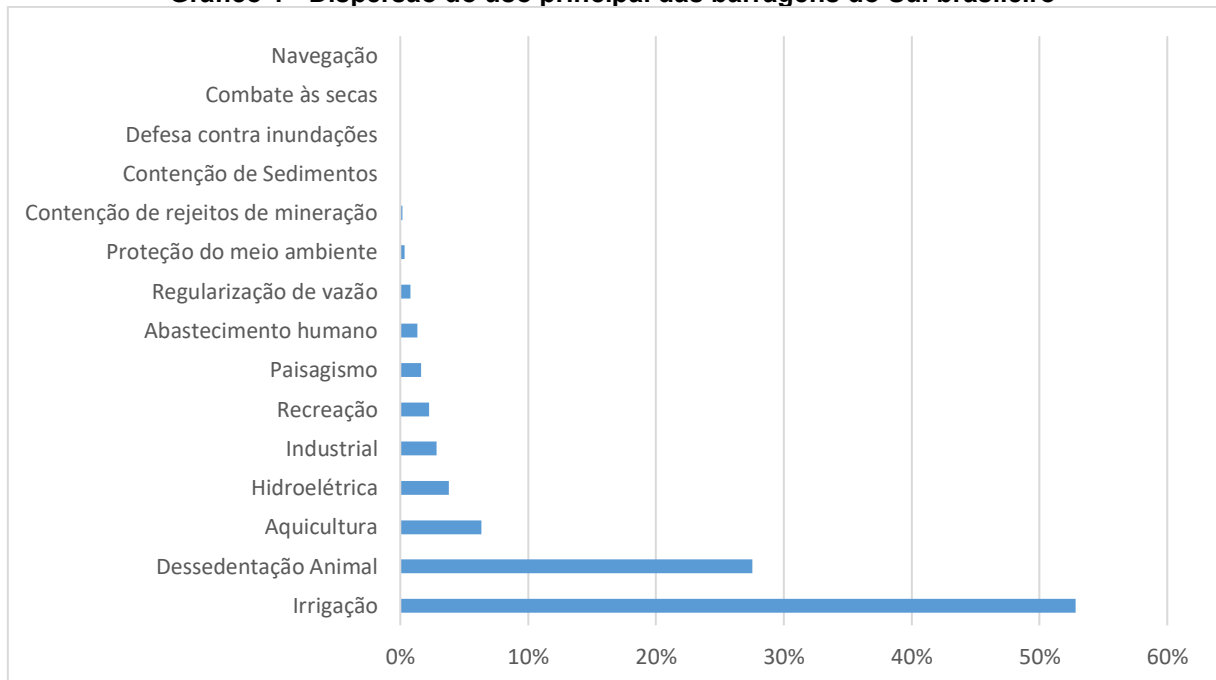
Tabela 3 - Percentual das barragens do Sul brasileiro por uso principal

Critério	Sul (%)
Irrigação	52,82%
Dessedentação Animal	27,54%
Aquicultura	6,32%
Hidroelétrica	3,82%
Industrial	2,86%
Recreação	2,27%
Paisagismo	1,64%
Abastecimento humano	1,33%
Regularização de vazão	0,78%
Proteção do meio ambiente	0,32%
Contenção de rejeitos de mineração	0,19%
Contenção de Sedimentos	0,04%
Defesa contra inundações	0,04%
Combate às secas	0,02%
Navegação	0,01%

Fonte: Autoria própria, com dados extraídos de SNISB (2023)

Os dados relativos aos principais usos das barragens cadastradas na Região Sul são visualizados de forma detalhada no Gráfico 1, onde as porcentagens associadas a cada categoria são representadas. A ferramenta gráfica oferece uma visão clara e intuitiva das proporções dos usos principais na Região Sul, destacando os segmentos que contribuem de maneira mais substancial para a distribuição dos dados.

Gráfico 1 - Dispersão do uso principal das barragens do Sul brasileiro



Fonte: Autoria própria, com dados extraídos de SNISB (2023)

Ao observar o Gráfico 1 nota-se de forma bastante clara a influência majoritária do setor primário da economia, que como explicam Almeida *et al.* (2013), é o setor que abrange lavoura, pecuária, caça, pesca (o qual possui representação no ramo da aquicultura, terceiro maior valor em pontos percentuais, totalizando 6,32%), bem como o extrativismo mineral, que também é uma atividade econômica que demanda a utilização de represas. Os dados comprovam que a maior parcela do setor extrativista da Região Sul está, de alguma maneira, apoiada no funcionamento correto das barragens, enfatizando a importância de zelar pela segurança destas construções.

4.1.2 Estado do Paraná

A quantidade de estruturas de represamento cujo valor é conhecido pelo SNISB (2023) no estado do Paraná, totalizam 1317 barragens. Este montante representa 11,20% das barragens do Sul do Brasil e 5,49% do total de barragens brasileiras cadastradas no sistema. O uso principal das barragens do Paraná não destoa do padrão estabelecido pelas barragens sulistas, visto que 33,03% têm como sua principal função a irrigação (27,49%) e a dessedentação animal (5,54%) (SNISB, 2023).

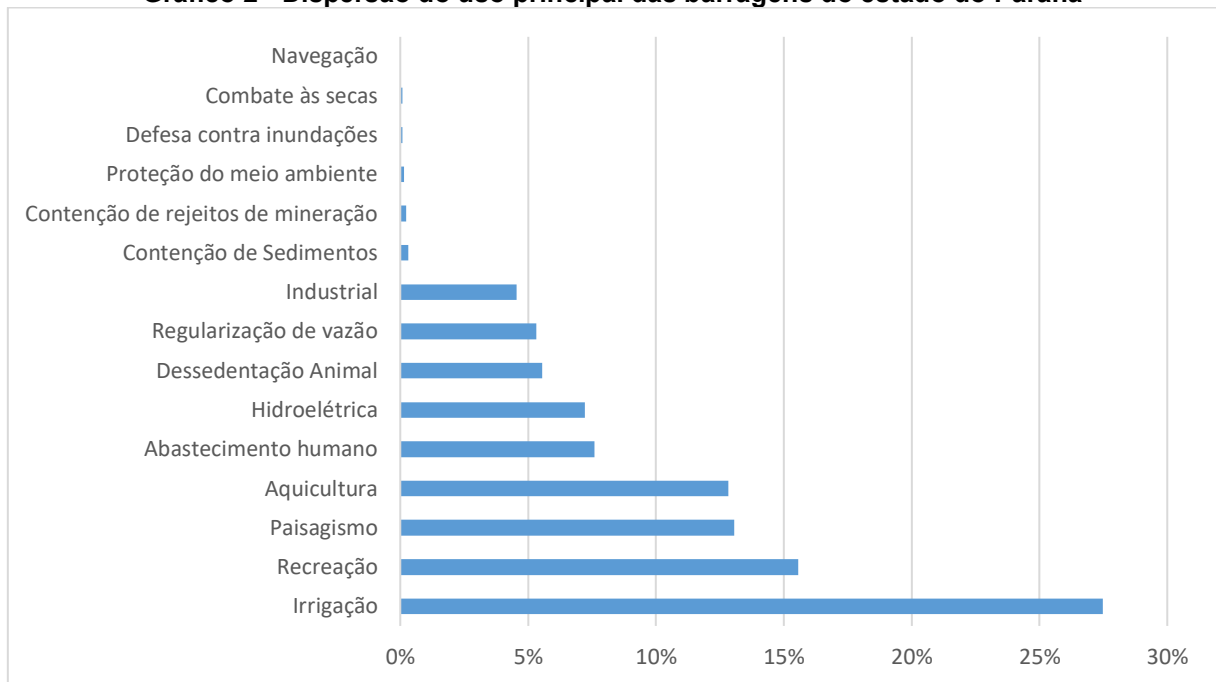
O SNISB (2023) também aponta que o diferencial em relação à Região Sul é entre o paisagismo (13,06%) e a aquicultura (cultivo de organismos cujo ciclo de vida em condições naturais se dá total ou parcialmente em meio aquático) (12,83%). Estes têm valores expressivos no montante de barragens, e mesmo o percentual de barragens de hidrelétricas, a principal fonte de energia do estado, contribui com apenas 7,21% do total. Os dados mencionados foram compilados na Tabela 4:

Tabela 4 - Percentual das barragens do estado do Paraná por uso principal

Critério	PR (%)
Irrigação	27,49%
Recreação	15,57%
Paisagismo	13,06%
Aquicultura	12,83%
Abastecimento humano	7,59%
Hidroelétrica	7,21%
Dessedentação Animal	5,54%
Regularização de vazão	5,32%
Industrial	4,56%
Contenção de Sedimentos	0,30%
Contenção de rejeitos de mineração	0,23%
Proteção do meio ambiente	0,15%
Combate às secas	0,08%
Defesa contra inundações	0,08%
Navegação	0,00%

Fonte: Autoria própria, com dados extraídos de SNISB (2023)

As porcentagens de todos os usos principais das barragens cadastradas no estado do Paraná estão apresentadas no Gráfico 2:

Gráfico 2 - Dispersão do uso principal das barragens do estado do Paraná

Fonte: Autoria própria, com dados extraídos de SNISB (2023)

O Gráfico 2, relacionado ao estado do Paraná, apresenta algumas diferenças em relação ao Sul, pois os valores estão distribuídos de maneira mais uniforme. A irrigação e a dessedentação animal ainda possuem valores expressivos, mas não são majoritários como no Sul. O diagrama indica a preocupação mais voltada para a estética, representada pelo paisagismo, e para o lazer, representado pela recreação e, mesmo que estas preocupações possam ser capitalizadas, o lado econômico não parece ser imperativo.

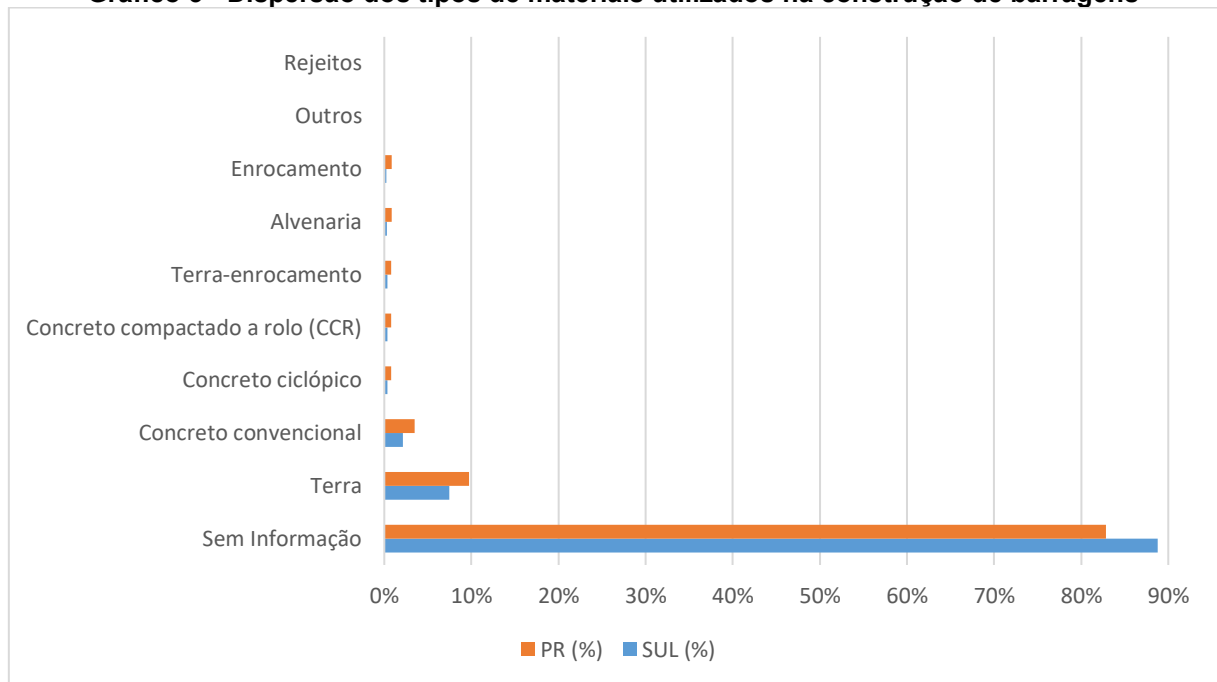
4.2 Materiais utilizados na construção das barragens

A diversidade de materiais empregados na construção de barragens é evidente tanto na Região Sul, como no estado do Paraná. A análise dos dados revela que a maioria das barragens registradas é construída com material de terra, representando 7,44% na Região Sul e 9,72% no Paraná. O concreto convencional surge como o segundo material mais utilizado, com percentuais de 2,13% e 3,49%, respectivamente, para a Região Sul e o Paraná (SNISB, 2023). Essa variedade de materiais reflete as diferentes abordagens adotadas na construção de barragens, cada uma com suas características específicas. A Tabela 5 e o Gráfico 3 apresentam os dados de forma integral:

Tabela 5 - Percentual dos tipos de materiais utilizados na construção de barragens

Tipo de material	Sul (%)	PR (%)
Sem Informação	88,80%	82,84%
Terra	7,44%	9,72%
Concreto convencional	2,13%	3,49%
Concreto ciclópico	0,37%	0,76%
Concreto compactado a rolo (CCR)	0,37%	0,76%
Terra-enrocamento	0,36%	0,76%
Alvenaria	0,28%	0,84%
Enrocamento	0,21%	0,84%
Outros	0,03%	0,00%
Rejeitos	0,03%	0,00%

Fonte: Autoria própria, com dados extraídos de SNISB (2023)

Gráfico 3 - Dispersão dos tipos de materiais utilizados na construção de barragens

Fonte: Autoria própria, com dados extraídos de SNISB (2023)

Os dados apontados pela Tabela 5 e pelo Gráfico 3 revelam uma lacuna significativa referente às informações sobre o material utilizado na construção das barragens, indicando uma preocupante defasagem de informações em ambas as localidades estudadas. A constatação de que mais de 80% das barragens apresentam informações incompletas sugere uma deficiência nos registros e na documentação relacionada a essas estruturas. A ausência de detalhes acerca dos materiais empregados nas barragens pode comprometer a avaliação adequada de sua segurança e resiliência, destacando a necessidade premente de aprimorar os

procedimentos de coleta e registro de dados para garantir uma gestão eficaz e transparente das infraestruturas. A discussão dos resultados ressalta a importância crítica de uma abordagem mais rigorosa e abrangente na documentação das características construtivas das barragens, visando a salvaguarda da integridade das estruturas e a prevenção de riscos associados.

Outra informação relevante mostrada pelo banco de dados do SNISB (2023) apontou que as represas que totalizam 0,03% e seus materiais estão descritos como “Outros”, referem-se às barragens de rejeitos localizadas no estado do Rio Grande do Sul, fiscalizadas pela Agência Nacional de Mineração (ANM).

4.3 Empreendedores das barragens da Região Sul

A análise dos dados provenientes do SNISB (2023) revela uma disparidade notável na distribuição de barragens com empreendedores cadastrados entre o Paraná e a Região Sul. Proporcionalmente, o Paraná destaca-se com um maior percentual de barragens associadas a empreendedores registrados em comparação com a Região Sul como um todo. Tal observação sugere um comprometimento mais expressivo do estado do Paraná com a regularização e o monitoramento das construções hídricas, indicando uma possível ênfase nas práticas de governança e gestão das citadas infraestruturas.

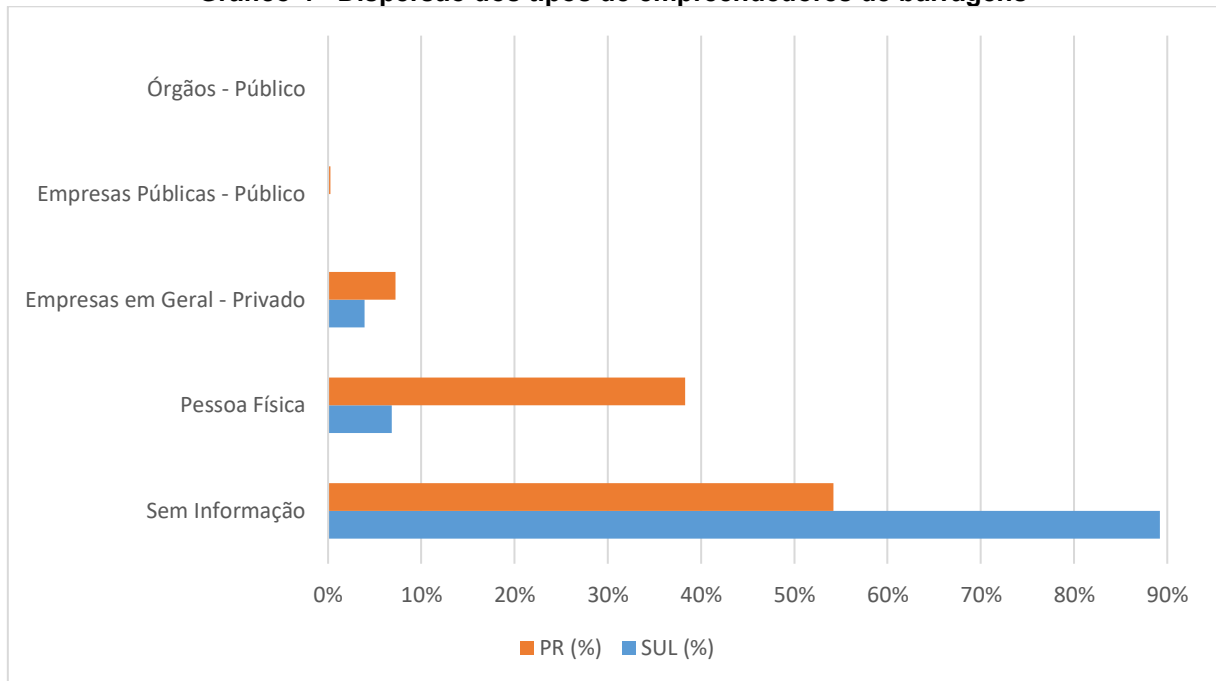
Ainda é possível notar que os empreendedores classificados como Pessoa Física são majoritários em relação às demais classificações. Informação esta que corrobora com a discussão do tópico 4.1, onde se estabeleceu um paralelo entre a saúde das barragens e do setor agropecuário no Sul brasileiro. Essas pessoas físicas possivelmente se tratam de pequenos produtores, pois segundo dados da *Food and Agriculture Organization* (FAO) (2018), 80% das explorações agrícolas do Brasil são do tipo familiar. Tal cenário brasileiro, permite que o país se destaque como a 8ª maior produtora de alimentos no mundo nesse segmento (SEAD, 2018).

A segunda maior porcentagem se refere à barragens pertencentes a empresas do setor privado, sendo detentoras de 7,21% no estado do Paraná e 3,90% na Região Sul. A Tabela 6 e o Gráfico 4 trazem as informações de forma mais ampla e visual.

Tabela 6 - Percentual dos tipos de empreendedores de barragens

Tipo de empreendedor	Sul (%)	PR (%)
Sem Informação	89,23%	54,21%
Pessoa Física	6,83%	38,27%
Empresas em Geral - Privado	3,90%	7,21%
Empresas Públicas - Público	0,03%	0,23%
Órgãos - Público	0,02%	0,08%

Fonte: Autoria própria, com dados extraídos de SNISB (2023)

Gráfico 4 - Dispersão dos tipos de empreendedores de barragens

Fonte: Autor, com dados extraídos de SNISB (2023)

É notável que parcelas significativas das barragens, tanto no Paraná (54,21%) quanto na Região Sul (89,23%) não possuem informação de propriedade. Esta lacuna de informações pode impactar na capacidade de fiscalização e gerenciamento das estruturas. A falta de clareza sobre os proprietários das barragens pode criar desafios adicionais para as autoridades responsáveis, dificultando a implementação efetiva de políticas de segurança e prevenção de riscos. Portanto, fica destacada a importância de abordagens mais abrangentes na coleta e disponibilização de informações, visando aprimorar as práticas de governança e promover uma gestão mais transparente e eficiente das barragens.

4.4 Órgãos fiscalizadores responsáveis pelas barragens do Sul brasileiro

O SNISB (2023) mostra que os órgãos que atuam na fiscalização das barragens do Sul são:

- Órgão Federais:
 - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA);
 - Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL);
 - Agência Nacional de Mineração (ANM).
- Órgãos Estaduais:
 - PR - Instituto Água e Terra (IAT);
 - RS - Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA-RS);
 - SC - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE).

Os dados sobre jurisdição da segurança de barragens no Sul brasileiro são descritos na Tabela 7:

Tabela 7 - Percentual dos órgãos fiscalizadores de barragens

Órgão fiscalizador	Sul (%)	PR (%)
Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA-RS)	84,33%	-
Instituto Água e Terra (IAT)	10,07%	89,90%
Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)	3,82%	7,21%
Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)	1,10%	2,66%
Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE)	0,50%	-
Agência Nacional de Mineração (ANM)	0,19%	0,23%

Fonte: Autor, com dados extraídos de SNISB (2023)

A atuação preponderante da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA-RS) na gestão de 84,33% das barragens na Região Sul enfatiza a importância deste órgão na supervisão e controle dessas estruturas no território. Esse elevado percentual reflete não apenas a amplitude de responsabilidades da SEMA-RS, mas também mostra sua influência na preservação ambiental, gestão sustentável e regulamentação dos recursos hídricos. Fato que ressalta a necessidade de uma cooperação estreita entre as autoridades ambientais federais, estaduais e os setores de infraestrutura para garantir a segurança, a sustentabilidade e a conformidade regulatória das barragens, contribuindo para a proteção dos ecossistemas e o bem-estar das comunidades locais.

O Instituto Água e Terra (IAT) desempenha um papel fundamental na gestão e supervisão das barragens no estado do Paraná, sendo responsável por quase 90% dessas estruturas. Essa significativa parcela de responsabilidade ressalta a importância estratégica e a centralidade do IAT na vigilância e regulamentação das barragens no contexto estadual. A atuação do órgão não apenas abrange a fiscalização das condições estruturais das barragens, mas também está intrinsecamente ligada à segurança hídrica, gestão ambiental e controle dos recursos naturais. A expressiva participação percentual reforça a relevância do IAT como um membro importante de proteção à integridade das barragens no estado.

Existem 1206 barragens no Sul que se enquadram na Política Nacional, ou seja, elas possuem a graduação de perigo mais alta para a Categoria de Risco, Dano Potencial Associado ou ambos, a Tabela 8 mostra um percentual das barragens do Sul nestas condições e compara quantos pontos percentuais pertencem a cada órgão fiscalizador.

Tabela 8 - Percentual de barragens que se enquadram na PNSB para cada órgão fiscalizador

Órgão Fiscalizador	Sul (%)
Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura - SEMA	65,67%
Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL	24,46%
Instituto das Águas do Paraná - AGUASPARANÁ	5,72%
Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável - SDE	3,07%
Agência Nacional de Mineração - ANM	0,91%
Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA	0,17%

Fonte: Autor, com dados extraídos de SNISB (2023)

Os dados do SNISB (2023) mostram que a atuação responsável e eficiente da Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA-RS) do Rio Grande do Sul e da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é crucial diante do cenário em que 65,67% das barragens que se enquadram na Política Nacional de Segurança de Barragens estão sob a jurisdição da SEMA-RS, enquanto 24,46% são de responsabilidade da ANEEL.

No âmbito da SEMA, a preocupação deve se concentrar na implementação de medidas rigorosas de fiscalização, monitoramento e manutenção das barragens sob sua jurisdição. É imperativo que a SEMA-RS adote práticas de gestão ambiental eficazes, promova auditorias regulares e garanta a aplicação de normas e regulamentos adequados para mitigar os riscos associados a essas estruturas. Além

disso, é essencial que a SEMA-RS promova a transparência nas informações relacionadas às barragens, permitindo uma avaliação precisa do estado de segurança dessas estruturas.

No que diz respeito à ANEEL, a agência desempenha um papel crucial na regulação das barragens ligadas à geração de energia elétrica. Sua atuação deve abranger a implementação de políticas de segurança específicas, a condução de inspeções detalhadas e a garantia de que as concessionárias cumpram integralmente as normativas relacionadas à segurança de barragens. A ANEEL deve assegurar que as empresas responsáveis pela operação das barragens estejam em conformidade com os mais altos padrões de segurança e que investimentos adequados sejam destinados à manutenção e modernização dessas estruturas.

Ambas as entidades, SEMA-RS e ANEEL, devem priorizar ações coordenadas, compartilhando informações e recursos para garantir uma abordagem abrangente e eficaz diante do desafio representado pelas barragens com potencial de risco elevado. Além disso, é essencial que haja uma comunicação transparente com a população, promovendo a conscientização sobre os riscos associados às barragens e as medidas adotadas para mitigá-los. A implementação de políticas robustas, aliada a uma fiscalização eficiente, é fundamental para garantir a segurança das barragens, protegendo não apenas o meio ambiente, mas também as comunidades que podem ser afetadas em caso de incidentes.

4.5 Enquadramento na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB)

As Leis n.º 12.334/2010 e n.º 14.066/2020 estabelecem cinco critérios, conforme abordado no item 2.2 desta pesquisa, para que as barragens estejam sob a jurisdição dessa política. É imperativo que as barragens atendam pelo menos a um desses requisitos para se enquadrarem na PNSB. Nesse contexto normativo, os dados referentes ao enquadramento na PNSB para a Região Sul estão minuciosamente detalhados na Tabela 9, proporcionando uma visão abrangente sobre a conformidade das barragens com os critérios estipulados pela política nacional de segurança.

Tabela 9 - Percentual das barragens do Sul brasileiro que se enquadram na PNSB

Classificação de enquadramento	Percentual
Não classificada	81,40%
Se enquadra	13,69%
Não se enquadra	4,91%

Fonte: Autor, com dados extraídos de SNISB (2023)

Os dados apontam que apenas 13,69% das barragens se enquadram, mas esse número não significa a totalidade das represas amparadas pela PNSB, visto que 81,40% das barragens cadastradas ainda não foram classificadas. Isto implica na impossibilidade do cumprimento dos objetivos da lei que são: garantir que padrões de segurança de barragens sejam seguidos, de forma a reduzir a possibilidade de acidentes e suas consequências, além de regulamentar as ações e padrões de segurança.

Conforme a Agência Estadual de Notícias (AEN) (2023), em 2021, o Governo do Paraná, por meio do Instituto Água e Terra (IAT) e o Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (Simepar), começou a vistoriar as barragens do estado com reservatórios superiores a 10 mil metros quadrados (um hectare). Na fase inicial, 800 complexos foram inspecionados. Em junho de 2023 o projeto prosseguiu para a segunda etapa, onde o IAT prevê a vistoria de mais 1,6 mil estruturas, com investimento de R\$ 4,33 milhões.

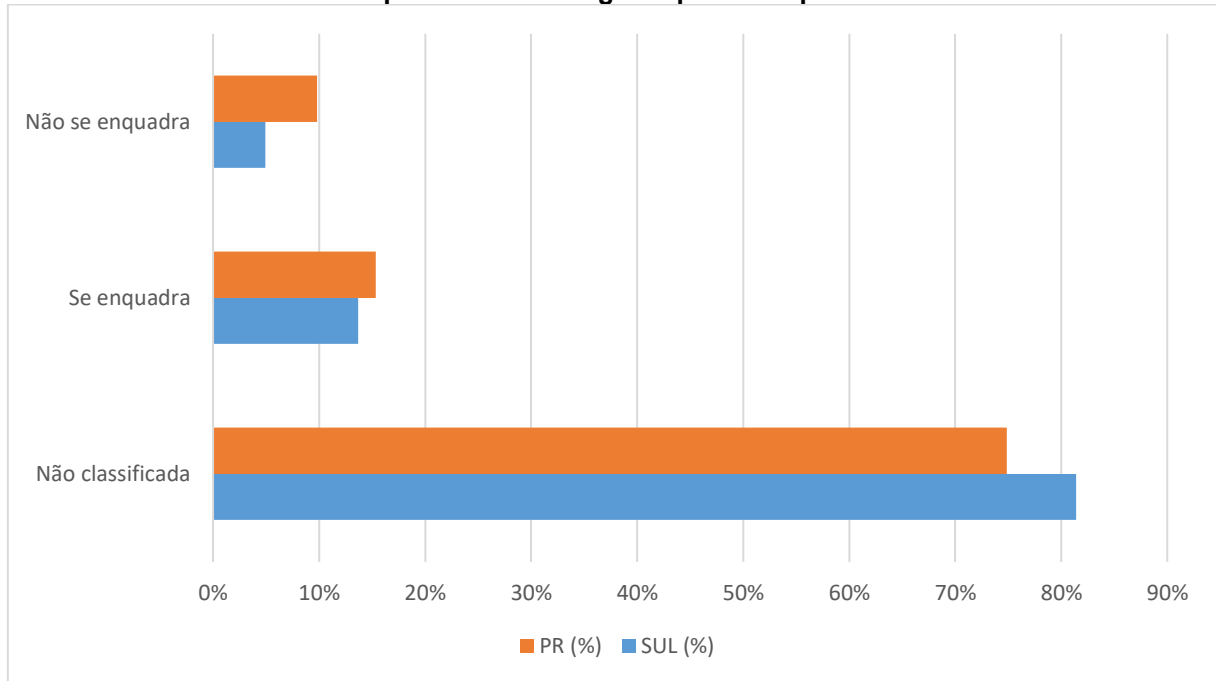
O portal de notícias reforça que a estimativa do IAT é de realizar o mapeamento de 100% das barragens do Paraná até 2024. Esse levantamento vai permitir aos empreendedores regularizarem a situação junto ao órgão ambiental em relação à segurança da estrutura e aos possíveis riscos à população. O investimento total é de aproximadamente R\$ 6 milhões.

Para o estado do Paraná, os dados de enquadramento na PNSB estão descritos na Tabela 10 abaixo:

Tabela 10 - Percentual das barragens do estado do Paraná que se enquadram na PNSB

Classificação de enquadramento	Percentual
Não classificada	74,87%
Se enquadra	15,34%
Não se enquadra	9,79%

Fonte: Autor, com dados extraídos de SNISB (2023)

Gráfico 5 - Dispersão das barragens que se enquadram na PNSB

Fonte: Autor, com dados extraídos de SNISB (2023)

O estado do Paraná apresenta uma leve vantagem de 6,53 pontos percentuais para barragens identificadas no enquadramento na PNSB em relação ao Sul do Brasil, este fato pode implicar que os proprietários das barragens paranaenses são mais responsáveis com a segurança de suas represas em relação aos empreendedores da Região Sul. Pode implicar também que os órgãos fiscalizadores estão sendo mais eficientes no estado. Estes números podem se tornar ainda mais favoráveis quando se leva em consideração os esforços do IAT, supramencionados.

Para os critérios que serão apresentados a seguir, notou-se uma repetição no padrão de informações incompletas ou inexistentes. Isso reflete o longo percurso que ainda precisa ser trilhado em direção ao completo cadastramento das barragens no Brasil, em especial no Sul e particularmente no estado do Paraná. Portanto, daqui em diante, este trabalho irá tecer considerações apenas sobre a segurança das barragens que dispõem de informações no SNISB.

4.6 Categoria de Risco (CRI)

O ANA (2023) explica que a Categoria de Risco (CRI) de uma barragem diz respeito aos aspectos da própria barragem que possam influenciar na probabilidade de um acidente: aspectos de projeto, integridade da estrutura, estado de conservação, operação e manutenção e atendimento ao Plano de Segurança.

Em relação ao critério de Categoria de Risco, o Sul brasileiro e o estado do Paraná apresentam os seguintes dados:

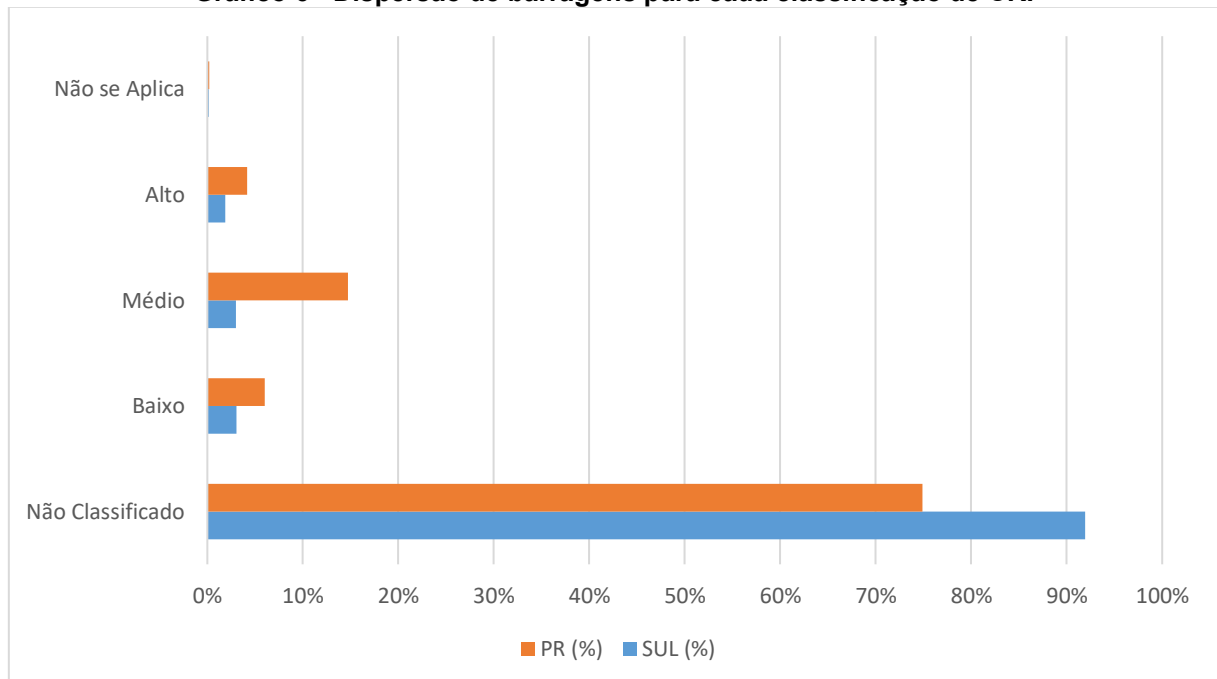
Tabela 11 - Percentual de barragens para cada classificação de CRI

Classificação do CRI	Sul (%)	PR (%)
Não classificado	91,95%	74,87%
Baixo	3,06%	6,00%
Médio	2,99%	14,73%
Alto	1,88%	4,18%
Não se aplica	0,12%	0,23%

*Os dados que representam a faixa “Não se aplica” se referem a barragens que não se enquadram na PNSB (BRASIL, 2010).

Fonte: Autor, com dados extraídos de SNISB (2023)

Gráfico 6 - Dispersão de barragens para cada classificação de CRI



Fonte: Autor, com dados extraídos de SNISB (2023)

A situação apresentada na Tabela 11 e no Gráfico 5, revela um cenário complexo e preocupante no que diz respeito à segurança das barragens na Região Sul do Brasil, em particular no estado do Paraná, pois a classificação de risco é uma ferramenta crucial para avaliar e mitigar possíveis impactos decorrentes da instabilidade estrutural das barragens.

Em primeiro lugar, observa-se que 1,88% das barragens no Sul brasileiro e 4,18% no Paraná são classificadas como de alto risco, uma dessas represas se

encontra em estado de descomissionamento (se trata do momento em que as atividades da estrutura se encerram). Ou seja, ela para de receber rejeitos, e inicia a transição para que se torne uma área estável a longo prazo, como explica DeHeer (2001).

Essa classificação elevada sugere a existência de possíveis falhas estruturais ou condições operacionais que aumentam significativamente a probabilidade de ruptura. Esse é um indicativo sério e demanda atenção imediata por parte das autoridades responsáveis e dos órgãos reguladores. Entretanto, o fato mais alarmante reside na grande proporção de barragens sem classificação, representando 91,95% no Sul brasileiro e 74,87% no Paraná (SNISB, 2023). A ausência de uma classificação de risco impede uma avaliação adequada do estado de segurança dessas estruturas, tornando difícil a implementação de medidas preventivas e corretivas.

Essa lacuna na classificação pode ser atribuída a diversas razões, tais como a falta de recursos financeiros e técnicos, a deficiência na legislação e fiscalização, ou mesmo a negligência por parte dos responsáveis pelas barragens. A ausência de uma avaliação de risco compromete a capacidade de antecipação e resposta a problemas que podem surgir, aumentando o risco de incidentes catastróficos.

Diante desse quadro, é imperativo que haja uma revisão e fortalecimento dos sistemas de monitoramento e avaliação de barragens na Região Sul, com especial atenção ao estado do Paraná. É necessário o estabelecimento de políticas públicas e regulamentações mais rigorosas, aliadas a um aumento nos recursos destinados à fiscalização e manutenção das barragens. Além disso, é recomendável a implementação de programas de capacitação e conscientização para os gestores das barragens, visando assegurar boas práticas de operação e manutenção. A transparência nas informações sobre o estado das barragens também é fundamental para promover a participação da sociedade na fiscalização e cobrança por medidas preventivas.

A presença significativa de barragens sem classificação, somada à existência de estruturas de alto risco, destaca a urgência de ações coordenadas e eficazes por parte das autoridades competentes. O aprimoramento dos mecanismos de avaliação de risco e a implementação de medidas preventivas são essenciais para garantir a segurança das barragens e mitigar impactos adversos para a população e o meio ambiente.

4.7 Dano Potencial Associado (DPA)

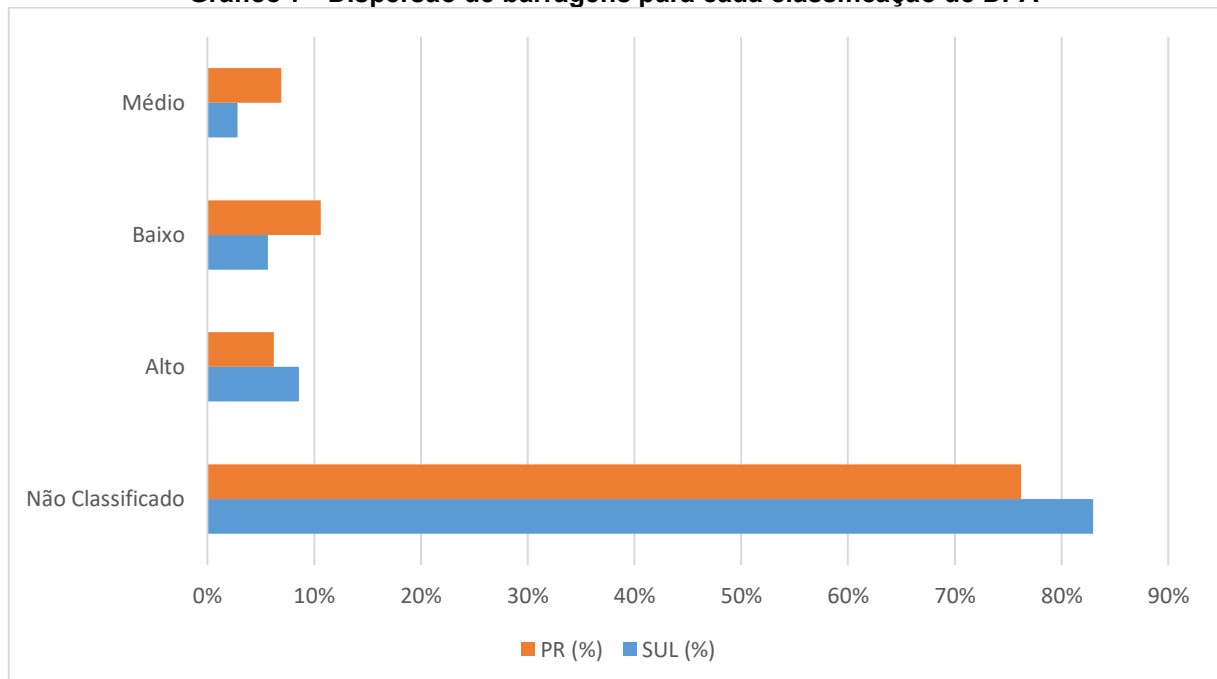
O estado do Paraná tem 23,77% das barragens classificadas para o Dano Potencial Associado, contra 17,05% na Região Sul. Mais uma vez a responsabilidade dos empreendedores de barragens paranaenses pôde ser demonstrada, visto que proporcionalmente, o Paraná possui mais barragens classificadas (SNISB, 2023). Os dados para o Dano Potencial Associado das barragens sulistas e paranaenses são apresentados na Tabela 12 e no Gráfico 7:

Tabela 12 - Percentual de barragens para cada classificação de DPA

Classificação do DPA	Sul (%)	PR (%)
Não classificado	82,95%	76,23%
Alto	8,57%	6,23%
Médio	5,68%	10,63%
Baixo	2,81%	6,91%

Fonte: Autor, com dados extraídos de SNISB (2023)

Gráfico 7 - Dispersão de barragens para cada classificação de DPA



Fonte: Autor, com dados extraídos de SNISB (2023)

A análise do Dano Potencial Associado (DPA) às barragens na Região Sul do Brasil, com destaque para o estado do Paraná, revela um quadro igualmente crítico. Aferir o DPA é essencial para avaliar as possíveis consequências e impactos que um eventual colapso de uma barragem pode acarretar.

As barragens da Região Sul do Brasil que estão classificadas em relação ao DPA, conforme visto na Tabela 12 e no Gráfico 7, somam 17,05%, este valor representa mais que o dobro das barragens classificadas em relação ao CRI, um dos fatores que pode contribuir com esses dados é que a classificação por DPA exige menos procedimentos, como visto no item 2.2. Mesmo assim, ainda não há dados de mais de 80% das barragens, isso significa que as populações que vivem a jusante de muitas represas estão sob um risco desconhecido, relacionados à sociedade e ao meio ambiente. Cabe aos órgãos competes a fiscalização e a cobrança dos proprietários para que as classificações sejam executadas (SNISB, 2023).

Os dados do SNISB (2023) também indicam que 8,57% das barragens no Sul brasileiro e 6,23% no Paraná possuem classificação de Dano Potencial Associado como alto. Essa classificação sugere que, em caso de ruptura, tais barragens têm a capacidade de gerar danos significativos às vidas humanas, propriedades, infraestruturas e ao meio ambiente. É imperativo que medidas sejam adotadas para mitigar esse potencial de impacto. Entretanto, a situação torna-se ainda mais preocupante ao constatar que uma parcela expressiva de barragens, representando 82,95% no Sul brasileiro e 76,23% no Paraná, não possui classificação de DPA. Esta ausência de categorização dificulta a identificação e priorização de ações necessárias para minimizar os riscos associados.

A falta de classificação do Dano Potencial Associado, assim como foi abordado sobre a falta de classificação da Categoria de Risco, pode ser atribuída a diversas razões, incluindo a carência de recursos para avaliações detalhadas, lacunas na legislação, e limitações nas capacidades técnicas. Essa lacuna na avaliação do potencial de dano impede uma abordagem proativa na implementação de medidas preventivas e na preparação para a resposta a eventuais incidentes.

Diante deste cenário, é crucial enfatizar a necessidade de fortalecer os mecanismos de avaliação e classificação do DPA para todas as barragens na região, com ênfase especial no Paraná. A revisão das diretrizes regulatórias, investimentos em tecnologias de monitoramento avançadas e a alocação de recursos adequados são medidas essenciais para superar essa deficiência.

Em acréscimo, é recomendável a implementação de auditorias periódicas conduzidas por profissionais especializados para garantir a precisão e atualização das avaliações de Dano Potencial Associado. A divulgação transparente dessas informações é crucial para a promoção da *accountability* (termo da língua inglesa

utilizado para descrever a responsabilização ou prestação de contas) e para a conscientização da comunidade acerca dos riscos associados às barragens em suas proximidades.

A elevada porcentagem de barragens sem classificação de Dano Potencial Associado, aliada à existência de estruturas com potencial de dano alto, enfatiza a necessidade urgente de aprimorar os processos de avaliação e categorização. Somente por meio de ações assertivas, regulamentação eficiente e investimentos adequados será possível assegurar a segurança das barragens e mitigar os impactos adversos que podem surgir em caso de incidentes.

4.8 Plano de Segurança da Barragem (PSB)

Os dados do SNISB (2023) apontam que apenas 1,71% das 11.763 barragens do Sul brasileiro apresentam o Plano de Segurança da Barragem, contra 98,29% das barragens que não dispõem deste recurso de segurança. O PSB, como mencionado no item 2.6, é obrigatório a todas as barragens enquadradas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), portanto subtraindo o percentual de barragens enquadradas na PNSB (obtido no item 4.5) do percentual das que já apresentam o PSB, obtém-se um valor de 11,98% de barragens sulistas cujos proprietários não estão cumprindo com a legislação. Vale ressaltar que esse valor apesar de pequeno é perigoso, pois foram desconsideradas todas as barragens que ainda não tiveram sua classificação tabelada.

Tabela 13 - Percentual de barragens que possuem PSB

Possui PSB	Sul (%)	PR (%)
Não	98,29%	96,58%
Sim	1,71%	3,42%

Fonte: Autor, com dados extraídos de SNISB (2023)

Os dados mostram que apenas 3,42% das 1317 barragens do estado do Paraná apresentam o Plano de Segurança da Barragem, contra 96,58% das barragens que não dispõem deste recurso de segurança. Portanto, 11,92% das barragens paranaenses não estão cumprindo com a legislação, desconsiderando as barragens que não foram classificadas, um valor bem próximo ao obtido para a Região Sul (SNISB, 2023).

4.8.1 Plano de Ação de Emergência (PAE)

O Art. 12 da Lei n.º 12.334/2010 define o PAE como um documento formal, a ser elaborado pelo Empreendedor, no qual deverão ser estabelecidas as ações a serem executadas pelo mesmo em caso de emergência, bem como identificados os agentes a serem notificados dessa ocorrência (BRASIL, 2010).

Como mencionado no item 2.5 desta pesquisa, o Plano de Ação de Emergência (PAE) é um documento que faz parte do PSB e está intimamente relacionado a ele. Sendo assim, os valores percentuais de barragens que possuem o PSB e o PAE deveriam ser equivalentes, porém não é o que os dados do SNISB (2023) apontam. O Sul está com 0,3 pontos percentuais para o PAE abaixo dos pontos relacionados ao PSB e o Paraná tem 0,38 pontos abaixo do esperado, como pode ser visto na Tabela 14:

Tabela 14 - Relação entre o PSB e o PAE

Planos	Sul (%)	PR (%)
PSB	1,71%	3,42%
PAE	1,41%	3,04%

Fonte: Autor, com dados extraídos de SNISB (2023)

4.8.2 Relação entre barragens que possuem PSB e seu uso principal

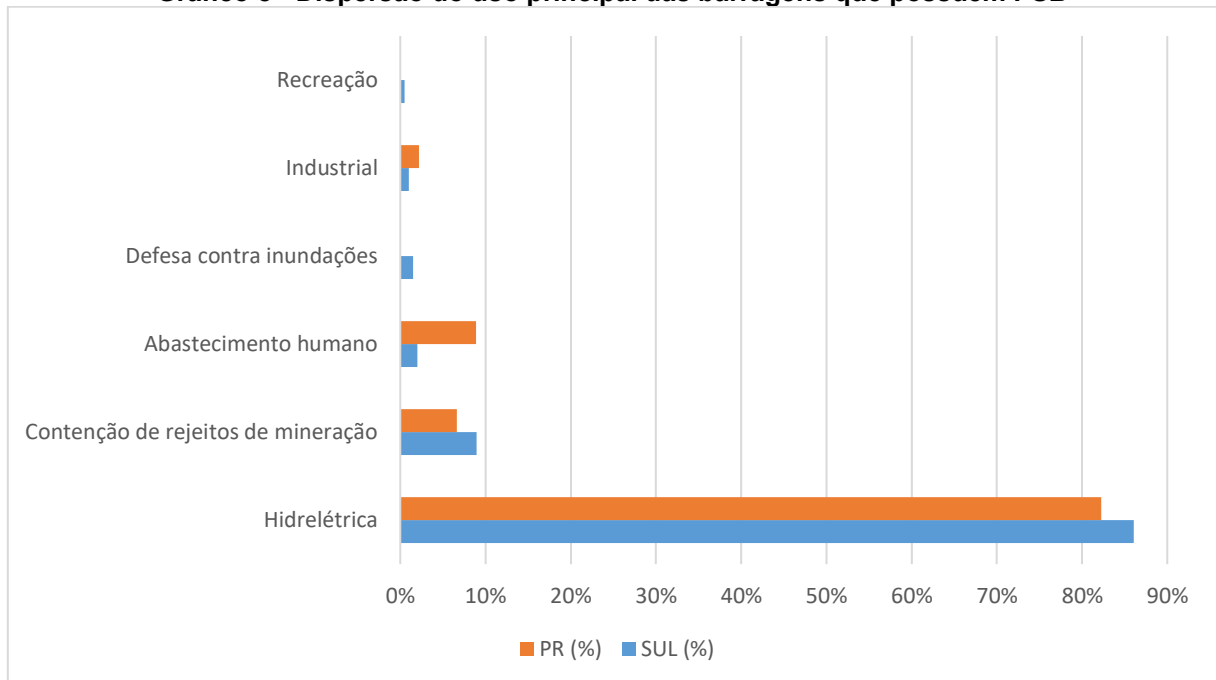
A PNSB foi atualizada recentemente pela Lei n.º 14.066/2020 e dentre outras providências, impôs maior responsabilidades aos empreendedores das barragens e aumentou os valores das multas aplicáveis em casos de acidentes. Sendo assim, é possível traçar um paralelo entre esse fato e a informação retirada da Tabela 15, a qual aponta que as hidrelétricas sulistas totalizam o percentual majoritário das 201 barragens que possuem o PSB. Os proprietários de tais obras possuem muito capital, acionistas e grande número de colaboradores e um desastre ambiental como o rompimento de suas represas poderia acarretar grandes perdas para o empreendimento, em termos financeiros e morais (SNISB, 2023).

Assim como o diagnóstico para a Região Sul, das 45 barragens paranaenses que possuem PSB, mais de 80% delas são hidrelétricas, mostrando a responsabilidade do setor com a segurança (SNISB, 2023).

Tabela 15 - Percentual do uso principal das barragens que possuem PSB

Uso principal	Sul (%)	PR (%)
Hidrelétrica	86,07%	82,22%
Contenção de rejeitos de mineração	8,96%	6,67%
Abastecimento humano	1,99%	8,89%
Defesa contra inundações	1,49%	-
Industrial	1,00%	2,22%
Recreação	0,50%	-

Fonte: Autor, com dados extraídos de SNISB (2023)

Gráfico 8 - Dispersão do uso principal das barragens que possuem PSB

Fonte: Autor, com dados extraídos de SNISB (2023)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo realizar uma análise comparativa da segurança das barragens do Sul brasileiro, com foco no estado do Paraná. Foram examinados os procedimentos de monitoramento, as políticas de fiscalização e as medidas de mitigação de riscos adotadas tanto pela Região Sul, bem como pelo estado do Paraná. A análise comparativa permitiu identificar as principais semelhanças e diferenças na abordagem de segurança adotadas pela região e estado citados.

Os principais pontos a serem considerados sobre os resultados obtidos são:

- a Região Sul do Brasil e o estado do Paraná se assemelham em relação aos números de segurança já que a média dos dados que não se tem informação ou não foram classificados ultrapassa 80%;
- a fiscalização está sendo insuficiente visto que os números apontam falta de informações quanto ao enquadramento na PNSB e de classificações em relação a Categoria de Risco e ao Dano potencial Associado para uma proporção extremamente elevada as barragens cadastradas;
- o alto percentual de barragens não classificadas é um problema cuja responsabilidade está dividida entre empreendedores, órgãos fiscalizadores e a comunidade implica diretamente na falta de segurança, pois o órgão fiscalizador não tem informações suficientes para exigir contramedidas como o desenvolvimento do Plano de Segurança da Barragem e do Plano de Ação de Emergência pelos proprietários;
- as barragens dessas áreas geográficas merecem atenção, pois como os dados apontaram, mais de 80% delas são destinadas a uso agropecuário, os quais representam um dos principais motores da economia sulista brasileira;

O autor deixa como sugestão para trabalhos futuros a iniciativa de projetos extensionistas que abordem o levantamento de dados e a classificação de barragens de modo a contribuir com o empreendedor e conseqüentemente com o SNISB. A proposta é um meio de auxiliar na identificação das barragens que se enquadram na PNSB. Ademais, dados abordados nesta pesquisa, como os de classificação de CRI, bem como aqueles relacionados ao DPA, podem ser objetos de atividade extensionista.

REFERÊNCIAS

AEN. Agência Estadual de Notícias. **Estado começa a segunda fase da fiscalização de segurança nas barragens do Paraná.** Agência Estadual de Notícias, 06 de jul. 2023. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Estado-comeca-segunda-fase-da-fiscalizacao-de-seguranca-nas-barragens-do-Parana>. Acesso em: 23 nov. 2023.

ALMEIDA, A. N.; SILVA, J. C. G. L.; ANGELO, H. **Importância dos setores primário, secundário e terciário para o desenvolvimento sustentável.** Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 9, n. 1, 2013. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/874/320>. Acesso em: 05 dez. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Classificação de Barragens: Melhores Práticas Nacionais e Internacionais.** Brasília: ANA, 2013. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/publicacoes/ArquivosPNSB_Docs_Estruturantes/produto-03-2013-classificacao-de-barragens-melhores-praticas-nacionais-e-internacionais.pdf. Acesso em: 07 nov. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Definições Importantes sobre Segurança de Barragens.** Brasília, 2022. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/outros/definicoes-importantes-sobre-seguranca-de-barragem.pdf. Acesso em: 20 nov. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Manual de Políticas e Práticas de Segurança de Barragens para Entidades Fiscalizadoras.** Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/api/file/download/196/4/MANUAL.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens Volume V: Diretrizes para a Elaboração de Projeto de Barragens.** 2016. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/api/file/download/192/4/volume-v-diretrizes-para-a-elaboracao-de-projetos-de-barragens.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Perguntas Frequentes.** Brasília: ANA, 2023. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/perguntas-frequentes>. Acesso em: 28 nov. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Relatório de Segurança de Barragens 2022.** Brasília: SNISB, 2023. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/inicio>. Acesso em: 23 out. 2023. (Relatório técnico).

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Resolução n. 236, de 30 de janeiro de 2017.** Estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de

Ação de Emergência, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB. Disponível em: <https://agencia.baciaspcj.org.br/docs/resolucoes/resolucao-ana-236-17.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023.

ANDERÁOS, A.; ARAUJO, L. M. N.; NUNES, C. M. **Classificação de barragem quanto à categoria de risco e ao dano potencial associado - um exercício**. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 10, Bento Gonçalves-RS, v. 32, 2013.

BARROS, M; ANGELIM, Y. **A construção de barragens no Brasil como estratégia de reprodução do capital**. Anais do Encontro Internacional e Nacional de Política Social, v. 1, n. 1, 2016.

BRASIL. Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA). **Defis divulga resultados da força-tarefa de fiscalização de barragens no Paraná**. Disponível em: <https://www.crea-pr.org.br/ws/defis-divulga-resultados-da-forca-tarefa-de-fiscalizacao-de-barragens-no-parana/>. Acesso em: 23 out. 2023.

BRASIL. **Lei Federal n. 9.984, de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico. Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984.htm#:~:text=LEI%20No%209.984%2C%20DE%2017%20DE%20JULHO%20DE%202000.&text=Dispõe%20sobre%20a%20criação%20da,Hídricos%2C%20e%20dá%20outras%20providências. Acesso em: 14 nov. 2023.

BRASIL. **Lei Federal n. 12.334, de 20 de setembro de 2010**. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm. Acesso em: 14 nov. 2023.

BRASIL. **Lei Federal n. 14.066, de 30 de setembro de 2020**. Altera a Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei n.º 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei n.º 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14066.htm. Acesso em: 14 nov. 2023.

CARVALHO, D. **Barragens uma introdução para graduandos**. FEAGRIUNICAP, 2011.

CASTRO, C. N. **A agropecuária na Região Sul: limitações e desafios futuros.**

Texto para Discussão, 2014. Disponível em:

<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/121672/1/797233245.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023.

CHERNOLOZ, Oleksiy. **Cataloging Tailings Dams in Arizona.** 2017. Tese de

Doutorado. The University of Arizona. Disponível em:

https://repository.arizona.edu/bitstream/handle/10150/625329/azu_etd_15573_sip1_m.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 06 dez. 2023.

COSTA, D. C.; *et al.* **Segurança de barragens: panorama histórico da legislação**

brasileira. Athenas: revista de direito, política e filosofia, 2020. Disponível em:

https://www.fdcl.com.br/revista/site/download/fdcl_athenas_ano9_vol1_2020_artigo06.pdf. Acesso em: 20 out. 2023.

CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução n. 143, de 10 de julho**

de 2012. Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de

risco, dano potencial associado e pelo seu volume, em atendimento ao art. 7º da Lei

nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Disponível em:

https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada/resolucao-cnrh-143-2012.pdf. Acesso em: 15 nov. 2023.

CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução n. 144, de 10 de julho**

de 2012. Estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de

Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema

Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, em atendimento ao art. 20

da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que alterou o art. 35 da Lei n.º 9.433,

de 8 de janeiro de 1997. Disponível em:

https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada/resolucao-cnrh-144-2012.pdf. Acesso em: 20 nov. 2023.

CZAP, M. M. F.; KONOWALENKO, F.; ANDRADE, C. J. R. **Segurança das**

barragens do Sul brasileiro: uma análise comparativa entre a Região Sul e o

estado do Paraná. Anais do XXXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens.

Comitê Brasileiro de Barragens. Foz do Iguaçu, 2023. Disponível em: [https://cbdb-](https://cbdb-web-uploads.s3.amazonaws.com/system/uploads/ckeditor/attachments/1254/035_-_SEGURANCA_DAS_BARRAGENS_DO_SUL_BRASILEIRO_UMA_ANALISE_CO)

[web-uploads.s3.amazonaws.com/system/uploads/ckeditor/attachments/1254/035_](https://cbdb-web-uploads.s3.amazonaws.com/system/uploads/ckeditor/attachments/1254/035_-_SEGURANCA_DAS_BARRAGENS_DO_SUL_BRASILEIRO_UMA_ANALISE_CO)

[_SEGURANCA_DAS_BARRAGENS_DO_SUL_BRASILEIRO_UMA_ANALISE_CO](https://cbdb-web-uploads.s3.amazonaws.com/system/uploads/ckeditor/attachments/1254/035_-_SEGURANCA_DAS_BARRAGENS_DO_SUL_BRASILEIRO_UMA_ANALISE_CO)

[MPARATIVA_ENTRE_A_REGIÃO_SUL_É_O_ESTADO_DO_PARANÁ.pdf](https://cbdb-web-uploads.s3.amazonaws.com/system/uploads/ckeditor/attachments/1254/035_-_SEGURANCA_DAS_BARRAGENS_DO_SUL_BRASILEIRO_UMA_ANALISE_CO). Acesso

em: 20 nov. 2023.

DEHEER, Lee. Dam Decommissioning. In: **Bridging the Gap: Meeting the World's**

Water and Environmental Resources Challenges. 2001. p. 1-10. Disponível em:

<https://ascelibrary.org/doi/epdf/10.1061/40569%282001%29321>. Acesso em: 14 nov. 2023.

DIAS, F. *et al.* **Panorama das barragens situadas no estado do rio de janeiro e**

fiscalizadas pelo INEA. Anais do XXXIV Seminário Nacional de Grandes

Barragens. Comitê Brasileiro de Barragens. Foz do Iguaçu, 2023. Disponível em:

[http://cbdb-web-](http://cbdb-web-uploads.s3.amazonaws.com/system/uploads/ckeditor/attachments/1264/070_-_PANORAMA_DAS_BARRAGENS_SITUADAS_NO_ESTADO_DO_RIO_DE_JANEIRO_E_FISCALIZADAS_PEL_O_INEA.pdf)

[uploads.s3.amazonaws.com/system/uploads/ckeditor/attachments/1264/070_](http://cbdb-web-uploads.s3.amazonaws.com/system/uploads/ckeditor/attachments/1264/070_-_PANORAMA_DAS_BARRAGENS_SITUADAS_NO_ESTADO_DO_RIO_DE_JANEIRO_E_FISCALIZADAS_PEL_O_INEA.pdf)

[_PANORAMA_DAS_BARRAGENS_SITUADAS_NO_ESTADO_DO_RIO_DE_JANEI](http://cbdb-web-uploads.s3.amazonaws.com/system/uploads/ckeditor/attachments/1264/070_-_PANORAMA_DAS_BARRAGENS_SITUADAS_NO_ESTADO_DO_RIO_DE_JANEIRO_E_FISCALIZADAS_PEL_O_INEA.pdf)

[RO_E_FISCALIZADAS_PEL_O_INEA.pdf](http://cbdb-web-uploads.s3.amazonaws.com/system/uploads/ckeditor/attachments/1264/070_-_PANORAMA_DAS_BARRAGENS_SITUADAS_NO_ESTADO_DO_RIO_DE_JANEIRO_E_FISCALIZADAS_PEL_O_INEA.pdf). Acesso em: 20 nov. 2023.

FAO. Food and Agricultural Organization. **El trabajo de la FAO en la Agricultura Familiar: Prepararse para el Decenio Internacional de Agricultura Familiar (2019-2028) para alcanzar los ODS.** Nova York, Estados Unidos da América: FAO, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca1465es/CA1465ES.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2023.

FARIAS, T. **Talden Farias: Política Nacional de Segurança de Barragens.** Consultor Jurídico, São Paulo, SP, fevereiro, 2019. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2019-fev-09/talden-farias-politica-nacional-seguranca-barragens/>. Acesso em: 14 nov. 2023.

ICOLD. International Commission on Large Dams. **General Synthesis.** Disponível em: https://www.icold cigb.org/GB/world_register/general_synthesis.asp. Acesso em: 14 nov. 2023.

JESUS, M. B. **Aspectos de gestão de segurança de barragens frente à política nacional de segurança de barragens.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-07102021-161152/publico/MicheleBispodeJesusCorr21.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2023.

MASSAD, F. **Obras de terra: Curso básico de geotecnia.** Oficina de textos, 2010.

NETO, O. F.; LEAL, F. C. A.; GOMES, W. V.; SILVA, P. J. L.; GONÇALVES, P. H.; JUNIOR., O. S. **Uma revisão dos acidentes em barragens de rejeito de mineração da América do Sul e o cenário brasileiro.** Revista de Geociências do Nordeste, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 10–27, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/25727>. Acesso em: 14 nov. 2023.

NEVES, Luiz Paniago. **Segurança de Barragens - Legislação federal brasileira em segurança de barragens comentada.** E-book. v. 1, p. 2019, 2018. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5097591/mod_folder/content/0/seg_barragens.pdf. Acesso em: 20 nov. 2023.

OLIVEIRA, L. F. P.; MUSSI, J. M. P.; ANDRIOLO, F. R. **Controle da Compactação Durante a Construção das Barragens de CCR de Jordão e Salto Caxias.** III Seminário Nacional de Concreto Compactado com Rolo, CBDB, Foz do Iguaçu, 1998. Disponível em: <https://www.andriolo-eng.com/images/publicacoes/P091.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2023.

PARANÁ. **Lei n.º 20.070, de 18 de dezembro de 2019.** Autoriza a incorporação do Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná e do Instituto das Águas do Paraná, pelo Instituto Ambiental do Paraná, e dá outras providências. Curitiba, PR, 2019. Disponível em: <https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/exibirAto.do?action=iniciarProcesso&codAto=230319&codItemAto=1428372>. Acesso em: 14 dez. 2023.

POSSAN, E. Unidade 10: Barragens De Concreto. In: **CURSO SEGURANÇA DE BARRAGENS: Módulo I – Barragens: Aspectos Legais, Técnicos E Socioambientais.** ANA, 2012. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/326468134_BARRAGENS_DE_CONCRET
O. Acesso em: 23 nov. 2023.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei n.º 11.362, de 29 de julho de 1999.** Introduz modificações na Lei n.º 10.356, de 10 de janeiro de 1995, dispõe sobre a Secretaria do Meio Ambiente - SEMA e dá outras providências. Porto Alegre, RS, 1999. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/11.362.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2023.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Institucional.** Florianópolis, SC, 2023. Disponível em: <https://www.sde.sc.gov.br/index.php/institucional>. Acesso em: 14 dez. 2023.

SEAD. Secretaria Especial de Agricultura Familiar E do Desenvolvimento Agrário. **Agricultura familiar do Brasil é 8ª maior produtora de alimentos do mundo.** 2018. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/agricultura-familiar-do-brasil-%C3%A9-8%C2%AA-maior-produtora-de-alimentos-do-mundo>. Acesso em: 05 dez. 2023.

SNISB. Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. **Cadastro de Barragens.** Brasília: SNISB, 2023. Disponível em <https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/inicio>. Acesso em: 21 set. 2023.

SNISB. Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. **Descrição do Sistema.** Brasília: SNISB, 2023. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/apresentacao>. Acesso em: 10 jun. 2023.

VADEMECUM, I. L.; SETTORE, DEL; IMPIANTI, INSTALLAZIONE. **Vademecum.** Recuperado el, v. 25, 2020.

VIANA, H. N. L. *et al.* **Risk Category Classification Criteria Established by the Brazilian Dam Safety Regulations applied on small water storage dams.** In: Second International Dam World Conference Lisbon. Lisbon, 2015. Disponível em: https://www.snrh.gov.br/portal/snisb/Entenda_Mais/publicacoes/microsoft-word-dw2015_paper_helber_viana-doc.pdf. Acesso em: 20 nov. 2023.