Instituto Água e Terra

Relatório Estadual de Segurança de Barragens

2024

Fevereiro de 2025

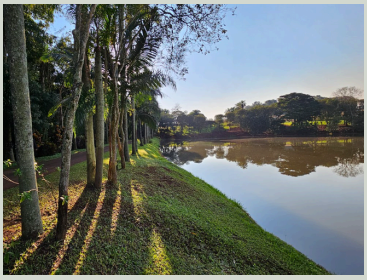
PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO
SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

INSTITUTO ÁGUA E TERRA

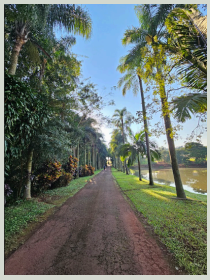
RELATÓRIO ESTADUAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

2024









Fevereiro/ 2025

INSTITUTO ÁGUA E TERRA

GOVERNADOR
Carlos Massa Ratinho Júnior

SECRETÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
Everton Luiz da Costa Souza

INSTITUTO ÁGUA E TERRA

DIRETOR PRESIDENTE
José Luiz Scroccaro
DIRETOR DE LICENCIAMENTO E OUTORGA
José Volnei Bisognin
GERENTE DE MONITORAMENTO E FISCALIZAÇÃO
Álvaro Cesar de Goes
CHEFE DE DIVISÃO DE MONITORAMENTO E FISCALIZAÇÃO
Christine da Fonseca Xavier
RESPONSÁVEL PELO SETOR DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
Osneri Roque Andreoli
EQUIPE TÉCNICA DO SETOR DE SEGURANÇA DE BARRAGENS DO IAT
Adilson Wandembruck, Engº Florestal
Felipe Muchinski, Engº Civil
Osneri Roque Andreoli, Engº Civil

EQUIPE TÉCNICA DE APOIO DO SIMEPAR, ALOCADA NO PROJETO SEG. BARRAGENS
Allan Nunho, Engº Florestal, Coord. Logística do Projeto
Brendo Washington Lopes Temo, Engº Ambiental
Clóvis Cechim Jr., Engº Ambiental
Edson Jhonny Vergutz, Engº Civil
Erickson de Lima Arving, Engº Civil
Flávio Deppe, Engº Florestal, Gerente de Inovação do SIMEPAR
Gabriel H. A. Pereira, Engº Ambiental
Gabriel Marlon Leichtweis, Engº Civil
Gabrielle Luiza Foschiani de Oliveira, Graduanda Engª Ambiental
Guilherme Juppa, Engº Civil
Leonardo Palhares Prizon, Geógrafo
Luiz Roberto Penteado Jr., Engº Civil
Igor Oscar Alves da Rocha Blum, Engº Civil e Ambiental
Larissa Maciel Ticianel, Engª Civil

Integração dos relatórios temáticos e diagramação do documento geral / fotografias da contracapa: Adilson Wandembruck.

Elaboração do relatório do Componente 1 (Realização de visitas técnicas / vistorias nas barragens): Equipe de Segurança de Barragens do IAT.

Elaboração do relatório do Componente 2 (Criação de Painel Interativo das Barragens do Paraná): Equipe de Segurança de Barragens do IAT e Equipe Técnica do SIMEPAR.

Elaboração do relatório do Componente 3 (Estrutura atual da Equipe do IAT): Equipe de Segurança de Barragens do IAT.

Elaboração do relatório do Componente 4 (Definição do Dano Potencial Associado (DPA) e geração das manchas de inundação): Equipe Técnica do SIMEPAR

Elaboração do relatório do Componente 5 (Acompanhamento logístico das barragens): Equipe de Segurança de Barragens do IAT e Equipe Técnica do SIMEPAR.

Elaboração do relatório do Componente 6 (Atividades gerais de 2024): Equipe de Segurança de Barragens do IAT e Equipe Técnica do SIMEPAR.

Foto da contracapa: Barragem na propriedade da Agropecuária Cavalca, em São Miguel do Iguaçu; Fotos menores: Talude montante da barragem da Agropecuária Cavalca; Foto parcial da barragem da Agropecuária Cavalca, feita de drone; Coroamento da barragem da Agropecuária Cavalca.

Subsídios para elaboração do Relatório Estadual de Segurança de Barragens do Paraná:

- Legislação aplicável;
- Relatórios internos do Setor de Segurança de Barragens do IAT;
- Relatório temáticos do SIMEPAR, por Componente, no escopo do Contrato de Gestão com o IAT;
- Plano de Trabalho do Projeto eSTAGio_Barragens_02;
- Relatório anual 2024 do Projeto Barragens 2 (SIMEPAR).
- Relatório de Segurança de Barragens (2023) da ANA.

RESUMO EXECUTIVO

O propósito deste documento é apresentar as atividades realizadas pelo Instituto Água e Terra (IAT) no que diz respeito à fiscalização da segurança das barragens localizadas no Estado do Paraná, sob sua jurisdição, em corpos d'água de competência estadual, excluindo aquelas destinadas à geração de energia.

O IAT executa suas ações relacionadas à Segurança de Barragens por meio do Setor de Segurança de Barragens, vinculado à Divisão de Monitoramento (DMT) e subordinado à Gerência de Monitoramento e Fiscalização (GEMF), da Diretoria de Licenciamento e Outorga (DILIO).

De acordo com o art. 5º da Lei 12.334/2010, a fiscalização da segurança de barragens cabe à entidade que outorgou 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.

De acordo com o art. 32-A da Lei 16.242, de 13 de outubro de 2009, competia ao Instituto das Águas do Paraná, que em 2019 foi incorporado pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP) e passou a ser denominado **Instituto Água e Terra** (IAT), na condição de órgão executivo gestor do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH/PR) outorgar, suspender, fiscalizar e revogar, mediante procedimentos próprios, direitos de uso de recursos hídricos.

Assim, é de responsabilidade do IAT a fiscalização de segurança de barragens destinadas à acumulação de água para usos múltiplos (exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico) no Estado do Paraná.

O IAT conta com o apoio do SIMEPAR, via Contrato de Gestão, para alcançar os seguintes objetivos:

- Estabelecer uma estrutura de apoio, capacitando equipes para realização das coletas de dados em campo e determinação das manchas de classificação, com objetivo de atender a Lei Federal 14.066/2020;
- Realizar a atualização do cadastro do IAT de empreendimentos de barragens do Estado do Paraná, a partir da utilização de tecnologias de Sensoriamento Remoto;
- Identificar informações sobre o proprietário empreendedor e o operador das barragens;
- Realizar levantamento de campo da localização e de informações básicas das estruturas das referidas barragens tais como altura máxima e comprimento da barragem, características do maciço principal e auxiliar, do vertedouro e da tomada d'água, possíveis anomalias, existência de Plano de Segurança, entre outros;
- Estimar a capacidade máxima dessas barragens (para as barragens que não tem disponíveis informações de volume de acumulação), com base em informações de altura e comprimento da barragem, área inundada (bacia hidráulica) e profundidade média do lago formado;
- Diagnosticar a atual situação da conservação da estrutura física das barragens, bem como dos equipamentos de operação e monitoramento e das estruturas hidráulicas associadas (comportas, válvulas, vertedouros);
- Identificar e relatar as principais anomalias na estrutura física das barragens, considerando o material construtivo;
- Realizar registro fotográfico das estruturas e componentes das barragens, com os respectivos croquis de acesso aos barramentos e de localização das estruturas das barragens;
- Preencher os formulários de dados, conforme modelos apresentados nos anexos, com vistas a coletar informações técnicas e emitir os relatórios quanto às visitas técnicas;
- Gerar as manchas de classificação conforme metodologia adequada conforme orientações e critérios definidos em conjunto com o IAT;
- Emitir os relatórios do DPA das barragens.

Uma vez cumpridos todos estes objetivos específicos os produtos esperados serão:

- a classificação da barragem quanto ao CRI e DPA, para que o IAT possa informar o empreendedor da classificação, e se ele terá que apresentar documentação. Uma vez apresentada toda a documentação é feito monitoramento periódico, caso contrário, são aplicadas as sanções cabíveis a cada caso;
- a inserção no cadastro Estadual de barragens;
- e também a inserção no cadastro nacional de barragens (SNISB)

INTRODUÇÃO

A necessidade de se obter fonte de água como fator de produção ou para consumo acarreta na construção em grande número de barragens. A segurança de barragens é um dos principais aspectos a serem observados na construção desses empreendimentos. A Lei Federal 14.066 de 30 de setembro de 2020, alterou a Lei Federal 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais e criou o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), determinou:

Art. 4º São fundamentos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB):

III - a responsabilidade legal do empreendedor pela segurança da barragem, pelos danos decorrentes de seu rompimento, vazamento ou mau funcionamento e, independentemente da existência de culpa, pela reparação desses danos; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020);

IV - a transparência de informações, a participação e o controle social; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020);

V - a segurança da barragem como instrumento de alcance da sustentabilidade socioambiental. (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020)

Art. 5º - A fiscalização da segurança de barragens caberá, sem prejuízo das ações fiscalizatórias dos órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA):

I - à entidade que outorgou 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;

IV - à entidade que concede a licença ambiental, para fins de disposição de resíduos industriais; (Redação dada pela Lei nº 14.066, de 2020).

Portanto a lei estabelece que a responsabilidade pela segurança da barragem é do empreendedor sendo que o poder público tem a responsabilidade de fiscalização. Entretanto existem muitas barragens de acumulação no Paraná, que foram construídas há muito tempo, e os empreendedores não possuem outorga de uso nem outorga de barramento e assim o IAT, órgão fiscalizador destas barragens, não possui as informações necessárias para fazer a classificação e determinar aos empreendedores qual documentação deve apresentar para regularizar suas barragens.

A classificação das barragens é realizada por:

Categoria de Risco (CRI)

Segue os critérios gerais estabelecidos na Resolução nº 143/2010 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) relativos ao porte e condições de manutenção da barragem de acordo com:

- Características técnicas (tipo de material, altura, o comprimento, o tipo de fundação, a idade e a vazão de projeto da barragem);
- Estado de conservação (aqui entra a manutenção e conservação geral da barragem, confiabilidade das estruturas, existência de percolação, deterioração dos taludes e crista, e se tem eclusa);
- Plano de Segurança da Barragem (se tem PSB, se tem equipe de SB e qual a estrutura dessa equipe, se existem procedimentos para atuação na SB, relatórios de inspeção, entre outros aspectos).

Dano Potencial Associado (DPA)

Se refere ao dano que poderá ocorrer em caso de rompimento da barragem, em função de:

- Volume do reservatório;
- Potencial de perdas de vidas humanas;
- Impactos ambiental e socioeconômico.

O IAT estabeleceu em dezembro de 2022 um Contrato de Gestão com o SIMEPAR (Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná) para realizar visitas técnicas às barragens cujos reservatórios possuem uma área de superfície d'água maior que 1 ha, o que se configura como apoio para cumprir suas obrigações determinadas pela Lei Federal 14.006/2020, principalmente considerando a quantidade de barragens que deve fiscalizar.

Os serviços objeto deste Projeto, intitulado eSTAGio_Barragens_02, contemplam as visitas técnicas para coleta de dados, emissão de relatórios dos empreendimentos de barragens de acumulação de água, geração dos respectivos DPAs e das manchas de inundação, identificação e mapeamento de lâminas de água (de barragens) existentes no Estado do Paraná, bem como a definição e categorias de risco (CRI).

No ano de 2024 foram realizadas 638 visitas técnicas, e a geração dos demais produtos irá definir quais estarão sujeitas à Política Estadual de Segurança de Barragens.

1. ESCOPO E ABRANGÊNCIA DO RELATÓRIO



Figura 1: Barragem da Agropecuária Cavalca, no município de São Miguel do Iguaçu - PR

O presente relatório foi elaborado na Divisão de Monitoramento / Setor de Segurança de Barragens do Instituto Água e Terra (IAT), e contempla as ações desenvolvidas no ano de 2024, com o detalhamento das atividades para realização do cadastramento das barragens; a criação de um dashboard para controle das informações coletadas e geração de infográficos sobre os aspectos mais relevantes das barragens visitadas; os cursos de capacitação realizados e os materiais elaborados pelo IAT no âmbito do tema Segurança de Barragens.

Cabe ainda ressaltar que a divulgação dos dados, além de se constituir em um instrumento de planejamento para atividades futuras, cumpre também a necessidade de apresentá-los de forma transparente e torná-los acessíveis à sociedade, uma vez que se constitui de interesse direto de uma parcela significativa da população paranaense.

Especificamente no ano de 2024, foram realizadas 638 visitas técnicas, conforme indicado na Figura 2.

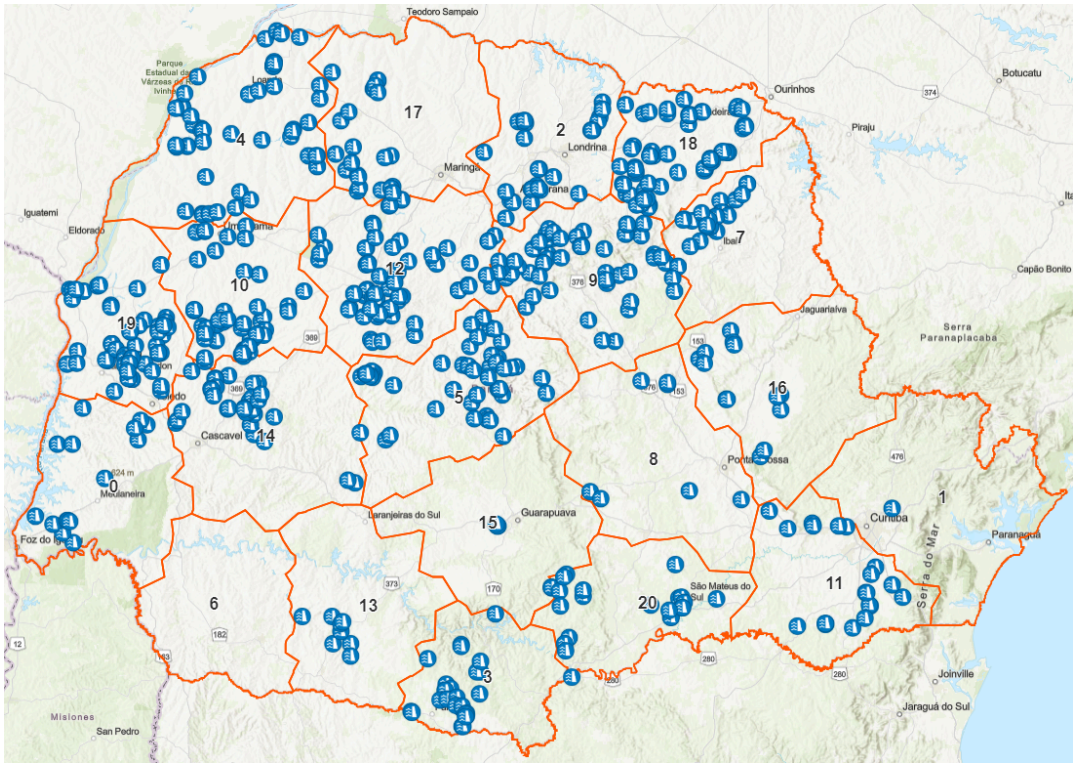


Figura 2: Barragens visitadas em 2024 (n = 638)

2. OBJETIVOS DO MONITORAMENTO DAS BARRAGENS

2.1 Objetivo Geral do Monitoramento

O Projeto intitulado eSTAGio_Barragens_02 tem como objetivo promover o reconhecimento das barragens do Estado do Paraná através da realização de visitas técnicas para identificar, coletar e cadastrar informações sobre os empreendimentos de barragens utilizados para acumulação, resíduos industriais e agrícolas, realizar as manchas de classificação, emitir relatórios técnicos e alimentar o banco de dados sobre barragens do IAT com os dados e informações levantados e gerados, para subsidiar o serviço de gestão e fiscalização de segurança de barragens, permitindo a classificação das barragens quanto à Categoria de Risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DAP), além da Classificação Geral da barragem (A, B, C ou D).

2.2 Objetivos específicos do Projeto

a) Identificação de novas barragens por Sensoriamento Remoto;

b) Manutenção do Banco de Dados (BD) e disseminação de dados e informações;

c) Montagem de equipe de engenheiros para a realização das Visitas Técnicas aos empreendimentos de barragens;

d) Gestão e logística;

e) Levantamento de campo da localização e de informações básicas das estruturas das referidas barragens tais como altura máxima e comprimento da barragem, características do maciço principal e auxiliar, do vertedouro e da tomada d'água através de Visitas Técnicas aos Empreendimentos de Barragens;

f) Diagnóstico da atual situação da conservação da estrutura física das barragens, bem como dos equipamentos de operação e monitoramento e das estruturas hidráulicas associadas (comportas, válvulas, vertedouros);

g) Geração dos Relatórios de Visitas Técnicas às Barragens, com as informações e registros fotográficos coletados durante as visitas;

h) Aplicação da metodologia DPA+, fruto da adequação conjunta realizada pelo IAT e SIMEPAR sobre a metodologia proposta pela Agência Nacional de Águas (ANA), para definir o Dano Potencial Associado (DPA);

i) Geração dos produtos de DPA+, por meio de geração de manchas de inundação e perigo hidrodinâmico e classificação quanto aos impactos associados;

j) Classificação geral da barragem (A, B, C ou D) mediante aplicação da Matriz CRI X DPA.



SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANM	Agência Nacional de Mineração
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COPDEM	Copernicus DEM (Modelo de Elevação Digital Copernicus)
CRI	Categoria de Risco da Barragem
CTSB	Câmara Técnica de Segurança de Barragens
DILIO	Diretoria de Licenciamento e Outorga
DMT	Divisão de Monitoramento
DPA	Dano Potencial Associado
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GEMF	Gerência de Monitoramento e Fiscalização
IAT	Instituto Água e Terra
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ISE	Inspeção de Segurança Especial
ISR	Inspeção de Segurança Regular
LAGEO/UFPR	Laboratório de Pesquisas Aplicadas em Geomorfologia e Geotecnologias da UFPR
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelo Digital de Terreno
MDS	Modelo Digital de Superfície
NMS	Nova Metodologia Simplificada
PAE	Plano de Ação de Emergência
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragens
PROGESTÃO	Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas
PSB	Plano de Segurança de Barragem
RASB	Relatório Anual de Segurança de Barragens
RESB	Relatório Estadual de Segurança de Barragens
RMC	Região Metropolitana de Curitiba
RPSB	Revisão Periódica de Segurança de Barragem
RSB	Relatório de Segurança de Barragens
SEDEST	Secretaria do Desenvolvimento Sustentável
SIMEPAR	Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SNISB	Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Barragem da Agropecuária Cavalca, no município de São Miguel do Iguaçu - PR iii
Figura 2: Barragens visitadas em 2024 (n = 638) iii
Figura 3: Síntese da situação das barragens do estado do Paraná, cadastradas no SNISB 02
Figura 4: Tela inicial da primeira versão do SIB - PR. 05
Figura 5: Exemplo dos dados obtidos na seleção de uma barragem 05
Figura 6: Dados mostrados no dashboard 05
Figura 7: Forma resumida do sumário 05
Figura 8: Forma expandida do sumário 06
Figura 9: Página inicial da plataforma 07
Figura 10: Dados das barragens localizadas em Curitiba 08
Figura 11: Dados da barragem 3270 08
Figura 12: Número de barragens vistoriadas por ano, no período de 2019 a 2024 e número de técnicos exclusivos para atuação na Segurança de Barragens 10
Figura 13: Número de barragens vistoriadas por ano, no período de 2019 a 2024 10
Figura 14: Número previsto de vistorias/visitas técnicas em barragens no período de 2025 a 2029 e meta de monitoramento anual a partir de 2026 11
Figura 15: Localização das barragens utilizadas nas simulações 14
Figura 16: Distribuição das classificações de DPA considerando diferentes metodologias 15
Figura 17: Mancha de inundação sem edição 16
Figura 18: Mancha de inundação editada 16
Figura 19: Exemplo de layout de Mancha de Inundação gerado conforme padronização do modelo IAT 19
Figura 20: Exemplo de layout de Mancha de Perigo gerado conforme padronização do modelo IAT 19
Figura 21: Exemplo de layout de Mancha de Classificação gerado conforme padronização do modelo IAT 19
Figura 22: Resumo dos resultados DPA obtidos através da análise dos Relatórios Técnicos de Visitas 01 a 08 21
Figura 23: Matriz de Classificação em função do DPA e CRI 21
Figura 24: Resumo dos resultados CRI obtidos através da análise dos Relatórios Técnicos de Visitas 01 a 08 21
Figura 25: Resumo dos resultados da Matriz de Classificação obtidos através da análise dos Relatórios Técnicos de Visitas 01 a 08 21
Figura 26: Exemplo da primeira página de um relatório de visita, contendo o resumo das informações 26
Figura 27: Exemplo de croqui de um relatório de visita 26
Figura 28: Mesa de abertura do evento Dia da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), promovido pela ANA 29
Figura 29: Plenária de abertura do evento Dia da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), promovido pela ANA 29
Figura 30: Telas iniciais das três versões de dashboard do Monitoramento de Barragens no PR 30
Figura 31: Barragens selecionadas para vistoria pela equipe do IAT, na região de Foz do Iguaçu 31
Figura 32: Apresentação no 2ª Encontro do Fórum dos OFSBs em 2024 32
Figura 33: Resumo das informações sobre a Categoria de Risco das barragens visitadas em 2024 32
Figura 34: Número de análises de pedidos de outorga para barramentos, período de 2021 a 2024 32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados considerados na Tabela 8 do Manual de Fiscalização Ambiental do IAT 01
Tabela 2: Critérios de análise do DPA+ 14

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Enquadramento do Perigo Hidrodinâmico para humanos - Maria Teresa Viseu (2006) 17
Quadro 2: Enquadramento do Perigo Hidrodinâmico para edifícios - Maria Teresa Viseu (2006) 17
Quadro 3: Enquadramento do Perigo Hidrodinâmico -DEFRA (HR Wallingford, 2006) 17
Quadro 4: Enquadramento de Perigo Hidrodinâmico do Laboratório de Pesquisa Hídrica - Austrália (Smith et al., 2014) 17
Quadro 5: Quadro de Classificação quanto ao Dano Potencial Associado, conforme a Resolução CNRH nº241/2024 20
Quadro 6. Exemplo de Faixas de Classificação por Dano Potencial Associado (Água) conforme a Resolução CNRH nº241/2024 21

Sumário

COMPONENTE 1: VISITAS TÉCNICAS / VISTORIAS NAS BARRAGENS 01

1.1 Dados do Paraná no SNISB, até 31 de dezembro de 2024 01

COMPONENTE 2: PAINEL INTERATIVO DAS BARRAGENS DO PARANÁ 04

2.1 Introdução 04
2.2 Base de dados 04
2.2.1 Dados Fase 1 04
2.2.2 Dados Fase 2 04
2.2.3 Siga Barragens 05
2.3 Dashboard 05
2.4 Sumário 05
2.5 Adequação dos dados e migração de banco 06
2.6 Adequação do formulário de campo 06
2.7 Elaboração da Página Interna 07
2.8 Conclusões 08

COMPONENTE 3: ESTRUTURA ATUAL DA EQUIPE DO IAT 10

3.1 Contextualização 10
3.2 Histórico dos últimos anos 10
3.3 Previsão de vistorias para os próximos 5 anos 11
3.4 Capacitações da equipe 11

Sumário

4. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO DPA 13

4.1 Planejamento 13
4.2 Definição da Metodologia de Classificação do DPA 13
4.3 Geração e Edição da Mancha de Inundação 16
4.4 Geração das Manchas de Velocidade, de Profundidade, de Perigo Hidrodinâmico e de Classificação de Perigo Hidrodinâmico 17
4.5 Identificação de Pontos e Áreas Afetadas 18
4.6 Criação de layouts 18
4.7 Matriz de Classificação DPA 19
4.8 Resultados 21

COMPONENTE 5. ACOMPANHAMENTO LOGÍSTICO DAS BARRAGENS 24

5.1 Execução das Visitas Técnicas 24
5.2 Planejamento 24
5.3 Coleta de dados e informações das barragens 24
5.4 Preenchimento do formulário 24
5.5 Montagem do relatório 25
5.6 Geração do relatório parcial semanal 25
5.7 Resultados 26

COMPONENTE 6: ATIVIDADES GERAIS DE 2024 28

6.1 Ações específicas desenvolvidas ou supervisionadas pelo IAT 28

1.

Visitas técnicas / vistorias nas barragens

1. VISITAS TÉCNICAS / VISTORIAS NAS BARRAGENS

Em 2024 foi dado prosseguimento à realização das visitas técnicas (quando feitas pelo SIMEPAR) e vistorias (quando executadas pelo IAT). Esta diferenciação é importante, uma vez que o órgão fiscalizador no Paraná é o Instituto Água e Terra, e a atuação do SIMEPAR, via Contrato de Gestão com o IAT, veio potencializar o atingimento da meta de áreas monitoradas, para fim de coleta de dados do empreendedor, determinação da categoria de risco e do dano potencial associado, geração das manchas de inundação e determinação da classe a que a barragem foi enquadrada.

De posse desses dados, o IAT efetua uma série de procedimentos, que abrangem:

a) Envio de Informação aos empreendedores, para as barragens dispensadas da apresentação de documentos, em virtude de sua localização em áreas rurais, e possuírem área de lâmina d'água, altura e volume pequenos, além de sua classificação.
b) Envio de Notificação aos empreendedores nos casos em que suas barragens necessitem apresentar documentação.

I. Barragens Classificadas como A ou B:
- Plano de Segurança de Barragem (PSB);
- Plano de Ação de Emergência (PAE);
- Inspeção de Segurança Regular (ISR);
- Revisão Periódica de Segurança da Barragem (RPSB).

II. Barragens Classificadas como C:
- Plano de Segurança de Barragem (PSB);
- Plano de Ação de Emergência Simplificado (PAE simplificado);
- Inspeção de Segurança Regular (ISR);
- Revisão Periódica de Segurança da Barragem (RPSB).

III. Barragens Classificadas como D:
- Inspeção de Segurança Regular (ISR).

c) Lavratura de Autos de Infração, para os casos das barragens já visitadas em anos anteriores, que foram notificadas e não apresentaram a documentação necessária.

Os autos de infração são lavrados considerando a classificação da barragem e seu volume, de acordo com a Tabela 8 do Manual de Fiscalização Ambiental do IAT, instituído pela Portaria nº 294 de 2021.

Tabela 1: Dados considerados na Tabela 8 do Manual de Fiscalização Ambiental do IAT

INSTITUTO ÁGUA E TERRA

PARANÁ GOVERNO DO ESTADO SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DO TURISMO

Tabela 8: Segurança de barragens

Volume (m³)	Classificação (CRI X DPA)			
	A	B	C	D
< 15.000	R$ 10.000,00	R$ 6.000,00	R$ 3.000,00	R$ 1.500,00
15.001 a 50.000	R$ 20.000,00	R$ 15.000,00	R$ 10.000,00	R$ 5.000,00
50.001 a 100.000	R$ 30.000,00	R$ 25.000,00	R$ 15.000,00	R$ 10.000,00
100.001 a 500.000	R$ 40.000,00	R$ 35.000,00	R$ 25.000,00	R$ 15.000,00
500.001 a 1.000.000	R$ 50.000,00	R$ 40.000,00	R$ 30.000,00	R$ 20.000,00
1.000.001 a 3.000.000	R$ 75.000,00	R$ 50.000,00	R$ 40.000,00	R$ 30.000,00
Acima de 3.000.000	R$ 100.000,00	R$ 75.000,00	R$ 50.000,00	R$ 40.000,00
CRI	Categoria de risco definida pela condição estrutural da barragem, conforme classificação Agência Nacional das Águas (ANA).			
DPA	Dano Potencial Associado definido pelo impacto ambiental provocado em um possível rompimento da barragem.			
Para aplicação da tabela acima a barragem necessita de classificação por equipe especializada.				

1. SITUAÇÃO DAS BARRAGENS NO PARANÁ

1.1 Dados do Paraná no SNISB, até 31 de dezembro de 2024

O Estado do Paraná possui atualmente 1.961 barragens cadastradas no SNISB, sendo 497 com DPA Baixo, 101 com DPA Médio e 84 com DPA Alto. As outras 1.279 barragens aguardam sua classificação.

Em relação à Categoria de Risco a situação é a seguinte: 236 barragens com CRI Baixo, 328 com CRI Médio e 128 com CRI Alto, além de 1.261 que aguardam o estabelecimento de sua categorização quanto à Categoria de Risco.

Ressalta-se que não há, até dezembro de 2024, nenhuma barragem no Paraná que tenha, simultaneamente, DPA Alto e CRI Alto.

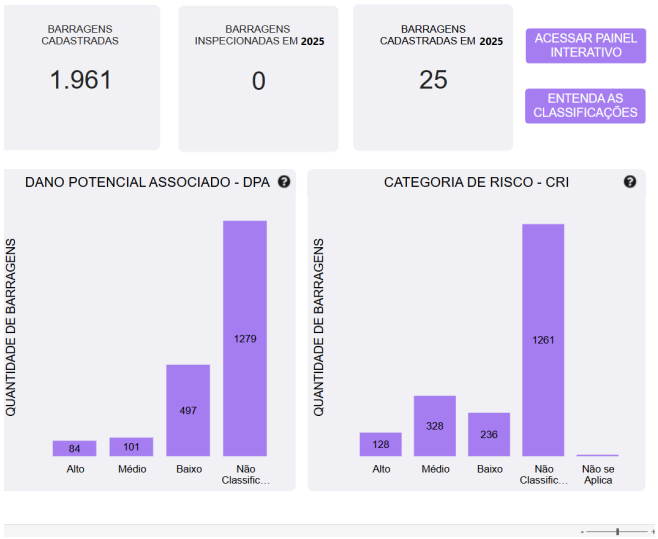


Figura 3: Síntese da situação das barragens do estado do Paraná, cadastradas no SNISB

2.

Painel Interativo das Barragens do Paraná

2. PAINEL INTERATIVO DAS BARRAGENS DO PARANÁ

2.1 Introdução

O painel interativo do projeto Barragens, denominado de "SIB-PR" (Sistema de Informações das Barragens do Paraná) sofreu amadurecimento, seja na adequação da metodologia das visitas, no refinamento dos métodos classificatórios, melhorias tecnológicas na forma de tratamento e na forma que os dados eram enviados para operacionalização. Com estas diversas adequações, o sistema de visualização dos dados foram sendo ajustados.

Estas adequações muitas vezes ocorreram de forma não integrada ou padronizada, e com isso muitas mudanças foram efetivadas entre as fases do projeto. Visando a unificação das fases, a correlação das informações de forma padronizada e uma melhor experiência de visualização dos dados, o SIB-PR teve como objetivo a integração de dados referente a visitas técnicas nas barragens que se encontram dentro do estado do Paraná e que foram realizadas em fases diferentes do projeto.

2.2 Base de dados

2.2.1 Dados Fase 1

A primeira fase do Projeto de Fiscalização de Barragens no Paraná, realizada pelo Instituto Água e Terra (IAT) e o Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (Simepar), teve como objetivo a realização de visitas técnicas às barragens do estado, com a finalidade de identificar e cadastrar informações cruciais para a segurança e monitoramento dessas estruturas. O banco de dados utilizado nesta fase foi o PostgreSQL com suporte a dados geo-espaciais via PostGIS, permitindo o armazenamento eficiente de informações técnicas e geográficas das barragens.

O modelo de dados foi desenvolvido com base nas informações fornecidas pelos engenheiros que realizaram as visitas técnicas.

O banco de dados relacional utilizou PostgreSQL com a extensão PostGIS, permitindo a integração de dados espaciais com as coordenadas das barragens, além dedados estruturais e técnicos.

Nesta fase, o cadastro das coordenadas geográficas os engenheiros informam manualmente as coordenadas das barragens. Embora essas coordenadas fossem essenciais para o mapeamento preciso, estavam sujeitas a erros de digitação, problemas de projeção e imprecisão na localização. Cada visita técnica envolvia o preenchimento de formulários com perguntas que poderiam ter múltiplas opções de resposta, permitindo maior flexibilidade na coleta de dados.

Além disso, o "Código FISC" foi um elemento chave para garantir a interoperabilidade entre diferentes órgãos reguladores, facilitando a troca de informações e o acompanhamento das barragens.

2.2.2 Dados Fase 2

A fase 2 partiu como base os dados inseridos dentro banco de dados PostgreSQLe foi migrada para uma camada de feição hospedada no Portal for ArcGIS, que continuou sendo alimentada por um formulário de campo desenvolvido noSurvey123, também dentro da plataforma ArcGIS.

Para esta integração, é necessário conhecimento avançado na plataforma ArcGIS, devido aos parâmetros e relacionamentos específicos criados pelo sistema, que devem ser inseridos nos dados a serem agregados. Se a integração for realizada sem considerar essas especificidades, os usuários não obterão os resultados esperados na vinculação da informação aos anexos, prejudicando a geração de relatórios, análises e dashboards.

2.2.3 SIGA BARRAGENS

A primeira versão do SIB-PR foi desenvolvida internamente pelo Simepar. Esta versão estava hospedada em servidores do Simepar e utilizou tecnologias como o Geoserver e Open Layers, Flask e Python. O acesso web disponibilizado em http://www2.simepar.br/prognozweb/siga_barragens possui como tela principal um mapa, uma barra de ferramenta que permite busca por latitude e longitude, nome ou código conhecido de uma barragem ou pelo nome deum município na tela principal e opção de navegação para área de Dashboard, Sumários, Relatórios e Links externos (Figura 4).

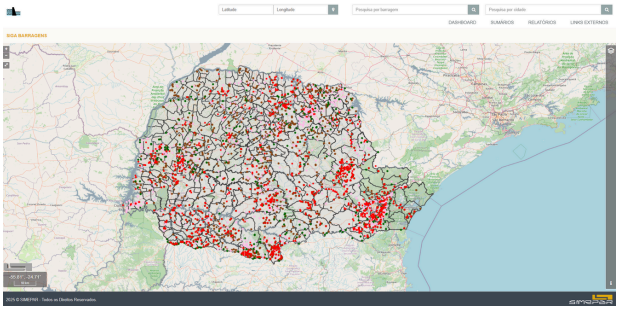


Figura 4: Tela inicial da primeira versão do SIB - PR

Ao entrar no Siga Barragens opções de diversas camadas são mostradas e ao clicar sobre um ponto, algumas informações sobre a barragem é informada ao usuário, como no exemplo da Figura 5.

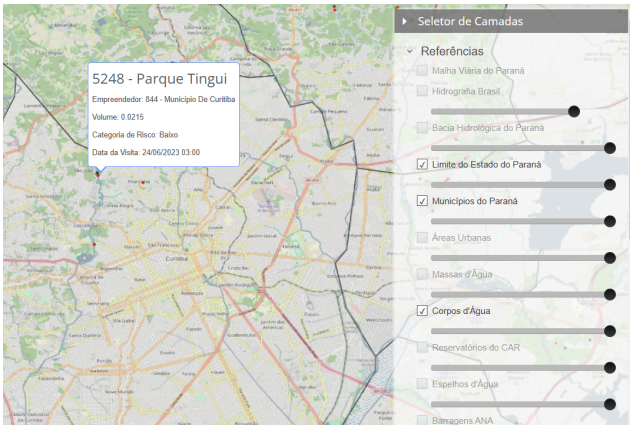


Figura 5: Exemplo dos dados obtidos na seleção de uma barragem

2.3 Dashboard

Na área destinada ao dashboard o total de barragens cadastradas e o total de barragens a visitar são mostradas, além disso diversos gráficos são mostrados (Figura 6).



Figura 6: Dados mostrados no dashboard

2.4 Sumário

Na área destinada ao sumário das visitas, duas opções são permitidas: uma de forma resumida e outra de forma completa. É possível observar um exemplo da tela do sumário resumido na Figura 7 e uma do sumário completo na Figura 8.

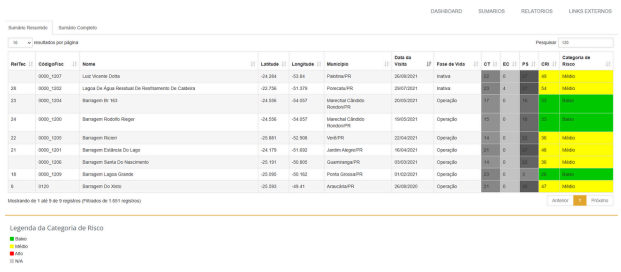


Figura 7: Forma resumida do sumário

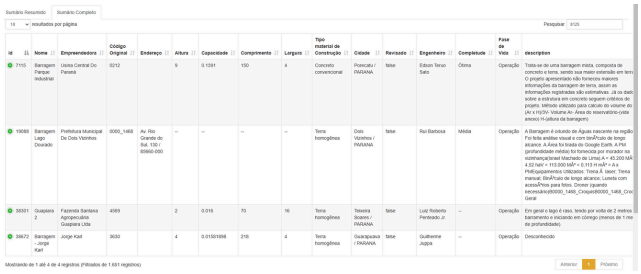


Figura 8: Forma expandida do sumário

2.5 Adequação dos dados e migração de banco

Na primeira e segunda fases houve a preocupação em garantir que os dados estivessem em conformidade com os critérios estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Esses critérios abordam a segurança das barragens e a necessidade de monitoramento contínuo de estruturas em risco.

A adequação precisou manter as classificações anteriores, tal como a Categoria de Risco (CRI) e o Dano Potencial Associado (DPA), indicadores estes fundamentais para a avaliação da segurança das barragens.

Para realizar a integração das informações geográficas e alfanuméricas, foi utilizado o software ArcGIS Pro. No software foram realizadas as adequações dos dados armazenados no banco PostgreSQL. Para esta etapa foram utilizadas as ferramentas SelectField, Calculate Field e, após os dados estarem em conformidade, foi utilizada a ferramenta Append. Com os dados integrados na camada de feição hospedada do Portal for ArcGIS foi elaborado um formulário no Survey123 para anexar as imagens. As imagens são armazenadas em tabelas relacionadas a camada de feição e, para que se mantivesse o padrão dos dados já presentes nesta camada, o formulário foi escolhido para realizar esta etapa.

2.6 Adequação do formulário de campo

A segunda etapa do projeto de monitoramento de barragens já havia sido elaborada no aplicativo Survey 123. O aplicativo Survey123 Connect faz parte de uma série de aplicativos e ferramentas do ArcGIS e é utilizado para criar, personalizar e publicar formulários de coleta de dados geográficos.

O intuito da coleta de dados das barragens neste aplicativo é a possibilidade de integrar os dados geoespaciais e alfanuméricos, além de permitir a coleta dos dados tanto em dispositivos móveis quanto em desktops, sendo especialmente útil em cenários de
coleta de dados de campo, onde há a necessidade de registrar informações precisas e geolocalizadas.

Além disso, o formulário possibilita a coleta de imagens
georreferenciadas, sendo coletada a coordenada no ponto onde a imagem foi obtida.

Assim, o formulário foi adequado, sendo inseridas novas perguntas para otimizar seu preenchimento, além de novos cálculos.

O dashboard proposto contém diferentes níveis de consulta: • Público geral: com permissão apenas a consultas básicas (código da barragem; município; uso principal; CRI, DPA e Classe da Barragem; algumas características como altura e volume; entre outras informações); • Equipe técnica: acesso integral a todas as funcionalidades do dashboard, incluindo a edição de dados e a geração de relatórios por meio de filtros
aplicáveis.

Foi avaliado o acesso para empreendedores, no qual o acesso a dados específicos e permissão para anexar documentos de suas barragens, sujeitos à validação do IAT.

2.7 Elaboração da Página Interna

Para elaboração da página interna do monitoramento de barragens, foram utilizados dois aplicativos:

- Experience Builder: é uma ferramenta que permite criar aplicações web interativas, que integram mapas, gráficos, painéis dedados e outros elementos visuais. Foram utilizados nesta plataforma o recurso de edição via formulário Survey 123, que dinamiza a resposta do engenheiro na conferência dos dados, uma vez que o formulário possui recursos para otimizar a interação do usuário de acordo com as respostas preenchidas. Assim o engenheiro não precisa mais passar por todas as colunas para realizar a conferência ou alguma alteração de informação de uma determinada barragem. O mesmo recurso foi utilizado para elaborar e parte de edição das imagens;

- Dashboard: é um aplicativo que permite criar painéis interativos para visualizar e monitorar dados geoespaciais em tempo real. É uma ferramenta para transformar dados complexos em insights acessíveis e rápidos, combinando mapas, gráficos, tabelas e outros elementos visuais em um único painel, sendo utilizado para monitoramento, tomada de decisões, e compartilhamento de informações de maneira dinâmica e visualmente intuitiva. O painel desenvolvido integrou em uma única página os gráficos que ficavam em diferentes abas, não permitindo uma visão integrada dos dados das barragens. Essa integração em uma única página facilita a visualização dos dados mais importantes das barragens e a tomada de decisões. O filtro de barragens estava deixando o Dashboard lento e prejudicando a performance do mesmo.

- Assim foi desenvolvido um painel utilizando o filtro de barragem do Experience Builder. Nesta etapa foi necessária uma programação para integrar os dois elementos, com o objetivo de tornar o painel mais ágil.

- Relatório: Foram desenvolvidas duas abas de relatórios, uma no próprio Experience Builder, com os dados resumidos da barragem. Nessa página foram utilizados os Widgets de filtro, informação da feição e impressão. O relatório completo utiliza o recurso de geração de relatório do próprio Survey 123, sendo que o modelo de relatório foi adequado com as novas perguntas.

- É possível observar a página inicial da plataforma na Figura 9. A plataforma possui uma forma de consulta de dados por meio de diversos filtros, tais como cidade, volume e altura da Barragem. Na Figura 10, nota-se como ela responde ao filtro de cidade, que no caso escolhido formam as barragens localizadas na cidade de Curitiba -PR. A Figura 11, por sua vez, mostra as informações após uma consulta de uma barragem específica.

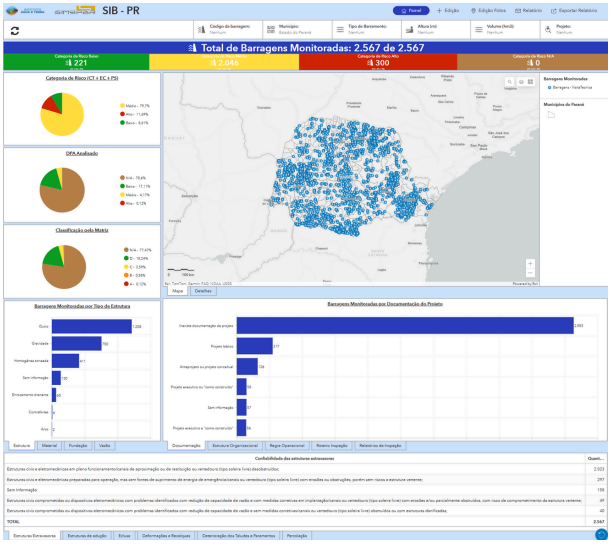


Figura 9: Página inicial da plataforma

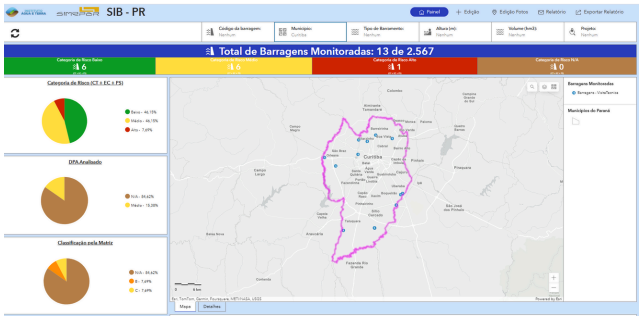


Figura 10: Dados das barragens localizadas em Curitiba

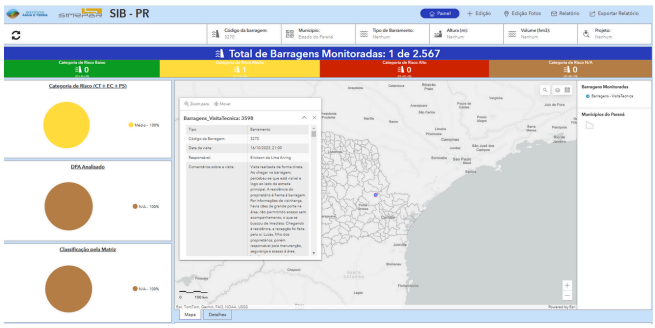


Figura 11: Dados da barragem 3270

2.8 Conclusões

A etapa de integração dos bancos de dados dos projetos Barragens 1 e 2 com cópia dos dados foi disponibilizada no ArcGIS do IAT em agosto de 2024. A partir da integração dos dados uma nova versão de visualização por painéis e buscas foi desenvolvida, totalmente dentro da plataforma ArcGis.

Embora o banco de dados tenha sido uma ferramenta poderosa na primeira fase, houve alguns desafios associados à coleta e ao armazenamento de dados:

- Imprecisão das coordenadas geográficas: Como as coordenadas eram fornecidas manualmente pelos engenheiros, havia a possibilidade de erros de digitação ou imprecisões na localização das barragens, o que poderia afetar a qualidade dos dados geoespaciais.
- Erro de projeção: Problemas relacionados à projeção das coordenadas também poderiam ocorrer, especialmente quando as coordenadas não estavam alinhadas corretamente com o sistema de referência utilizado pelo banco de dados.
- Diversidade de respostas: Alguns campos de resposta poderiam ter múltiplas opções, o que exigia um cuidado extra para garantir que os dados fossem inseridos corretamente e de forma consistente.

Outro desafio na integração dos dados foi a disponibilização do caminho onde as fotos das barragens estavam, e a migração delas para o novo ambiente.

Com o avanço para a segunda fase do projeto, foi realizada uma adaptação significativa na metodologia e na tecnologia utilizada. Nesta fase, foi optado por integrar os dados ao ArcGIS, com o intuito de melhorar a interoperabilidade com os sistemas do IAT.

A utilização do ArcGIS trouxe novas funcionalidades, como análise espacial mais avançada e ferramentas de visualização aprimoradas. Contudo, muitos dados e questões da primeira fase não haviam sido previstos inicialmente, o que resultou em adaptações adicionais para acomodar as necessidades dos engenheiros em campo.

3.

Estrutura atual da Equipe do IAT

3. EQUIPE TÉCNICA ATUAL

3.1 Contextualização

A responsabilidade, no Estado do Paraná, de fiscalizar a segurança de barragens destinadas à acumulação de água para usos múltiplos, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico, é do Instituto Água e Terra (IAT).

Atualmente, o Instituto Água e Terra (IAT) conta com uma equipe técnica de 3 profissionais de nível superior (2 engenheiros civis e 1 engenheiro florestal) para o monitoramento e fiscalização de aproximadamente 3.000 barragens no Estado do Paraná. A recomendação do Manual de Políticas e Práticas de Segurança de Barragens, de uma equipe de 20 técnicos para monitorar mais de 1.000 barragens indica que o IAT conta com apenas 15% da equipe considerada mínima para o cenário atual de demandas relativas às barragens.

Diante dessa disparidade, é imprescindível ampliar o quadro técnico para garantir a segurança das estruturas, mitigar riscos às comunidades e ao meio ambiente, e atender à legislação vigente.

A necessidade de ampliação da equipe técnica é corroborada pela existência de atribuições que estão intrinsicamente ligadas à segurança das barragens e, consequentemente, à segurança dos paranaenses.

3.2 Histórico dos últimos anos

Os últimos anos apresentaram características diferentes para a execução das visitas técnicas (SIMEPAR) / vistorias (IAT), motivadas pela ocorrência da pandemia do coronavírus, que gerou dificuldades logísticas para realizar as ações em campo, e também pelo número variável de técnicos envolvidos na atividade de coleta de dados (Figuras 12 e 13).

Figura 12: Número de barragens vistoriadas por ano, no período de 2019 a 2024 e número de técnicos exclusivos para atuação na Segurança de Barragens

ANO	Nº barragens vistoriadas	TÉCNICOS EXCLUSIVOS PARA SEGURANÇA DE BARRAGENS				
		IAT		SIMEPAR		
		Servidor*	Residente	Escritório	Campo	Equipe DPA e mancha
2019	85	1	1	1	4	4
2020	381	1	1	1	4	4
2021	421	1	1	1	3	2
2022	0	1	1	0	0	0
2023	998	1	1	1	7	0
2024	638	3	0	1	3	4

* Até 2023 a Segurança de Barragens contava com um Engenheiro Civil. Após a realização de concurso público, a equipe recebeu um aporte de mais dois técnicos (um Engenheiro Civil e um Engenheiro Florestal).

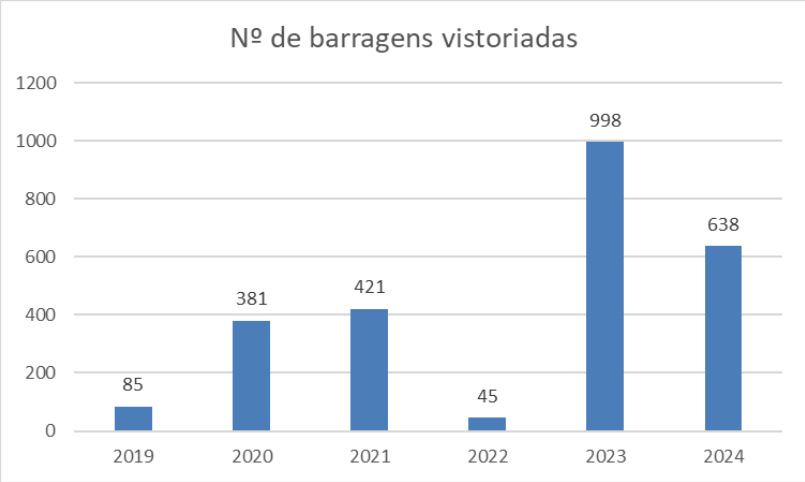


Figura 13: Número de barragens vistoriadas por ano, no período de 2019 a 2024

3.3 Previsão de vistorias para os próximos 5 anos

A partir de janeiro de 2026 o Contrato de Gestão com o SIMEPAR será encerrado e as vistorias passam a ser realizadas integralmente pelo IAT.

Considerando esta premissa, o Setor de Segurança de Barragens pretende monitorar de maneira mais frequente aproximadamente 600 barragens por ano, dentre aquelas que possuem características que necessitam de um maior acompanhamento (Figura 14). Neste sentido, ocorrerá um descompasso entre o número de servidores disponíveis para estas atividades, se comparado com a situação atual com a vigência do Contrato de Gestão e, assim, a criação da Divisão de Segurança de Barragens é uma pauta a ser incluída dentro da Gerência de Monitoramento e Fiscalização, pela sua importância e para que as demandas que se apresentam sobre este tema, seja no presente como em um futuro breve, possam ser completamente atendidas.

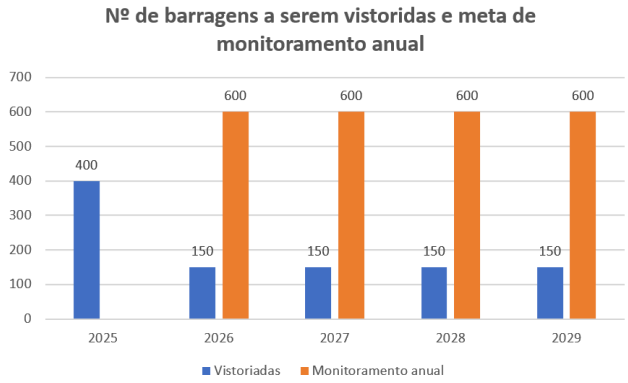


Figura 14: Número previsto de vistorias/visitas técnicas em barragens no período de 2025 a 2029 e meta de monitoramento anual a partir de 2026

3.4 Capacitações da equipe

Em 2024, como parte integrante do processo de capacitação contínua, houve a participação dos técnicos do IAT em diversos cursos ou eventos ligados À Segurança de Barragens, conforme listado a seguir:

- 2º Encontro Nacional de Órgãos Fiscalizadores, de 18 a 20 de setembro de 2024 (20 horas).
- Curso de Formação de Pilotos de Drones, 03 a 07 de julho de 2024 (25 horas).
- Curso sobre Plano de Segurança de Barragens: Guia de Instruções, 15 de março a 11 de abril de 2024 (40 horas).
- Curso Manual do e-protocolo, 22 e 23 de julho de 2024 (20 horas).
- Curso Relatório Analítico de Alertas, dia 27 de novembro de 2024 (01 hora).
- Curso Introdução à Modelagem 2D com HEC-RAS, 22 a 26 de abril de 2024 (20 horas).
- Apresentação DamBreak Model, dia 31 de julho de 2024 (02 horas).

Cabe destacar a importância da oferta de cursos da ANA, que têm colaborado de forma decisiva na capacitação dos técnicos do Instituto Água e Terra.

4.

Classificação quanto ao Dano Potencial Associado (DPA)

4. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO DPA

4.1 Planejamento

Os processos preliminares à geração das manchas de inundação para fins de classificação de DPA foram referentes a treinamentos e capacitação dos analistas envolvidos, com a demonstração dos procedimentos da Nova Metodologia Simplificada(NMS) e da Metodologia de Classificação de DPA(DPA+), bem como apresentação das mudanças na legislação e na metodologia utilizada anteriormente- Metodologia Simplificada (versão 1.0) - noeSTAGio_Barragens_01.

4.2 Definição da Metodologia de Classificação de Dano Potencial Associado (DPA)

A Nova Metodologia Simplificada (versão 2.0), oficializada em 2023, que tem como objetivo a geração de manchas de inundação para a simulação de rompimento de barragens de pequeno porte, considerando reservatórios com até 20 hm^3(hectômetros cúbicos) de volume, é o produto final resultante de um contrato celebrado entre a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico(ANA) e o engenheiro ambiental e consultor Arthur da Fontoura Tschiedel.

O contrato é parte do projeto 914BRZ2022 firmado entre a ANA, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) e a Agência Brasileira de Cooperação (ABC) (Tschiedel, 2023a). A Nova Metodologia Simplificada (2.0) demanda a utilização de dados e de parâmetros de entrada necessários à modelagem da mancha de inundação. Alguns destes parâmetros são constantes, sendo incorporados automaticamente no método e nos cálculos realizados, e outros são variáveis, demandando a definição do modelador/analista para a sua operação.

Como dados e parâmetros de entrada do modelo e metodologias para classificação foram definidos:

- **Referência topográfica:** Modelo Digital de Terreno (MDT) de 20 metros para o estado do Paraná, gerado pelo Laboratório de Pesquisa Aplicadas em Geomorfologia e Geotecnologias (LAGEO/UFPR, 2017);

- **Equação da Vazão de Pico** (para o cálculo da extensão máxima do trecho de rio nos casos de barragens que não se enquadram no DPA+): Froehlich (1995) para barragens de terra e/ou enrocamento - válido para barragens com impactos em áreas urbanas e/ou com mais de 0,2 hm^3 de volume ou 15 m de altura;

- **Coeficiente de Manning:** 0,035 (valor normal para rios limpos, pouco sinuosos e com alguns matacões e pedras);

Para obter esses parâmetros citados acima, foram realizadas simulações de geração de manchas de inundação em diferentes barragens que variam em extensão da mancha de acordo com o volume, nas suas especificidades, barragens em cascata e na área em que se encontra o barramento, urbana ou rural. Realizaram-se também reuniões com a equipe do projeto para a definição da estrutura operacional DPA e prioridades.

Ao todo 103 simulações para 21 barragens distintas (Figura 15) foram realizadas, levando em conta estrutura (altura e volume), localização (rural, urbana) e condições geográficas (em diversas regiões do estado do Paraná e em diferentes contextos topográficos). Para esses testes, utilizaram-se relatórios de visita aprovados no Projeto eSTAGio_Barragens_01 e selecionadas de forma randômica.

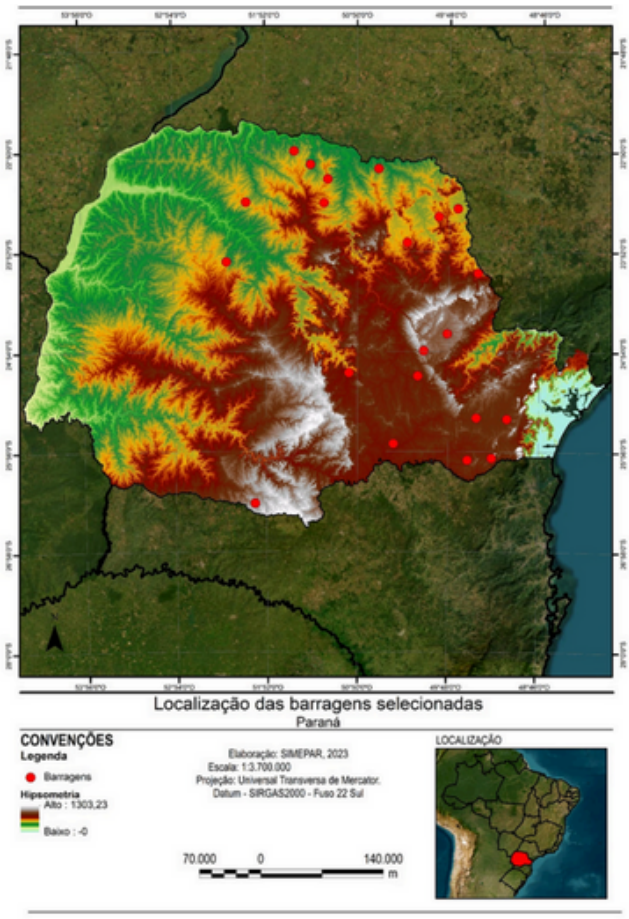


Figura 15: Localização das barragens utilizadas nas simulações

Os testes realizados incluíram simulações referentes ao uso de diferentes MDEs (COPDEM 30 m, Lageo/Copel/AguasParana 20 m, imagens LiDAR de1 m), de parâmetros de entrada do modelo (Equação de Vazão de Pico com as fórmulas de Froehlich, Pierce e Simplificada) e Coeficiente de Manning (variando entre 0,030 e 0,100), além das seções digitalizadas, tanto em relação à quantidade, quanto ao posicionamento.

Ademais, foram realizadas simulações utilizando diferentes metodologias e modelos de geração de manchas de inundação. As metodologias testadas foram Metodologia Simplifica 1.0 (ANA/LNEC, 2014),a Nova Metodologia Simplificada 2.0 (Tschiedel,2023a), e o DAMBREAK Model.

Além das definições dos parâmetros de entrada para a modelagem, esta etapa contou também com a proposta das Metodologias de Classificação DPA+ e DPA++.

O método DPA+ sugere uma extensão máxima do corpo hídrico como critério de parada e de análise da mancha de inundação (Tabela 2). A proposta se baseia no resultado dos testes realizados com as diferentes metodologias, modelos paramétricos e outros dados de entrada e considerando o contexto e a caracterização das barragens de acumulação de água no estado do Paraná.

Volume do Reservatório	Critério
$V < 0,02\ hm^3$	Análise da mancha de inundação até 2 quilômetros de extensão
$0,02 \leq V < 0,2\ hm^3$	Análise da mancha de inundação até 5 quilômetros de extensão
$V \geq 0,2\ hm^3$	Análise da mancha de inundação conforme a Equação da Vazão de Pico

Tabela 2: Critérios de análise do DPA+

O DPA++ incorpora os critérios de parada e de análise da mancha de inundação detalhados no DPA+ e incorpora um fator de correção para áreas rurais, considerando o valor de 0,8 na pontuação do quadro de classificação de DPA para barragens e manchas de inundação que não afetam diretamente áreas urbanas ou urbanizadas.

Realizando-se, então, as simulações das 21 barragens definidas utilizando 5 cenários diferentes, foi possível obter uma forma de comparação das metodologias disponíveis e definir àquela a ser aplicada na seguinte etapa de Classificação do DPA das barragens visitadas. Os 5 cenários simulados foram:

- Metodologia Simplificada 1.0 (ANA/LNEC) + Matriz de Classificação quanto ao Dano Potencial Associado (acumulação de água) - Resolução CNRH 143/2012;
- Nova Metodologia Simplificada 2.0 (Tschiedel, 2023a) + Matriz de Classificação quanto ao Dano Potencial Associado (acumulação de água) - Resolução CNRH 143/2012;
- Nova Metodologia Simplificada 2.0 (Tschiedel, 2023a) + Matriz de Classificação por Dano Potencial Associado - proposição CTSB (atualmente em vigor através da Resolução nº241/2024);
- Nova Metodologia Simplificada 2.0 (Tschiedel, 2023a) + DPA+ + Matriz de Classificação por Dano Potencial Associado - proposição CTSB (atualmente em vigor através da Resolução nº241/2024);
- Nova Metodologia Simplificada 2.0 (Tschiedel, 2023a) + DPA++ + Matriz de Classificação por Dano Potencial Associado - proposição CTSB (atualmente em vigor através da Resolução nº241/2024);

Os resultados dessas simulações estão descritos na Figura 16, onde é possível visualizar um resumo das classificações quanto ao Dano Potencial Associado das 21 barragens executando os 5 cenários.

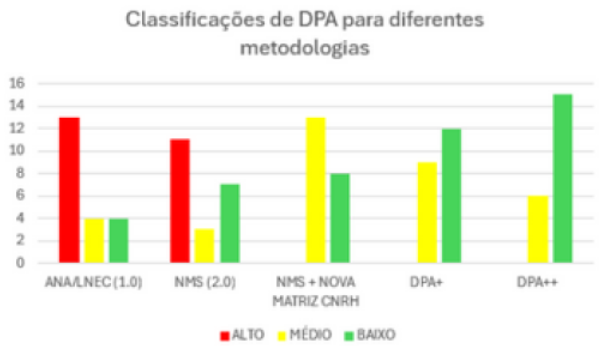


Figura 16: Distribuição das classificações de DPA considerando diferentes metodologias

Por fim, fundamentando-se nos testes realizados e em seus respectivos resultados, serão considerados os seguintes dados e parâmetros de entrada para a geração das manchas de inundação:

- **Referência topográfica:** Modelo Digital de Terreno (MDT) de 20 metros para o estado do Paraná;
- **Equação da Vazão de Pico:** Froehlich (1995) para barragens de terra e/ou enrocamento;
- **Coeficiente de Manning:** 0,035 (valor normal para rios limpos, pouco sinuosos e com alguns matacões e pedras);
- **Metodologia de Classificação:** DPA+
- **Enquadramento de Perigo Hidrodinâmico:** Classificação de Teresa Viseu para humanos.

5.3 Aplicação da Nova Metodologia Simplificada (2.0) e do DPA+

As rotinas da NMS estão fundamentadas nas informações obtidas por meio das visitas técnicas realizadas pelos engenheiros decampo do SIMEPAR - localização e altura do barramento e volume do reservatório. Após a localização da barragem a ser modelada no Mapa Base da ESRI do software ArcGis e do preenchimento dos dados de entrada na planilha de cálculo hidráulico (altura e volume), os demais procedimentos estão relacionados ao uso de ferramentas básicas GIS e à execução de ferramentas específicas no ModelBuilder da metodologia.

Após a delimitação do trecho de rio a ser modelado considerando a Equação da Vazão de Pico ou o limite em 2 ou 5 km (quilômetros), conforme o volume da barragem, e a digitalização das seções transversais, os procedimentos subsequentes subdividem-se em quatro etapas, sintetizadas a seguir.

A primeira ferramenta Rio_Secoes é empregada para a obtenção das cotas do Modelo Digital de Elevação (MDE) nos trechos interceptados pelas seções transversais em toda a sua extensão, da cota mais elevada da margem esquerda até a cota mais elevada da margem direita do rio modelado. Sequencialmente, essas cotas são utilizadas para a realização de uma série de cálculos hidráulicos que irão resultar nos valores da cota máxima atingida pela lâmina d'água e da velocidade da onda de cheia.

Posteriormente, os dados de cota máxima e de velocidade são inseridos na tabela de atributos do shapefile Seções para a execução da segunda ferramenta (Manchas), que gera a mancha inundação no formato polígono (shapefile), podendo ser editada conforme as características do terreno de jusante, e no formato raster, contendo informações referentes à profundidade da lâmina d'água. A mancha de inundação em formato raster é utilizada na terceira ferramenta, Perigo_Hidrodinamico, que tem como produtos finais, também em formato raster, manchas de inundação com informações de perigo hidrodinâmico e de velocidade d'água.

Por fim, utiliza-se a ferramenta Perigo_Hidrodinamico_Viseu_Humanos para realizar o enquadramento do perigo hidrodinâmico à vida humana. Quando necessário, a ferramenta Perigo_Hidrodinamico_Viseu_Edificios também pode ser aplicada para o enquadramento do perigo hidrodinâmico quanto às edificações e às infraestruturas existentes na mancha de inundação.

4.3 Geração e Edição da Mancha de Inundação

Para a geração das manchas de inundação, foi utilizada a Nova Metodologia Simplificada (versão 2.0), oficializada em 2023.

O processo de geração de mancha de inundação é fundamentado nas informações dos relatórios aprovados, com os dados da visita técnica levantados em campo. A partir das coordenadas informadas no relatório é localizado o barramento do reservatório no ArcMap.

A mancha de inundação é gerada em formato shapefile, portanto, pode ser editada de acordo com a necessidade de adequação desta ao terreno. A Figura 17 mostra uma mancha sem edição, com a exclusão e adição de vértices é possível corrigir e ajustar as áreas molhadas, eliminando manchas e seus resíduos, como mostra a Figura 18.

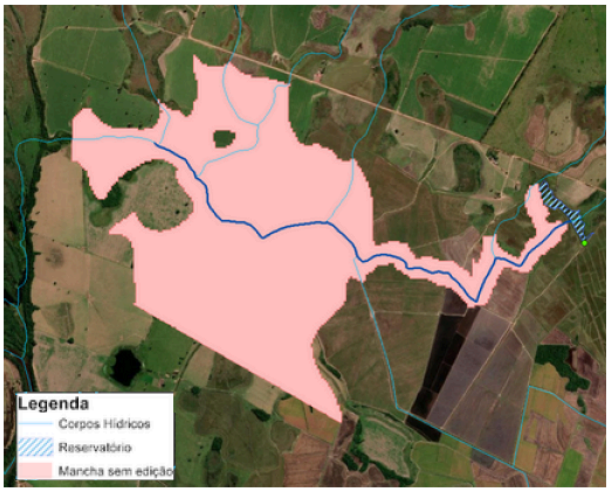


Figura 17: Mancha de inundação sem edição

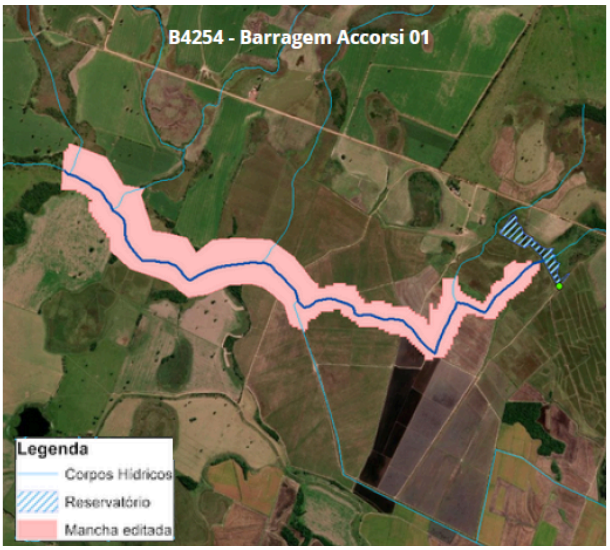


Figura 18: Mancha de inundação editada

4.4 Geração das Manchas de Velocidade, de Profundidade, de Perigo Hidrodinâmico e de Classificação de Perigo Hidrodinâmico

As manchas de velocidade têm informações em m/s, as de profundidade contêm dados em metros, e as de perigo hidrodinâmico e de classificação em m^2/s. O valor do perigo hidrodinâmico (m^2/s) corresponde ao produto entre velocidade e profundidade, o que permite um enquadramento conforme os impactos à vida humana e às edificações presentes na jusante do reservatório em um cenário hipotético de ruptura. Esse enquadramento é possível, pois cada célula da mancha de inundação representa um valor do perigo hidrodinâmico, permitindo a análise dos impactos nos pontos afetados por um possível rompimento da barragem.

Dentre as propostas de enquadramento de perigo hidrodinâmico, destacam-se as classificações de Maria Teresa Viseu (Viseu, 2006); do Departamento de Meio Ambiente, Alimentos e Assuntos Rurais do Reino Unido - DEFRA (HR Wallingford, 2006); e do Laboratório de Pesquisa Hídrica da Austrália (Smithet. al., 2014).

Nos Quadros 1 e 2 destacam-se as classificações do Perigo Hidrodinâmico de Maria Teresa Viseu, onde "U" significa a velocidade do escoamento da água, "h" a altura da água e "Uh" é o limite para o grau de perigo para seres humanos e edifícios.

Descritores	Classe	Estática (h)	Dinâmica (Uh)
Reduzida	Verde	h < 1 m	Uh < 0,5 m^2/s
Média	Amarela	1 < h < 3 m	0,5 < Uh < 0,75 m^2/s
Importante	Laranja	3 < h < 6 m	0,75 < Uh < 1 m^2/s
Muito importante	Vermelha	h > 6 m	Uh > 1 m^2/s

Quadro 1: Enquadramento do Perigo Hidrodinâmico para humanos - Maria Teresa Viseu (2006)

Descritores	Classe	Dinâmica (U)	Dinâmica (Uh)
Reduzida	Verde	U < 2 m/s	Uh < 3 m^2/s
Média	Amarela	2 < U < 4 m/s	3 < Uh < 5 m^2/s
Importante	Laranja	4 < U < 5,5 m/s	5 < Uh < 7 m^2/s
Muito importante	Vermelha	U > 5,5 m/s	Uh > 7 m^2/s

Quadro 2: Enquadramento do Perigo Hidrodinâmico para edifícios - Maria Teresa Viseu (2006)

O Quadro 3 mostra a classificação do Perigo Hidrodinâmico do Departamento de Meio Ambiente, Alimentos e Assuntos Rurais do Reino Unido - DEFRA(HR Wallingford, 2006). 'Baixo' significa cuidado, é uma zona de inundação com águas correntes rasas ou águas profundas e paradas; a classificação 'moderado' é perigoso para alguns (ex. crianças),sendo uma zona de inundação com águas profundas ou de fluxo rápido. O perigo 'significativo' é perigoso para a maioria, sendo uma zona de inundação com águas profundas e de fluxo rápido. A classificação de perigo 'extremo' é perigoso para todos, é uma zona de inundação com águas profundas e rápidas.

Perigo	Classificação
Baixo	HR < 0,75
Moderado	0,75 ⩽ HR < 1,25
Significativo	1,25 ⩽ HR < 2,5
Extremo	HR ⩾ 2,5

Quadro 3: Enquadramento do Perigo Hidrodinâmico -DEFRA (HR Wallingford, 2006)

O Quadro 4 representa o enquadramento de Perigo Hidrodinâmico do Laboratório de Pesquisa Hídrica - Austrália (Smith et al., 2014). Em que: H1 é geralmente seguro para veículos, pessoas e edifícios; H2 significa inseguro para pequenos veículos; H3 é Inseguro para veículos, crianças e idosos; H4 é inseguro para veículos e pessoas; H5 é Inseguro para pessoas e veículos, todos os edifícios vulneráveis a danos estruturais e alguns edifícios menos robustos sujeitos à falha; e o H6 significa que é Inseguro para pessoas e veículos, todos os tipos de edifícios são considerados vulneráveis à falha.

Classificação de Vulnerabilidade ao Perigo	Limite da Classificação	Limite da profundidade da água (D)	Limite da velocidade (V)
H1	D*V ⩽ 0,3	0,3	2,0
H2	D*V ⩽ 0,6	0,5	2,0
H3	D*V ⩽ 0,6	1,2	2,0
H4	D*V ⩽ 1,0	2,0	2,0
H5	D*V ⩽ 4,0	4,0	4,0
H6	D*V > 4,0		

Quadro 4: Enquadramento de Perigo Hidrodinâmico do Laboratório de Pesquisa Hídrica - Austrália (Smith et al., 2014)

4.5 Identificação de Pontos e Áreas Afetadas

Após a edição e finalização das Manchas de Inundação e de Perigo Hidrodinâmico, são criadas as Classes de Feição no ArcMap nas quais são identificados os Pontos Afetados (Edificação, Infraestrutura, Estrada e Rodovia), as Áreas Urbanas Afetadas, a área do Reservatório (ou dos reservatórios em casos de cascata) e o Barramento (com as Coordenadas UTM) usando o Mapa Base da ESRI. Para efeito de caracterização, na feição 'Pontos Afetados' são marcadas como 'Estrada' toda via pavimentada ou não pavimentada que não se encaixe em 'Rodovia'; como 'Infraestrutura' consideram-se construções não residenciais, linhas férreas, torres de transmissão de energia e reservatórios a jusante do barramento analisado. Na feição 'Áreas Urbanas' são identificadas as áreas onde a mancha de inundação coincide com os perímetros urbanos, utilizando como auxiliar o Mapa Base da ESRI. Assim, a partir dessa identificação, analisa-se as feições presentes no interior da mancha que apresentam perigo significativo e classifica-se a barragem quanto ao DPA.

4.6 Criação de layouts

Após a etapa de identificação dos pontos e áreas afetadas, inicia-se o processo de edição dos Layouts com base nas informações e parâmetros definidos pelo IAT de "Análise de Dano Potencial Associado - DPA", sendo compostos por ao menos três mapas distintos: (i) Mancha de Inundação - DPA+; (ii) Mancha de Perigo Hidrodinâmico; (iii) Mancha de Perigo Hidrodinâmico - Classificação Teresa Viseu (para Humanos).

Eles seguem um padrão oficial (Figuras 19, 20 e 21) contendo a Mancha de Inundação em questão, o Ponto do barramento, os Pontos Afetados (Edificação, Infraestrutura, Rodovia e Estrada) e as Áreas Urbanas Afetadas, além de outras bases de referência com informações oficiais localizadas dentro das áreas afetadas, como:

- Arquivo no formato shapefile (.shp) das rodovias do estado do Paraná do Departamento de Estradas e Rodagens (DER) (2021);
- Arquivos .shp dos trechos de drenagem e da hidrografia generalizada do estado do Paraná do IAT (2020);
- Arquivo .shp dos municípios do estado do Paraná do IAT (2023);

Quando a mancha gerada atinge Unidades de Conservação (UCs), sistema de transmissão elétrica, malha ferroviária, comunidades quilombolas, populações tradicionais ou terras indígenas, utiliza-se também como referência:

- Arquivo .shp das UCs do IAT (2021);
- Arquivo .shp das linhas de transmissão de energia elétrica da COPEL (2022);
- Arquivo .shp da malha ferroviária do Ministério dos Transportes (2024);
- Arquivo .shp das Comunidades Quilombolas do IAT (2021);
- Arquivo .shp dos Povos Tradicionais (Cipozeiros, Faxinais, Ilhéus e Pescadores) do Paraná do IAT(2021);
- Arquivos .shp das Áreas Indígenas Demarcadas do IAT (2023).

São criados assim, quatro produtos finais nos formatos .mxd (Projeto ArcgGis/ArcMap) e três mapas DPA+ em PNG com resolução de 600 DPI.

Ademais, em casos em que faz-se necessário o uso de classificações distintas, tais como Teresa Viseu para Edifícios ou DEFRA, um arquivo .mxd e um .png é acrescido ao conjunto total.

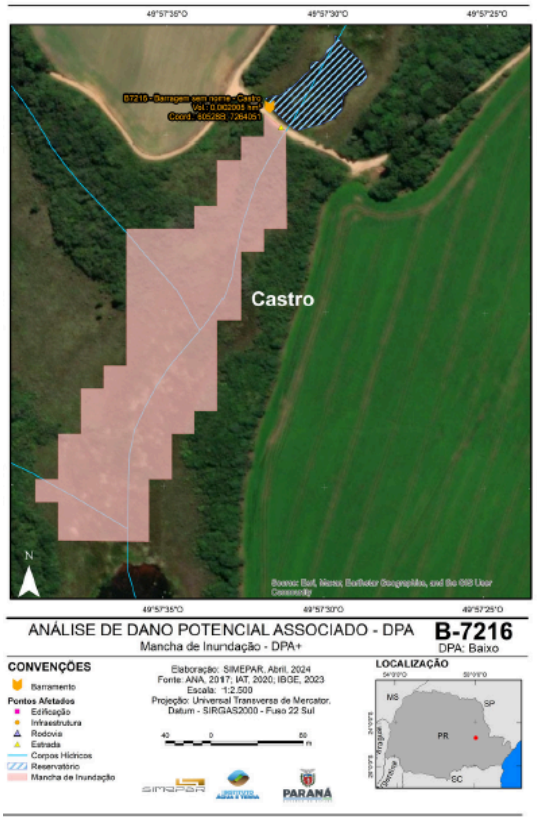


Figura 19: Exemplo de layout de Mancha de Inundação gerado conforme padronização do modelo IAT

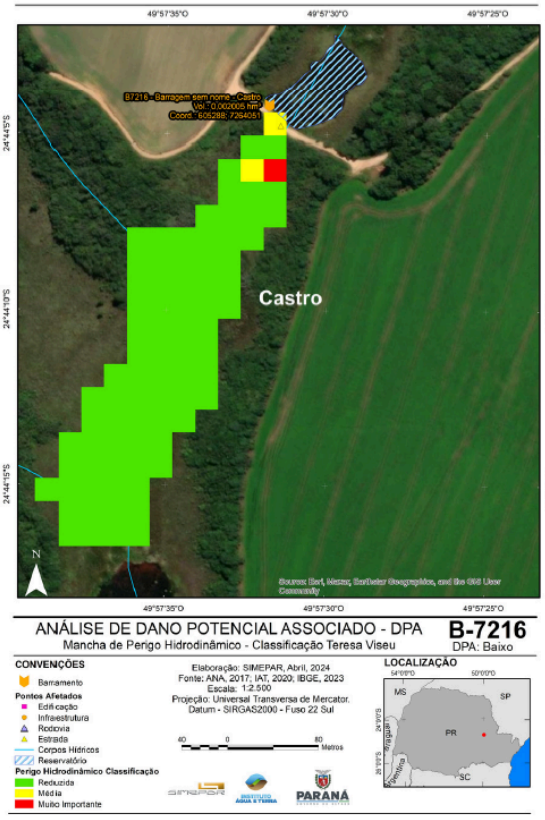


Figura 21: Exemplo de layout de Mancha de Classificação gerado conforme padronização do modelo IAT

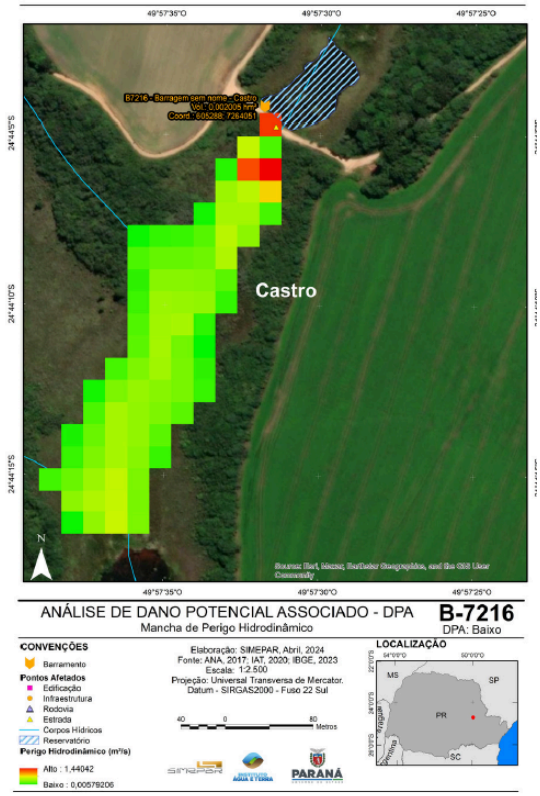


Figura 20: Exemplo de layout de Mancha de Perigo gerado conforme padronização do modelo IAT

4.7 Matriz de Classificação DPA

Por fim, é elaborado o arquivo em formato PDF nomeado Relatório de Análise do Dano Potencial Associado (DPA) para cada barragem considerando os pontos e áreas afetadas identificados previamente e a legislação vigente (Lei nº12.334/2010 – PNSB e Resolução CNRH nº 241/2024). Também são informados no documento os dados relativos ao empreendedor e à barragem, assim como a data da imagem utilizada para gerar a classificação de DPA (Mapa Base da ESRI). Os quadros relativos a classificação do DPA e definição das faixas de dano integram também o documento (Quadros 5 e 6).

Em relação à produção da Matriz de Classificação do DPA, foi orientado pelo IAT considerar como critérios para fins de classificação do DPA em um possível rompimento da barragem o volume do reservatório, para que fique mais coerente possível com a realidade, a análise das áreas e pontos afetados e a existência de 'Áreas Urbanas' dentro da mancha gerada. Assim, considera-se 'Impacto socioeconômico alto' quando há áreas urbanas contidas na Mancha DPA e 'Impacto socioeconômico muito alto' quando a Mancha DPA atinge serviços essenciais – energia, água, saúde, comunicação e educação.

	Potencial impacto devido ao volume (DPA1)	**Potencial de perda de vidas humanas (*) (DPA2)**	**Potencial impacto ambiental (DPA3)**	**Potencial de impacto socioeconômico (DPA4)**
Nível 1	MUITO BAIXO Volume ⩽ 3 hm^3 (1)	BAIXO Não existem pessoas permanentes, residentes ou temporárias na área de inundação, exceto àquelas indispensáveis à operação. (0)	BAIXO Quando a área afetada encontra-se ambientalmente degradada e um eventual rompimento não implica danos ambientais superiores aos relacionados a eventos hidrológicos naturais e frequentes (*) e a estrutura armazena apenas rejeitos inertes ou resíduos inertes (1)	MUITO BAIXO Sem possibilidade de impactar nenhuma área ocupada permanente ou temporariamente na área afetada (0)
Nível 2	BAIXO 3 hm^3 < Volume ⩽ 10 hm^3 (2)	MÉDIO Existem locais de ocupação temporárias, rodovia, ferrovia, estrada e acessos de uso local (**), mas não existem pessoas ocupando permanentemente ou residentes na área de inundação, além daquelas indispensáveis à operação (2)	MÉDIO Quando a área afetada não constitui áreas de interesse ambiental protegidas em legislação específica (excluídas APPs) e a estrutura armazena apenas rejeitos inertes ou resíduos inertes (***) (2)	BAIXO Com possibilidade de impactar somente área rural, sem nenhum aglomerado rural (*) na área afetada (1)
Nível 3	MÉDIO 10 hm^3 < Volume ⩽ 75 hm^3 (3)	ALTO Existem edificações (***) ocupadas permanentemente, residentes na área de inundação, somente em zonas rurais. (4)	ALTO Quando a área afetada inclui áreas de proteção de uso sustentável (**) ou a barragem armazena rejeitos não-inertes ou resíduos não-inertes (***) (3)	MÉDIO Com possibilidade de impactar aglomerado rural (*) ou somente áreas não-urbanizadas de cidade ou vila (*) na área afetada (2)
Nível 4	ALTO 75 hm^3 < Volume ⩽ 200 hm^3 (4)	MUITO ALTO Existem edificações (***) ocupadas permanentemente, residentes na área de inundação, incluindo zonas urbanas. (5)	MUITO ALTO Quando a área afetada inclui áreas de proteção integral (***) ou a barragem armazena rejeitos perigosos ou resíduos perigosos (***) ou classificados como rejeito radioativo (****) (5)	ALTO Com possibilidade de impactar área urbanizada ou distrito (*), ou descontinuar, pelo menos, uma atividade de grande impacto econômico regional, ou atingir patrimônios históricos ou sítios arqueológicos, comunidades tradicionais (***), terras indígenas ou quilombolas na área afetada (4)
Nível 5	MUITO ALTO Volume > 200 hm^3 (5)			MUITO ALTO Com possibilidade de impactar serviços públicos essenciais (**) na área afetada (5)
Notas		*(*) Risco de perda de vidas humanas, dado pelo risco hidrodinâmico, conforme metodologia definida nos guias de boas práticas (inciso X do art. 6º da Lei nº 12.334, de 2010) reconhecidos pelos órgãos fiscalizadores de segurança de barragens. Em não havendo mapa com risco hidrodinâmico, nesses termos, será considerada toda a área de inundação.* *(**) Não inclui a estrada ou acesso que possa haver na estrutura do empreendimento.* *(***) Não devem ser consideradas as edificações ou ocupações indispensáveis à operação da barragem*	*(*) Considerar como eventos hidrológicos naturais e frequentes as vazões determinadas com tempo de recorrência de 50 anos.* *(**) Área de proteção de uso sustentável ou áreas de proteção integral conforme o disposto na Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.* *(***) Conforme normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).* *(****) Conforme glossário de termos da Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN).*	*(*) Conforme definição do glossário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).* *(**) Por serviço público essencial competem os que se referem ao provimento de energia, água, saúde, comunicação e educação.* *(***) Decreto nº 6.040, de 7 de fevereiro de 2007, ou substituto desse.*

Quadro 5: Quadro de Classificação quanto ao Dano Potencial Associado, conforme a Resolução CNRH n°241/2024

Fórmula de cálculo	Classe de Dano Potencial Associado
(DPA1 + DPA2 + DPA3 + DPA4) > 13	ALTO
7 ≤ (DPA1 + DPA2 + DPA3 + DPA4) ≤ 13	MÉDIO
(DPA1 + DPA2 + DPA3 + DPA4) < 7	BAIXO

Quadro 6. Exemplo de Faixas de Classificação por Dano Potencial Associado (Água) conforme a Resolução CNRH n°241/2024

4.8 Resultados

Dentre os Relatórios Técnicos 01 e 08 foram realizadas 886 visitas, que resultaram na geração de 806 Manchas de Dano Potencial Associado (DPA), incluindo barragens prioritárias solicitadas pela equipe do IAT. Para as demais 80 visitas não foi possível a definição do DPA em função da barragem estar em construção, descomissionamento, inativa ou planejamento, estar sem volume informado ou sem o CRI; não possuir barramento ou não ser aplicável – não se constituindo como reservatório –; por ter a visita recusada ou não ter havido acesso ao barramento pela falta de coordenadas; ou então por estarem duplicadas em Relatórios Técnicos distintos.

Dentre todas as análises de DPA geradas (Figura 22), o resumo de suas classificações foram:

- DPA Alto: 5
- DPA Médio: 167
- DPA Baixo: 634

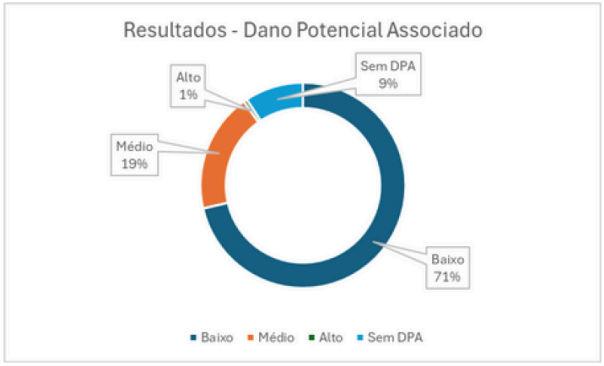


Figura 22: Resumo dos resultados DPA obtidos através da análise dos Relatórios Técnicos de Visitas 01 a 08

Além da análise do DPA, obteve-se também um resumo da Categoria de Risco (CRI) e da Classificação conforme a Matriz da Portaria n°467/2023 do Instituto Água e Terra do Paraná – Figuras 23 a 25.

CATEGORIA DE RISCO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	D
MÉDIO	A	C	D
BAIXO	A	C	D

Figura 23: Matriz de Classificação em função do DPA e CRI

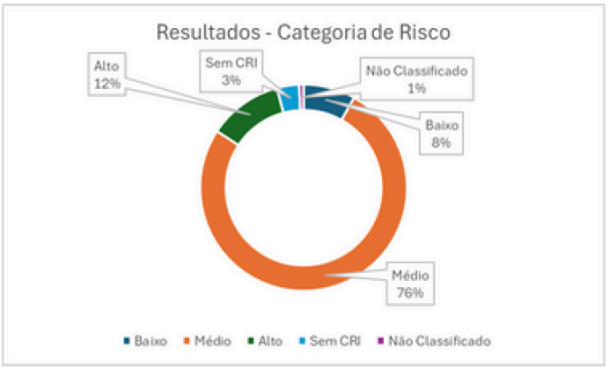


Figura 24: Resumo dos resultados CRI obtidos através da análise dos Relatórios Técnicos de Visitas 01 a 08

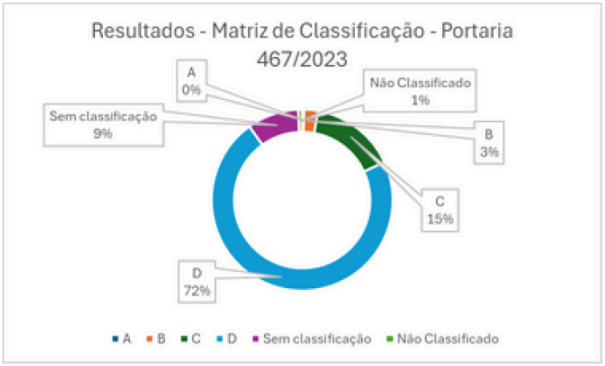


Figura 25: Resumo dos resultados da Matriz de Classificação obtidos através da análise dos Relatórios Técnicos de Visitas 01 a 08

REFERÊNCIAS CONSULTADAS

BIORESITA, F., PUISSANT, A., STUMPF, A., & MALET, J. P. (2018). A method for automatic and rapid mapping of water surfacesfrom sentinel-1 imagery. Remote Sensing, 10(2), 217.

BRAKENRIDGE, G.R.; ANDERSON, E. MODIS-based flood detection, mapping, and measurement: The potential for operationalhydrological applications. In Transboundary Floods: Reducing Risks through Flood Management; Springer: Dordrecht, TheNetherlands, 2006.

DU, Y., ZHANG, Y., LING, F., WANG, Q., LI, W., & LI, X. (2016). Water bodies' mapping from Sentinel-2 imagery with modifiednormalized difference water index at 10-m spatial resolution produced by sharpening the SWIR band. Remote Sensing, 8(4), 354.

FROEHLICH, D. C. Predicting peak discharge from gradually breached embankment dam. Journal of Hydrological Engineering, v.21, n. 11, 2016.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Relatório Técnico - Mapeamento dos Espelhos d'água doBrasil. 2005.

GAO, B., 1996. NDWI - a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. RemoteSensing of Environment 58, 257-266.

GIUSTARINI, L.; HOSTACHE, R.; KAVETSKI, D.; CHINI, M.; CORATO, G.; SCHLAFFER, S.; MATGEN, P. Probabilistic Flood MappingUsing Synthetic Aperture Radar Data. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2016, 54, 1-12.

IRWIN, K., BEAULNE, D., BRAUN, A., & FOTOPOULOS, G. (2017). Fusion of SAR, optical imagery, and airborne LiDAR for surfacewater detection. Remote Sensing, 9(9), 890. doi:10.3390/rs9090890

MANAKOS, I., KORDELAS, G. A., & MARINI, K. (2019). Fusion of Sentinel-1 data with Sentinel-2 products to overcome non-favourable atmospheric conditions for the delineation of inundation maps. European Journal of Remote Sensing, 1-14.

MARCUS, W.A.; FONSTAD, M.A. Optical remote mapping of rivers at sub-meter resolutions and watershed extents. Earth Surf.Process. Landf. 2008, 33, 4-24.

MCFEETERS, S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features.International Journal of Remote Sensing, v.17, n.7, p.1425-1432, 1996. Disponível em https://doi.org/10.1080/01431169608948714

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MIDR). Resolução CNRH nº 241, de 10 de setembro de 2024.Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por dano potencial associado, por volume e por categoria de risco, ematendimento ao art. 7º da Lei n. 12.334, de 20 de setembro de 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 143/2012, de 10 de julho de 2012.Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume doreservatório, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

OTTINGER, M.; KUENZER, C.; LIU, G.;WANG, S.; DECH, S. Monitoring land cover dynamics in the Yellow River Delta from 1995 to2010 based on Landsat 5 TM. Appl. Geogr. 2013, 44, 53-68.

PEKEL, J.F.; COTTAM, A.; GORELICK, N.; BELWARD, A.S. High-resolution mapping of global surface water and its long-termchanges. Nature Geoscience, v.540, n.7633, p. 418, 2016. doi.org/10.1038/nature20584

PEREIRA, G.H.A, LOHMANN, M., MAGANHOTTO, R.F., 2016. Proposta e avaliação de índices para delimitar e mapear corposd'água utilizando imagens do satélite LANDSAT 8. Revista Brasileira de Geografia Física 09, 1956-1968.

ROGERS, A.S., KEARNEY, M.S., 2004. Reducing signature variability in unmixing coastal marsh thematic mapper scenes usingspectral indices. International Journal of Remote Sensing 25, 2317-2335.

SMITH, G. P.; DAVEY, E. K.; COX, R. Flood Hazard (WRL Technical Report 2014/07). Sidney: UNSW, 2014.

5.

Acompanhamento Logístico das Barragens

5. ACOMPANHAMENTO LOGÍSTICO DAS BARRAGENS

5.1 Execução das Visitas Técnicas

O IAT é o órgão que possui a atribuição de definir quais barragens devem ser submetidas a visitas técnicas, contando com o apoio técnico do SIMEPAR para efetivá-las.

Preliminarmente, foram definidas 1.600 barragens, as quais foram identificadas por meio da utilização de tecnologias de Sensoriamento Remoto, mapeando 2.578 espelhos d'água. Os formulários de visitas técnicas das barragens foram encaminhados em 13 Relatórios Técnicos de Visita.

5.2 Planejamento

Para o planejamento e execução de cada visita, o que inclui dentre outros, a comunicação antecipada com o proprietário do empreendimento e/ou seu representante, a identificação dos técnicos, a apresentação do objetivo da visita técnica, a definição dos itinerários, faz-se necessário a obtenção dos dados de contato (nome, telefone, celular, endereço, etc.).

Estes contatos são obtidos a partir da visualização de placas geralmente instaladas na entrada das propriedades, as quais contém número de telefones de contato. Esta atividade é realizada em laboratório utilizando ferramentas tais como Google Earth e Google Map, bem como dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) dos imóveis rurais onde as barragens estão instaladas. Lembrando que é mantido o sigilo destes dados do CAR.

Adicionalmente quando em uma rota para a visita a uma barragem que fora agendada, o técnico realiza a tentativa de contato de forma direta e presencial. Para então realizar a visita técnica ou então realizar o agendamento.

5.3 Coleta de dados e informações das barragens

A coleta dos dados e informações das barragens inclui observações quanto às características à operação hidráulica e manutenção, que se refere ao estado de conservação das estruturas. Isto seguindo metodologia adotada pelo IAT para embasar o trabalho de fiscalização a ser realizado pelo órgão gestor de recursos hídricos.

5.4 Preenchimento do formulário

O formulário adotado foi concebido para que houvesse funcionamento em modo offline e foi previamente disponibilizado nos notebooks que os engenheiros adotaram nas visitas técnicas. Assim, para a realização dos levantamentos de dados e informações, a partir de documentos padronizados do IAT, foi elaborado um formulário eletrônico próprio do projeto, para a coleta de informações in loco das barragens.

O documento totalizou pouco mais de 350 campos, com obrigatoriedade de preenchimento para cerca de 30 informações, em acordo com prioridades do projeto e níveis de completude do Sistema Nacional de Informações de Segurança de Barragens (SNISB).

Para a devida classificação de informações utilizou-se como base as faixas de completude do SNISB. Cada barragem pode receber um valor indicando o quão completos estão seus dados. São os seguintes valores possíveis de completude:

- Mínima: Barragens que possuem apenas Nome, Código SNISB, Coordenadas, UF, Município e Uso principal;
- Baixa: Dados da classe mínima + Altura, Capacidade e Empreendedor;
- Média: Dados da classe Baixa + Autorização;
- Boa: Dados da classe Média + Classificação CRI e DPA;
- Ótima: Dados da classe Boa + Inspeção Regular, Revisão Periódica e PAE.

No entanto, para a compilação dos dados, devido algumas especificidades das coletas de informações, foi elaborada uma análise adaptada de completude:

- Mínima*: Coordenadas, município, uso principal. Não há código SNISB no Formulário de Visita, e UF não é incluída;
- Baixa*: Mínima* + Altura, Capacidade e Empreendedor;
- Média*: Baixa* + Autorização (foram consideradas as outorgas);
- Boa*: Média* + CRI. Informação de DPA desconsiderada pois análise de dano é realizada após a visita (coleta do Formulário de Visita);
- Ótima*: Boa* + inspeção regular e PAE. Revisão periódica não incluída no Formulário de Visita.

Nestes níveis foram consideradas, dentro de cada respectiva faixa, as devidas informações:

Mínima* (3 informações):
- Coordenadas (latitude, longitude e datum);
- Finalidade de uso de recurso hídrico;
- Município da barragem.

Baixa* (4 informações):
- Altura da barragem;
- Volume do reservatório;
- Nome do empreendedor;
- CPF ou CNPJ do empreendedor.

Média* (1 informação):
- Outorga de barramento, ou de uso de água, ou a portaria de outorga.

Boa* (17 informações):
Características Técnicas
- Material de construção;
- Tipo de fundação da barragem;
- Vazão de projeto;
- Idade da barragem;
- Altura da barragem;
- Comprimento da barragem.

Estado de conservação:
- Confiabilidade das estruturas extravasoras;
- Confiabilidade das estruturas de adução;
- Percolação;
- Deformações e recalques;
- Deterioração de taludes e paramentos;
- Eclusa.

Plano de Segurança:
- Documentação de projeto;
- Estrutura organizacional e qualificação técnica; Regra operacional de dispositivos de descarga;
- Procedimentos e roteiros de inspeção;
- Relatórios de inspeção de segurança.

Ótima* (2 informações):
- Data da última ISR/ISE, ou
- Conteúdo do Relatório de Inspeção, ou
- Data de envio do Relatório de Inspeção, ou
- Recomendações ISR/ISE, ou PAE.

A elaboração do recurso teve como principais requisitos:
- Preenchimento de informações em uso offline;
- Geração de documentos correspondentes a cada barragem separadamente;
- Fácil usabilidade;
- Interoperabilidade com funções de banco de dados de SIG.

5.5 Montagem do relatório

Compilação (reunião de informações em arquivo.txt e registros fotográficos), e consolidação dedados (revisão e detecção de inconsistências) foram realizadas parcialmente de forma automatizada.

5.6 Geração do relatório parcial semanal

Semanalmente foram registradas as atividades realizadas, resultados das visitas, produtos gerados para cada barragem e definição das barragens a serem visitadas durante aquela semana.

A Figura 26 ilustra a primeira página de um relatório de visita. A Figura 27 ilustra um croquis de localização e caracterização de um empreendimento de barragem.

RESUMO DAS INFORMAÇÕES DA BARRAGEM

Informações do Empreendedor e Barragem:

Código Barragem:	4608
Data da visita técnica:	15 de dezembro de 2023
Nome do empreendedor:	Rosiney Elisandra Batista Pereira
CPF/CNPJ:	940.497.779-91
Contato:	(45) 99915-6277
E-mail:	pisciculturapaturi@uol.com.br
Nome da barragem:	Barragem Paturi TQ 03.
Município da barragem:	TOLEDO
Endereço de correspondência:	Rua São Francisco 740, Jardim Porto Alegre, Toledo, Paraná, 85906-110, BRA
Fase da vida:	Operação

Principais comentários sobre a visita à barragem:

Comentários da visita:	Visita realizada no período da manhã, sem influência de chuvas. Acesso com asfalto até a propriedade. Primeiro contato ocorreu com o Sr. Marcos, administrador da propriedade, que repassou o contato do Engenheiro de Pesca responsável, Sr. Jean. No dia agendado o engenheiro informou que não conseguiria participar, mas designou um funcionário da propriedade que acompanhou a visita e apresentou as características das estruturas e repassou as informações de seu conhecimento sobre os barramentos existentes na propriedade. Após a visita, foi realizado entrevista por telefone com o Sr. Jean, que repassou informações técnicas referentes ao funcionamento das estruturas, e aos dados do empreendimento.
Características Gerais:	Dimensões e valores de medidas obtidas por meio de estimativa no local da visita e consulta por meio de imagens disponíveis na base de dados do Google Earth. Trata-se de barramento onde o reservatório é utilizado como viveiro de piscicultura.
Características Técnicas:	Informações obtidas através de entrevista. Não há informações sobre a vazão de projeto específica deste reservatório.

Figura 26: Exemplo da primeira página de um relatório de visita, contendo o resumo das informações



Figura 27: Exemplo de croqui de um relatório de visita

5.7 Resultados

Os resultados consolidados indicam acumulado de visitas técnicas aos empreendimentos de barragens, de acordo com o previsto no Plano de Trabalho, resultando em um total de 1.580 formulários enviados até o mês de dezembro de 2024.

Relatórios de Visita Técnica:

- 1.457 relatórios de barragens elaborados e entregues;
- 123 relatórios incompletos ou reservatórios não aplicáveis (cavas, tanques, etc.).
- Totalizando 1.580 formulários já preenchidos.

Verificação de situação cadastral junto ao IAT:

- 345 barragens cadastradas;
- 518 barragens não cadastradas (449 detectadas via Sensoriamento Remoto);

Registros fotográficos georreferenciados:

- 19.499 fotos registradas no total;
- 14.206 fotos georreferenciadas (com metadados de geotagging, ~73%).

Registros de anomalias encontradas:

- 163 especificações de anomalias, se estavam presentes ou não a cada barragem visitada (erosões, falha no revestimento etc.).

6.

Atividades Gerais de 2024

6. ATIVIDADES GERAIS DE 2024

6.1 Ações específicas desenvolvidas ou supervisionadas pelo IAT

- Em 2024 foi finalizado o levantamento da situação documental das barragens pertencentes aos Municípios, e que já haviam sido notificadas em 2023, com a solicitação de envio de toda a documentação sobre segurança de barragens. No início de 2025 esses Municípios que não atenderam as notificações serão autuados.

- O Núcleo de Inteligência Geográfica e da Informação do IAT realizou levantamento de todas as necessidades de um sistema para atender as demandas de Segurança de Barragens, visando refinar o sistema de monitoramento das barragens com novas ferramentas.

- Participação em Cursos e Eventos em geral:

  a) Participação no 2º Encontro Nacional de Órgãos Fiscalizadores, de 18 a 20 de setembro de 2024, promovido pela ANA (20 horas) (Figuras 28 e 29).
  b) Participação no Curso de Formação de Pilotos de Drones, 03 a 07 de julho de 2024, promovido pelo IMA - SC (25 horas).
  c) Participação no Curso sobre Plano de Segurança de Barragens: Guia de Instruções, 15 de março a 11 de abril de 2024, promovido pela ANA (40 horas).
  d) Curso Manual do e-protocolo, 22 e 23 de julho de 2024, promovido pelo Governo do Estado do Paraná (20 horas).
  e) Participação no Curso Relatório Analítico de Alertas, dia 27 de novembro de 2024, promovido pelo Ministério da Justiça e Segurança Pública (01 hora).
  f) Participação no Curso Introdução à Modelagem 2D com HEC-RAS, 22 a 26 de abril de 2024, promovido pela ANA (20 horas).
  g) Participação na Apresentação DamBreak Model, dia 31 de julho de 2024, promovido pela ANA (02 horas).

- Supervisão de todas as atividades do Contrato de Gestão, orientando e acompanhando as ações desenvolvidas pelo SIMEPAR para o atingimento completo dos objetivos do Projeto eSTAGio_Barragens_02.

ATIVIDADES GERAIS DE 2024 (continuação)



Figura 28: Mesa de abertura do evento Dia da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), promovido pela ANA

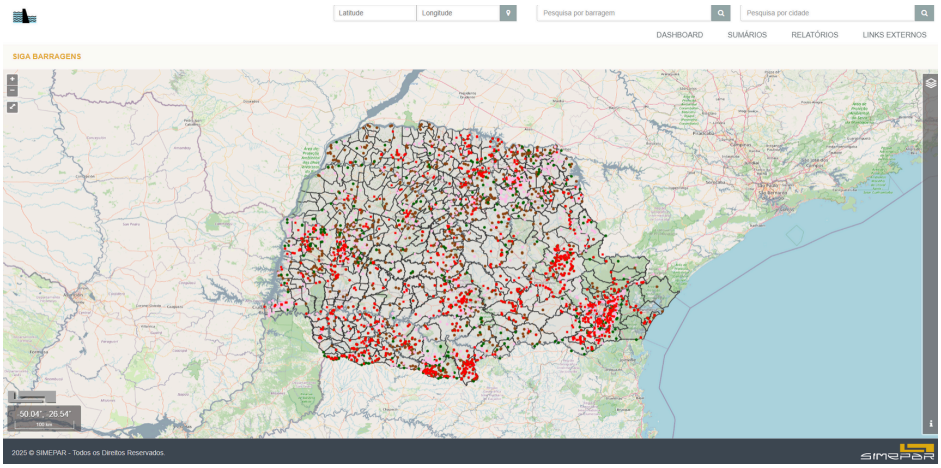


Figura 29: Plenária de abertura do evento Dia da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), promovido pela ANA

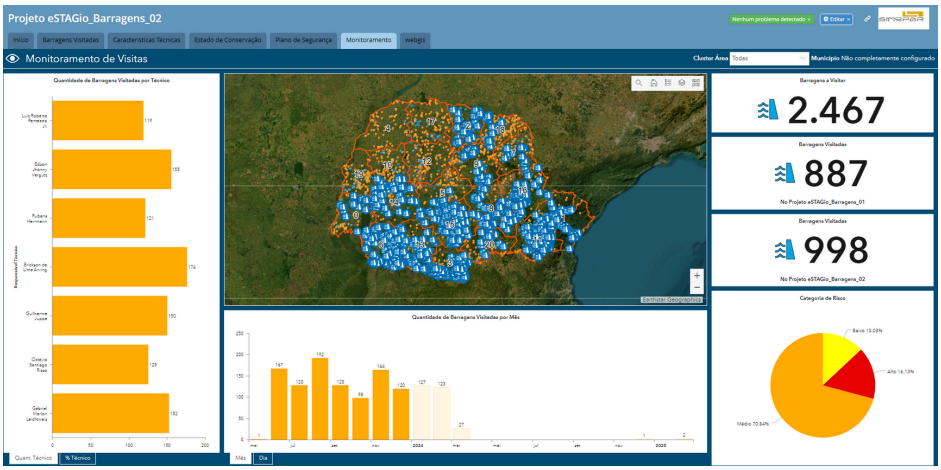
A celebração ao Dia da Política Nacional de Segurança de Barragens, ocorrida de 18 a 20 de setembro de 2024, foi parte do 2º Encontro do Fórum dos Órgãos Fiscalizadores de Segurança de Barragens em 2024, que teve em sua programação apresentações da ANA sobre o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) e o Relatório de Segurança de Barragens 2023 (RSB 2023). Participaram do evento representantes da Câmara Técnica de Segurança de Barragens do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CTSB/CNRH), assim como representantes dos órgãos fiscalizadores de segurança de barragens (OFSBs) estaduais e federais.

ATIVIDADES GERAIS DE 2024 (continuação)

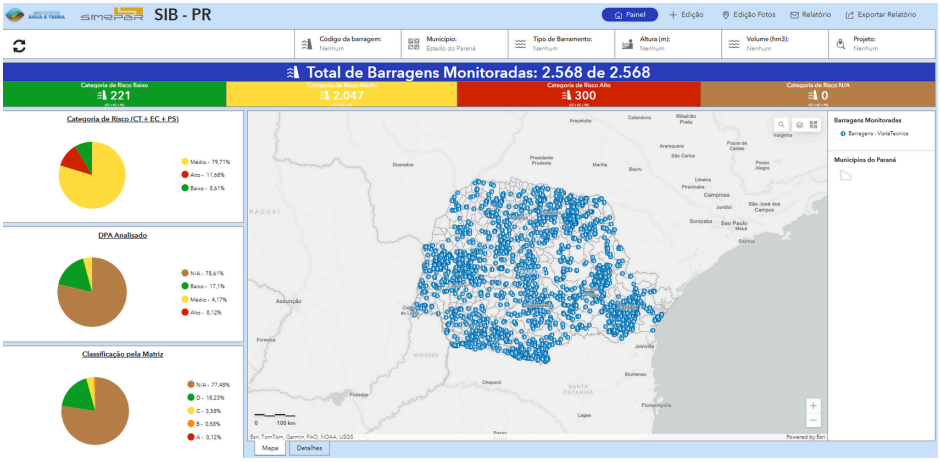
- Aprimoramento do dashboard de monitoramento das barragens (Figura 30).



Versão Barragens 1.



Versão Barragens 2.



Versão unificada.

Figura 30: Telas iniciais das três versões de dashboard do Monitoramento de Barragens no PR

ATIVIDADES GERAIS DE 2024 (continuação)

- Vistorias realizadas pela equipe do IAT na região de Foz do Iguaçu, no período de 02 a 06 de julho de 2024 (Figura 31).

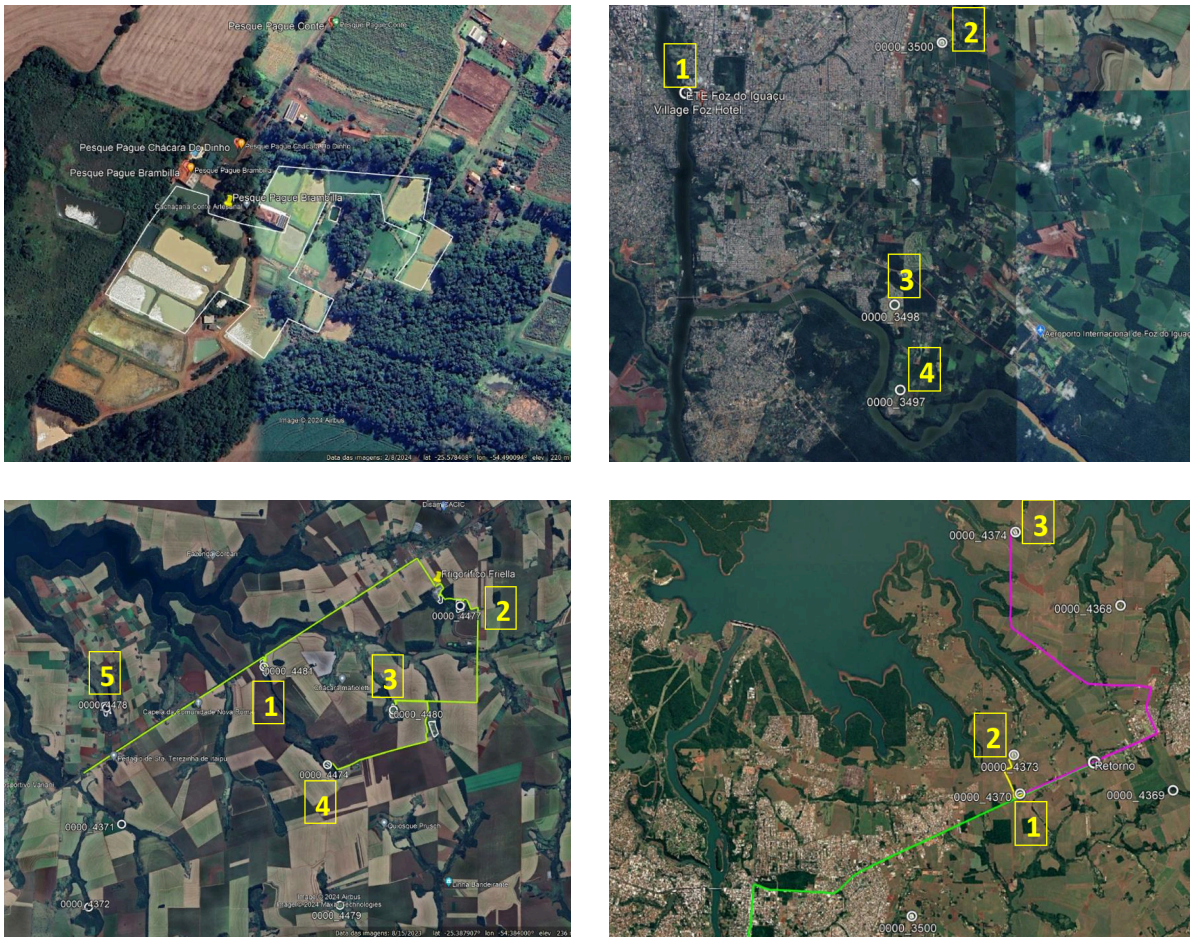


Figura 31: Barragens selecionadas para vistoria pela equipe do IAT, na região de Foz do Iguaçu

ATIVIDADES GERAIS DE 2024 (continuação)

- Participação no 2º Encontro de Fórum dos Órgãos Fiscalizadores de Segurança de Barragens em 2024, promovido pela ANA, e apresentação do tema "Descomissionamento, Descaracterização ou Desativação de Barragens: distinguindo conceitos e práticas para uma fiscalização eficiente e padronização de procedimentos", representando o Grupo de Trabalho dos Órgãos Fiscalizadores (Figura 32).

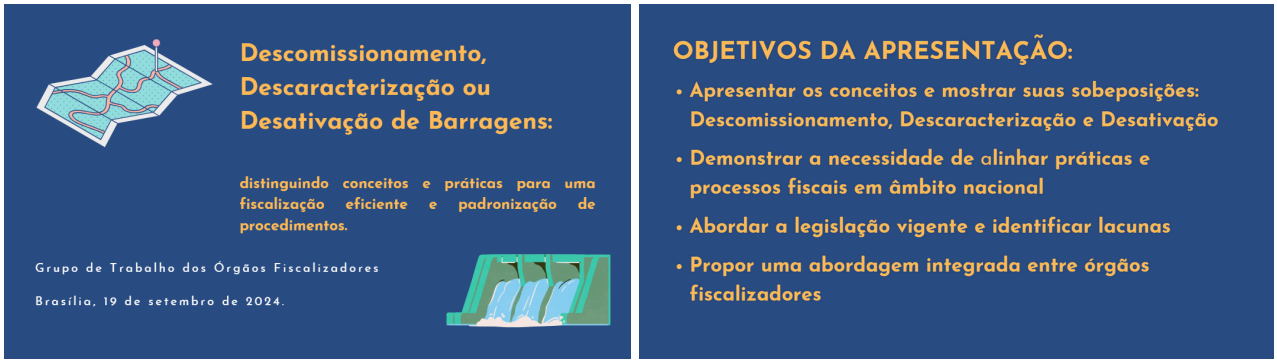


Figura 32: Apresentação no 2ª Encontro do Fórum dos OFSBs em 2024

- Resumo das informações sobre a Categoria de Risco (Figura 33).

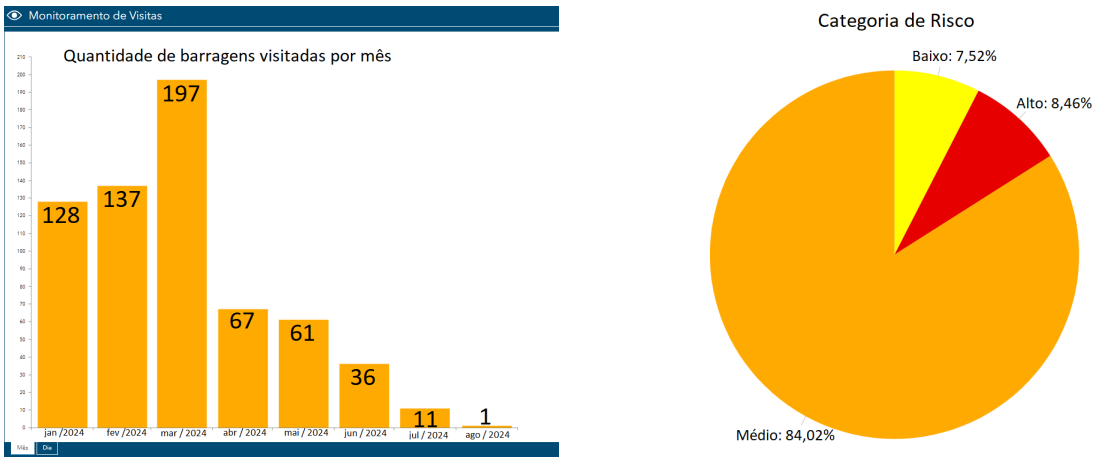


Figura 33: Resumo das informações sobre a Categoria de Risco das barragens visitadas em 2024

- Análises realizadas para outorga de barramentos (Figura 34).

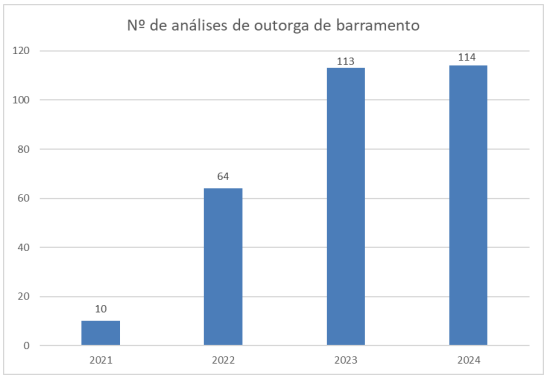


Figura 34: Número de análises de pedidos de outorga para barramentos, período de 2021 a 2024

INSTITUTO ÁGUA E TERRA

Rua Engenheiro Rebouças, 1.206
Bairro Rebouças
Curitiba - PR

www.iat.pr.gov.br