

SERVIÇOS DE CONSULTORIA:

Contratação de serviços de consultoria para o levantamento de impactos e riscos climáticos sobre a infraestrutura federal de transporte terrestres (rodoviário e ferroviário) existente e projetada

PRODUTO 4 – ANÁLISE DE VULNERABILIDADE E EXPOSIÇÃO DA INFRAESTRUTURA FEDERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES

Maio de 2022

Consultoria: Associação GITEC/COPPE



Comitê gestor:



REVISÕES

DATA	AUTOR	VERSÃO
07/04/2022	ASSOCIAÇÃO GITEC/COPPE	1.0
06/05/2022	ASSOCIAÇÃO GITEC/COPPE	2.0

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxo metodológico das etapas e os produtos associados.	10
Figura 2. Atividades da Etapa 4 do Estudo AdaptaVias.	11
Figura 3. Mapa com a normalização da localização do eixo central das rodovias federais.	18
Figura 4. Mapa com a normalização da localização das Obras de Arte Especiais.	20
Figura 5. Mapa com a normalização da volumetria média diária anual das rodovias brasileiras.	22
Figura 6. Mapa da situação das ferrovias.	27
Figura 7. Mapa com a normalização da localização do Trecho Ferroviário.	28
Figura 8. Mapa com a normalização do volume de veículos ferroviários por trecho em 2017.	30
Figura 9. Classificação das vulnerabilidades a inundações.	34
Figura 10. Mapa com a normalização da vulnerabilidade à inundação.	35
Figura 11. Mapa com a normalização da erodibilidade.	37
Figura 12. Mapa com a normalização da declividade.	38
Figura 13. Mapa com a normalização do uso e cobertura do solo.	40
Figura 14. Mapa com a normalização da Erosão e Assoreamento para rodovias.	41
Figura 15. Mapa com a normalização da Erosão e Assoreamento para ferrovias.	42
Figura 16. Mapa com a normalização da suscetibilidade a deslizamentos.	44
Figura 17. Mapa com a normalização da média dos níveis de focos de incêndios entre os anos 2015 e 2020 à distância de dois quilômetros das rodovias.	45
Figura 18. Mapa com a normalização da média dos níveis de focos de incêndios entre os anos 2015 e 2020 à distância de dois quilômetros das ferrovias.	46
Figura 19. Mapa com a normalização do ICS.	50
Figura 20. Mapa os tipos de rodovias no Brasil.	51
Figura 21. Mapa com a normalização do Tipo de Rodovia.	52
Figura 22. Mapa com a normalização do Peso da Carga para Rodovias.	54
Figura 23. Mapa com a normalização da bitola das ferrovias.	60
Figura 24. Mapa com a normalização do peso da carga para ferrovias.	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Abordagens para obtenção de dados representativos do modo rodoviário.	47
Quadro 2. Abordagens para obtenção de dados representativos do modo ferroviário.....	58
Quadro 3. Possíveis indicadores para o modo rodoviário e ferroviário identificados a partir da revisão da literatura.	65
Quadro 4. Proposta de indicadores de capacidade adaptativa para a infraestrutura rodoviária.	68
Quadro 5. Proposta de indicadores de capacidade adaptativa para a infraestrutura ferroviária.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quantidade de trechos rodoviários por quantidade de OAEs.....	19
Tabela 2. Características das classes dos dados normalizados.....	21
Tabela 3. Visão Geral do índice de Simpson da localização e da ponderação do eixo central das rodovias para cada impacto biofísico, após aplicação dos formulários I e II.	23
Tabela 4. Atribuição dos pesos do indicador Eixo Central das Rodovias para cada impacto biofísico.	23
Tabela 5. Visão Geral do índice de Simpson e da ponderação da localização das OAEs para cada impacto biofísico, após aplicação dos formulários I e II.	24
Tabela 6. Atribuição dos pesos do indicador Localização das OAEs para cada impacto biofísico.	24
Tabela 7. Visão Geral do índice de Simpson e da ponderação do VMDA para cada impacto biofísico, após aplicação dos formulários I e II.	25
Tabela 8. Atribuição dos pesos do indicador VMDA para cada impacto biofísico.....	25
Tabela 9. Características das classes dos dados normalizados.....	29
Tabela 10. Visão Geral do índice de Simpson da localização e da ponderação do trecho ferroviário para cada impacto biofísico, após aplicação do Formulário I.....	31
Tabela 11. Atribuição dos pesos do indicador Trecho Ferroviário para cada impacto biofísico.	31
Tabela 12. Visão Geral do índice de Simpson e da ponderação do Volume de veículos para cada impacto biofísico, após aplicação dos Formulários I e II.	31
Tabela 13. Atribuição dos pesos do indicador Volume de veículo para cada impacto biofísico.	32
Tabela 14. Normalização do indicador Vulnerabilidade às Inundações.....	35
Tabela 15. Normalização do indicador Erodibilidade.....	36
Tabela 16. Normalização do indicador de declividade.....	38
Tabela 17. Normalização do indicador Uso e Cobertura do Solo.	39
Tabela 18. Pesos para cada subtema por modal.	40
Tabela 19. Pesos atribuídos aos temas utilizados na avaliação.....	42
Tabela 20. Normalização do indicador Suscetibilidade a deslizamento.	43
Tabela 21. Conceitos atribuídos ao ICS em função do IGG e do IRI.	49
Tabela 22. Normalização do indicador ICS.	49
Tabela 23. Normalização do indicador Tipo de Rodovia.	52
Tabela 24. Normalização do indicador Peso da Carga.	53
Tabela 25. Visão Geral do índice de Simpson e da ponderação do ICS para cada impacto biofísico, após aplicação dos formulários I e II.	55
Tabela 26. Atribuição dos pesos do indicador ICS para cada impacto biofísico.	55
Tabela 27. Visão Geral do índice de Simpson e da ponderação do Tipo de Rodovia para cada impacto biofísico, após aplicação dos formulários I e II.....	56
Tabela 28. Atribuição dos pesos do indicador Tipo de Rodovia para cada impacto biofísico.	56
Tabela 29. Visão Geral do índice de Simpson e da ponderação do Peso da Carga para cada impacto biofísico, após aplicação dos formulários I e II, modo rodoviário.....	57
Tabela 30. Atribuição dos pesos do indicador Peso da Carga do modo rodoviário para cada impacto biofísico.....	57
Tabela 31. Normalização do indicador Tipo de Bitola.....	59
Tabela 32. Normalização do indicador Peso da Carga para Ferrovias.	61
Tabela 33. Visão Geral do índice de Simpson e da ponderação do Peso da Carga para cada impacto biofísico, após aplicação dos formulários I e II, modo ferroviário.	63
Tabela 34. Atribuição dos pesos do indicador Tipo de Bitolas para cada impacto biofísico.	63

Tabela 35. Visão Geral do índice de Simpson e da ponderação do Peso da Carga do modo ferroviário para cada impacto biofísico, após aplicação dos Formulários I e II.	63
Tabela 36. Atribuição dos pesos do indicador Peso da Carga do modo ferroviário para cada impacto biofísico.....	64
Tabela 37. Classificação das concessionárias rodoviárias para o IDA (2020).	70
Tabela 38. Proposta de normalização do indicador IDA rodoviário.	70
Tabela 39. Classificação das concessionárias ferroviárias para o IDA (2020).	73
Tabela 40. Proposta de normalização do indicador IDA ferroviário.	74

LISTA DE SIGLAS

ABCR	Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias
AMC	Análise de Máxima Covariância
ANTF	Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
AR5	<i>IPCC Fifth Assessment Report</i> (em português, Quinto Relatório de Avaliação do IPCC)
ARC	Análise de Risco Climático
CMIP	<i>Coupled Model Intercomparison Project</i>
CMIP5	<i>Coupled Model Intercomparison Project Phase 5</i>
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EPL	Empresa de Planejamento e Logística
GIZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>
HWDI	<i>Heat Wave Duration Index</i>
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (em português, Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)
IRC	Índice de Risco Climático
JRC	<i>Joint Research Centre</i>
MIInfra	Ministério da Infraestrutura
mm/h	Milímetro por hora
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PARF	Plano de Adaptação de Rodovias Federais
PBMC	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
PN	Perguntas Norteadoras
PNL	Plano Nacional de Logística
PREC	Precipitação
PROADAPTA	Projeto Apoio ao Brasil na Implantação da Agenda Nacional de Adaptação à Mudança do Clima
TdR	Termo de Referência
TMAX	Temperatura máxima
TMáxAr	Temperatura máxima do ar
TMIN	Temperatura mínima
VALEC	VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.

Índice

1. Introdução.....	10
2. Abordagem metodológica	11
3. Exposição	16
3.1. Modo Rodoviário	16
3.1.1. Bibliografia.....	16
3.1.2. Histórico de Consultas e Síntese dos Dados Coletados.....	16
3.1.3. Determinação dos Indicadores	17
3.1.3.1. Localização do Eixo Central da Rodovia.....	17
3.1.3.2. Localização das Obras de Arte Especiais.....	18
3.1.3.3. Volume Médio Diário Anual.....	21
3.1.4. Ponderação dos Indicadores.....	22
3.1.4.1. Localização do Eixo Central da Rodovia.....	22
3.1.4.2. Localização das Obras de Arte Especiais.....	23
3.1.4.3. Volume Médio Diário Anual.....	25
3.2. Modo Ferroviário	26
3.2.1. Bibliografia.....	26
3.2.2. Histórico de Consultas e Síntese dos dados coletados	26
3.2.3. Determinação dos Indicadores	26
3.2.3.1. Localização do Trecho Ferroviário.....	27
3.2.3.2. Volume de veículos ferroviários.....	28
3.2.4. Ponderação dos Indicadores.....	30
3.2.4.1. Localização do Trecho Ferroviário.....	30
3.2.4.2. Volume de veículos ferroviários.....	31
4. Sensibilidade do Meio Biofísico.....	32
4.1. Bibliografia	33
4.2. Histórico de Consultas e Síntese dos dados coletados	33
4.3. Determinação dos Indicadores	33
4.3.1. Indicadores de alagamento/inundação.....	33
4.3.2. Indicadores de erosão e assoreamento	35
4.3.3. Indicadores de deslizamento	42
4.3.4. Indicadores de queimada/incêndios.....	44
5. Sensibilidade da Infraestrutura	46
5.1. Modo Rodoviário	46
5.1.1. Bibliografia.....	46

5.1.2. Histórico de Consultas e Síntese dos dados coletados	47
5.1.3. Determinação dos Indicadores	48
5.1.3.1. Índice da Condição da Superfície (ICS)	49
5.1.3.2. Tipo de Rodovia.....	50
5.1.3.3. Peso da carga	53
5.1.4. Ponderação dos Indicadores.....	54
5.1.4.1. Índice da Condição da Superfície (ICS)	54
5.1.4.2. Tipo de Rodovias	55
5.1.4.3. Peso da carga	56
5.2. Modo Ferroviário	57
5.2.1. Bibliografia.....	57
5.2.2. Histórico de Consultas e Síntese dos dados coletados	58
5.2.3. Determinação dos Indicadores	59
5.2.3.1. Tipo de Bitola	59
5.2.3.2. Peso da Carga.....	60
5.2.4. Ponderação dos Indicadores.....	62
5.2.4.1. Tipo de Bitola	62
5.2.4.2. Peso da Carga.....	63
6. Capacidade Adaptativa	64
6.1. Bibliografia	65
6.2. Modo Rodoviário	68
6.2.1. Determinação de Indicadores.....	68
6.2.1.1. Índice de Desempenho Ambiental (IDA)	69
6.2.2. Ponderação dos Indicadores	70
6.2.3. Análise qualitativa	71
6.3. Modo Ferroviário	71
6.3.1. Determinação de indicadores.....	71
6.3.1.1. Índice de Desempenho Ambiental	72
6.3.2. Ponderação do Indicador	73
6.3.3. Análise qualitativa	74
7. Conclusões	74
7.1. Respostas às Perguntas Norteadoras	76
8. Referências da Base de Dados Cartográficos	78
9. Referências.....	79

Anexos:

- Anexo I. **Bibliografias**
- Anexo II. **Histórico de Consultas**
- Anexo III. **Formulários das Oficinas**
- Anexo IV. **Tabela Indicadores (Níveis)**
- Anexo V. **Figuras dos Indicadores Hierarquizados**
- Anexo VI. **Análise Geral sobre Exposição, Vulnerabilidade e Capacidade Adaptativa**

1. Introdução

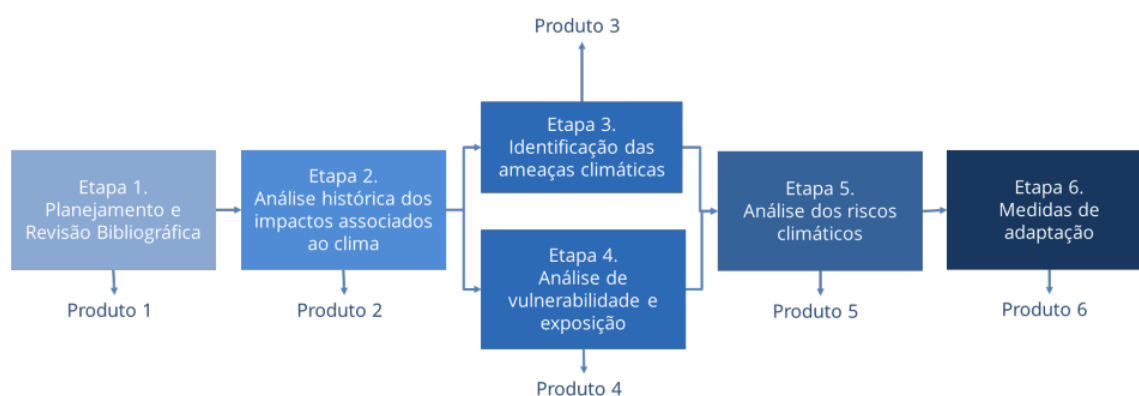
O presente relatório é parte do estudo “Levantamento de impactos e riscos climáticos sobre a infraestrutura federal de transporte terrestre (rodoviário e ferroviário) existente e projetada” (ou “Estudo AdaptaVias”), que tem como objetivo fornecer informações que sirvam como subsídio para o desenvolvimento de estratégias de adaptação à mudança do clima para o setor, no âmbito do Memorando de Entendimento celebrado entre o Ministério da Infraestrutura (MInfra), no âmbito do Memorando de Entendimento firmado com a *Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH no Brasil, que conta com o apoio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), e é executado pela parceria formada entre a Gitec Brasil e o Programa de Engenharia de Transportes da Coppe/UFRJ, no Projeto “Apoio ao Brasil na Implantação da Agenda Nacional de Adaptação à Mudança do Clima - PROADAPTA”.

Esse estudo, conforme apresentado no Produto 1 (Parte 1 - Plano de Trabalho), está dividido em 6 (seis) etapas:

- **Etapa 1** - Consiste no levantamento de dados e estudos existentes e descreve a lógica empregada para o planejamento do estudo e a realização da revisão bibliográfica;
- **Etapa 2** - Busca identificar os impactos do clima na infraestrutura federal de transporte terrestre (rodoviário e ferroviário) brasileira, com base em análise de dados e séries históricas;
- **Etapa 3** - Visa identificar as ameaças climáticas aplicáveis à realidade da infraestrutura de transporte terrestre brasileira;
- **Etapa 4** - Consiste na identificação e na análise das vulnerabilidades existentes e do grau de exposição da infraestrutura de transporte terrestre brasileira;
- **Etapa 5** - Visa analisar o risco climático, com o detalhamento de suas informações para munir os tomadores de decisão de dados atualizados;
- **Etapa 6** - É uma etapa de fechamento, onde serão elencadas as medidas de adaptação necessárias, considerando-se os diferentes impactos e as ameaças, ou seja, as respostas a serem dadas diante dos cenários elaborados pelo consultor externo contratado pela GIZ.

O fluxo metodológico do Estudo AdaptaVias é apresentado na Figura 1.

Figura 1. Fluxo metodológico das etapas e os produtos associados.



Fonte: Elaboração própria (2021).

O **PRODUTO 4 (Análise de vulnerabilidade e exposição da infraestrutura federal de transportes terrestres)**, resultante da Etapa 4, apresentado neste relatório, consiste na **identificação e análise das**

vulnerabilidades existentes e do grau de exposição da infraestrutura de transporte terrestre brasileira para os modos rodoviário e ferroviário.

A Etapa 4 buscou responder às seguintes perguntas norteadoras:

- “Quais dados sobre sensibilidade, capacidade adaptativa e exposição existem e estão disponíveis?”
- “Qual é o nível de sensibilidade, capacidade adaptativa e exposição da infraestrutura federal de transporte terrestre às ameaças climáticas, e quais as regiões mais críticas?”
- “Quais são as características técnicas mais relevantes de cada tipo de infraestrutura estudado (p.ex., tipo de asfalto) que podem ser afetadas pelas ameaças climáticas?”

Para essa etapa, foram coletados dados sobre exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa, e definidos indicadores para compor o Índice de Risco Climático, que será calculado na Etapa 5.

2. Abordagem metodológica

A metodologia da Etapa 4, conforme apresentado no Produto 1 (Parte 1 - Plano de Trabalho), consistiu em 6 (seis) atividades, apresentadas na Figura 2.

Figura 2. Atividades da Etapa 4 do Estudo AdaptaVias.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Um resumo das atividades realizadas na Etapa 4 é apresentado a seguir:

● **Atividade 4.1 - Análise de dados e seleção do método:** contou com uma revisão bibliográfica das metodologias de análise de riscos climáticos nacionais e internacionais aplicáveis para a infraestrutura de transporte terrestre. Nessa atividade, foi realizada a análise de dados e seleção do método a ser utilizado, a partir dos resultados apresentados em produtos anteriores, a fim de validar a viabilidade da aplicação no contexto da infraestrutura de transportes terrestres brasileira.

● **Atividade 4.2 - Complementação de dados:** contou com uma segunda rodada de coleta para complementação de dados. Para a obtenção de dados representativos (com abrangência nacional), em formato adequado (georreferenciados) e de requisitos essenciais para a utilização dos mesmos, a atividade 4.2 contou com o apoio do Ministério da Infraestrutura (MInfra), no qual foram realizadas consultas diretas às pessoas-chave e instituições por envio de e-mails, para ambos os modos.

Desse modo, a partir do levantamento bibliográfico da situação acerca dos indicadores de vulnerabilidade, exposição e ameaças para infraestrutura dos modos rodoviários e ferroviários, foram feitas consultas a órgãos (instituições-chave) buscando compreender as bases de dados disponíveis.

Cabe ressaltar a dificuldade de obtenção/acesso aos dados (dados requeridos e não disponibilizados pelas instituições consultadas), como também o fato de grande parte dos dados obtidos estar em formato inadequado (fora de padrão e/ou incompleto, não georreferenciado e sem abrangência nacional), o que demandou tempo adicional na análise e, quando aplicável, no processamento das bases de dados disponíveis.

Atualmente, 12,8% da malha rodoviária federal são administradas por meio de 20 concessões, reguladas pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), totalizando aproximadamente 9.697 km (MInfra, 2019). A administração da malha rodoviária federal não concedida é realizada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), autarquia federal.

Conforme mencionado anteriormente, algumas dificuldades vivenciadas nesse estudo estão relacionadas à obtenção de dados. No caso da infraestrutura rodoviária, a indisponibilidade de dados sobre as rodovias sob gestão do DNIT¹ gerou uma lacuna relevante para o estudo. Vale ressaltar também que, em Estados como São Paulo, com grande número de rodovias concessionadas, os dados de infraestrutura se mostraram pulverizados e despadronizados entre as empresas.

No caso do setor ferroviário, além da solicitação de dados junto à ANTT, o estudo também contou com o apoio da Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF), que atualmente representa as operadoras ferroviárias responsáveis pelo transporte de carga em 13 malhas concedidas à iniciativa privada, cuja extensão abrange cerca de 34 mil km.

Considerando que as ferrovias são concedidas, o esforço e o acesso a dados dependeram da disponibilização destes por parte das empresas concessionárias, o que também dificultou a construção de uma base consolidada, visto que algumas não enviaram os dados solicitados, seja pela não disponibilidade ou por questões internas.

Em resumo, os principais documentos utilizados como base para ambos os modais foram: o Plano Nacional de Logística (PNL), o Índice de Desempenho Ambiental (IDA), e a base do Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais (SGO) do DNIT. Para as rodovias, os principais dados vieram das seguintes bases: MInfra, DNIT e da Empresa de Planejamento e Logística (EPL). Já para o modo ferroviário, os dados vieram da Base de Dados do MInfra.

Desse modo, foram identificadas lacunas em termos da disponibilidade de dados de indicadores sobre ameaça, exposição e vulnerabilidade (sensibilidade e capacidade adaptativa), que poderiam representar melhor o risco climático para rodovias e para ferrovias. Conforme descrito na atividade 4.3, a equipe de consultoria identificou possíveis indicadores, a partir da disponibilidade do dado em formato adequado e georreferenciado. Nesse sentido, sugere-se a adoção de uma base de dados aberta georreferenciada sobre risco de impactos da mudança do clima e de desastres para a infraestrutura de transportes terrestres (rodoviário e ferroviário).

No modo rodoviário, sugere-se considerar a disponibilidade de dados de:

¹ Até a data de entrega do relatório os dados solicitados ainda não haviam sido disponibilizados.

1. informações padronizadas, tanto para vias concessionadas, quanto para vias não concessionadas, sobre FWD (*Falling Weight Deflectometer*), IGG (Índice de Gravidade Global), IRI (*International Roughness Index*), que buscam avaliar a condição estrutural de pavimentos;
2. intervenções no trecho rodoviário assim como planos de manutenção contendo informações sobre os trechos historicamente mais críticos;
3. monitoramento e localização de OAE (pontes e viadutos), com idade do ativo, altura e vão livre, patologias apontadas na avaliação estrutural e grau/nota estrutural. Sugere-se que seja avaliado junto ao DNIT a viabilidade de tornar público o acesso aos dados do Sistema de Gestão de Obras de Artes Especiais - SGO (<https://www.gov.br/dnit/pt-br/servicos/sistemas-gerenciais/sgo>);
4. monitoramento e localização dos dispositivos de drenagem (bueiros, caixas de passagem, descidas d'água, etc.) com idade do ativo, patologias apontadas na avaliação estrutural e grau/nota estrutural.

No modo ferroviário, sugere-se considerar a disponibilidade de dados de:

1. intervenções no trecho assim como planos de manutenção contendo informações sobre os trechos historicamente mais críticos;
2. dados de monitoramento de via permanente, como geometria os quais também são indicadores de sensibilidade e exposição;
3. dados de monitoramento de OAE (pontes e viadutos), que possuam a idade do ativo, vão livre, altura, tipo de estrutura, patologias apontadas na avaliação estrutural, os quais também são indicadores de sensibilidade e exposição. Sugere-se que seja avaliado junto ao DNIT a viabilidade de tornar público o acesso aos dados do Sistema de Gestão de Obras de Artes Especiais - SGO (<https://www.gov.br/dnit/pt-br/servicos/sistemas-gerenciais/sgo>);
4. dados de operação e caracterização da infraestrutura ferroviária - de Rampa máxima (%) e Raio de curva (metros) que podem demonstrar áreas com maior sensibilidade às mudanças climáticas; e
5. velocidade máxima autorizada, assumindo que a diminuição histórica do VMA pode ser inferida como problemas na infraestrutura, levando ao aumento da sensibilidade.

As bases para os modos terrestres devem considerar indicadores importantes que foram identificados no estudo, e estes devem atender aos critérios: estarem num mesmo formato (padrão), georreferenciados e que tenham abrangência nacional, de forma também a possibilitar a construção de uma série histórica para que no futuro sejam incorporados na avaliação de risco climático.

● **Atividade 4.3 - Formulação de indicadores:** consistiu na seleção de possíveis indicadores, a partir das atividades de coleta e complementação de dados para cada fator de risco: exposição, sensibilidade do meio biofísico, sensibilidade da infraestrutura e capacidade adaptativa, para os modos rodoviário e ferroviário.

A seleção de indicadores inclui a verificação quanto à especificação técnica (se são específicos o suficiente), determinar quais indicadores que melhor descrevem a vulnerabilidade e a seleção de indicadores para o nível de sensibilidade e de capacidade adaptativa.

Para cada indicador, é necessário especificar a direção: um valor alto representa um risco alto ou baixo? Para a exposição, os indicadores úteis são normalmente números, densidades ou proporções. Também verificar se cada indicador possui uma descrição adequada do fator, se está expresso de

forma explícita e se tem uma direção clara em relação ao risco considerado. Por fim, foi elaborada uma planilha contendo a **lista de indicadores** provisórios para cada fator de risco.

● **Atividade 4.4 - Elaboração de tabelas e mapas georreferenciados:** resultou na elaboração de tabelas de indicadores e no desenvolvimento de mapas georreferenciados, bem como mapas normalizados, para os modos rodoviário e ferroviário identificados a partir da revisão da literatura para cada componente do risco: exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa.

Estabeleceu-se a normalização das métricas em uma escala (“normal”) a partir de uma função matemática a fim de tornar os indicadores comparáveis.

Em reunião técnica com o Comitê Gestor, foi decidido que seria aplicado o mesmo método de normalização utilizado na plataforma AdaptaBrasil², com a utilização da seguinte expressão matemática:

$$I_{ji} = \frac{I_{ai} - I_{jp}}{I_{jm} - I_{jp}}$$

Onde:

I_{ji} é o valor normalizado do indicador j no i -ésimo pixel;

I_{ai} é o valor do indicador no i -ésimo pixel;

I_{jp} representa o valor do indicador j no pixel com menor valor referente aos dados observados;

I_{jm} é o valor do indicador j no pixel com maior valor referente aos dados observados.

● **Atividade 4.5 - Validação e ponderação dos indicadores:** para essa atividade, foram utilizadas três abordagens distintas:

- i. para ameaças climáticas, foi utilizada a técnica multivariada Análise de Máxima Covariância;
- ii. para a sensibilidade do meio biofísico, foram utilizadas referências bibliográficas e reuniões técnicas com comitê gestor; e
- iii. para sensibilidade e exposição da infraestrutura, foram realizadas oficinas participativas de ponderação dos indicadores com os especialistas/ técnicos.

De forma a facilitar a compreensão, essa atividade foi dividida em 2 (duas) subatividades: 4.5.1 - Ponderação dos Indicadores climáticos; e 4.5.2 - Oficinas de validação e ponderação dos indicadores.

Subatividade 4.5.1 - Ponderação dos indicadores climáticos

Para obtenção dos pesos dos indicadores climáticos em relação à componente climática, foi utilizado o método aplicado no AdaptaBrasil para os setores que serão incorporados na plataforma ainda no primeiro semestre de 2022. Esse método foi aplicado também por Wilks (2014), Barreto *et al.* (2016) e Barreto *et al.* (2019), onde são apresentados os detalhes metodológicos.

O principal método aplicado é a técnica multivariada Análise de Máxima Covariância (AMC), a qual consiste em identificar e destacar as relações mais significativas no conjunto de dados utilizado. A entrada dessa análise são os resultados da *Singular Value Decomposition* (SVD), que é o método de decomposição matricial aplicado no conjunto de dados, o qual toma como entrada a matriz de covariância dos dados originais.

² Disponível em: <https://adaptaBrasil.mcti.gov.br/>

O método AMC permite identificar os padrões espaço-temporais mais significativos de uma variável em relação ao conjunto, tendo como resultante a associação máxima interna ao conjunto. Diante desse padrão espaço-temporal relacional é possível quantificar a capacidade em reproduzir, individualmente, as variáveis originais. O método utilizado para o mesmo é a correlação de Pearson. O valor encontrado nesse passo é então utilizado como ponderador na equação dos Índices de Ameaça Climática.

Subatividade 4.5.2 - Oficinas de validação e ponderação dos indicadores

Foram realizadas 02 (duas) oficinas com especialistas, 01 (uma) para o modo rodoviário e 01 (uma) para o ferroviário, com o objetivo de apresentar os indicadores propostos, validar e atribuir pesos. A etapa de definição dos indicadores de vulnerabilidade e exposição foi baseada em dados disponíveis na bibliografia e nos resultados da consulta a especialistas. Destaca-se que essa etapa contou com a participação de especialistas indicados pelas instituições-chaves, os quais opinaram sobre a definição de pesos aplicáveis às variáveis dos indicadores de exposição e sensibilidade da infraestrutura de transportes rodoviários e ferroviários.

Para a ponderação, foi adotado o método Delphi, que é uma estratégia cada vez mais reconhecida para a construção, o aprimoramento e a ponderação de indicadores. Esse método tem a capacidade de alcançar o consenso, além de ajudar a capturar omissões e inconsistências que podem resultar em uma realidade equivocada.

O método Delphi auxilia na construção de soluções e esclarecimentos de questões de projetos por meio de etapas, definidas em: escolher um facilitador, identificar seus especialistas, definir o problema, seguir com rodadas de perguntas e por fim, a tomada de decisão (Azevedo, s.d.). A metodologia contou com a aplicação de um questionário estruturado (Formulário *on-line*) junto a um grupo de especialistas, de forma a buscar a convergência das suas respostas.

Para alcançar esse consenso, a partir dos formulários enviados por e-mail, foi possível calcular o índice de Simpson dos indicadores. O índice de Simpson varia de 0 a 1, onde quanto mais próximo o valor de 1, maior é a diversidade na ponderação. A partir dos resultados dos primeiros índices calculados, os valores iguais ou acima de 0,7 foram incluídos em uma nova rodada de avaliação nas oficinas. Ao final, para os valores com maior diversidade na ponderação mesmo após a segunda rodada, optou-se por aplicar a média ponderada, calculada por meio do somatório das multiplicações entre valores e pesos, divididos pelo somatório dos pesos, possibilitando assim a obtenção de um valor médio ajustado.

Ao final das rodadas de perguntas com os especialistas foram validados os indicadores que melhor se adequam à realidade.

● **Atividade 4.6 - Entrega do Produto 4:** consistiu na consolidação e entrega desse relatório técnico (Produto 4 do Estudo Adaptavias), que contém a identificação e a análise das vulnerabilidades existentes e do grau de exposição da infraestrutura de transporte terrestre brasileira, rodoviária e ferroviária.

O risco climático compreende os seguintes componentes: ameaça, exposição e vulnerabilidade (sensibilidade e capacidade adaptativa). Desta forma, o Produto 4 está estruturado por componente do risco climático: Exposição (Seção 3), Sensibilidade do meio biofísico (Seção 4), Sensibilidade da

infraestrutura (Seção 5), Capacidade Adaptativa (Seção 6) e Ameaças Climáticas³ (Seção 7), onde são descritas desde as atividades que incluíram a coleta e a seleção de dados, a normalização e ponderação dos indicadores.

3. Exposição

Esta seção tem como objetivo descrever como foi realizado o processo de escolha e ponderação dos indicadores de exposição para os modos de transporte terrestre (rodoviário e ferroviário), que englobou uma revisão bibliográfica e o uso das bases de dados disponíveis.

3.1. Modo Rodoviário

Para o modo rodoviário, é descrito, nas subseções a seguir, o processo de levantamento de dados e de determinação e de atribuição de pesos (ponderação) dos indicadores de exposição.

3.1.1. Bibliografia

Antes de iniciar a busca por dados da infraestrutura rodoviária brasileira relacionados à exposição, buscou-se revisitar o Produto 1, para entender quais eram os indicadores de exposição mais utilizados na literatura internacional, conforme exemplos expostos no Anexo I - Bibliografias, Aba Exposição Rodovias. Por meio das informações apresentadas neste anexo, foi possível identificar que os indicadores de exposição do modo rodoviário podem ser divididos em: indicadores de eventos naturais/ impactos biofísicos, indicadores de infraestrutura e indicadores de características de tráfego.

Os indicadores de eventos naturais/ impactos biofísicos estão atrelados à ocorrência de uma dada ameaça climática, que gera um impacto biofísico em uma determinada área de influência desses impactos. Já os indicadores de infraestrutura indicam basicamente a localização dos ativos em relação à possível ocorrência de uma ameaça e impacto biofísico, e os indicadores de característica de tráfego representam um aspecto de exposição operacional (exposição de veículos e usuários das vias), mas também podem representar a exposição da própria infraestrutura, que é mais crítica em regiões com maior Volume Médio Diário Anual (VMDA) ou em que trafegam maior número de veículos pesados.

3.1.2. Histórico de Consultas e Síntese dos Dados Coletados

Com as informações coletadas por meio da revisão bibliográfica exposta na Subseção 3.1.1, partiu-se para a obtenção dos dados necessários para representar os indicadores de exposição do modo rodoviário. Salienta-se, entretanto, que esses dados deveriam apresentar abrangência territorial nacional, ou seja, englobar todas as cinco regiões do Brasil, que, conforme já mencionado, foi um desafio para o estudo, considerando que o Brasil é um país que apresenta dimensões continentais.

Outro critério adotado foi o de que todas as informações deveriam apresentar a posição (pontos de coordenadas geográficas) para serem inseridas no sistema de informações geográficas ArcGis para possível construção da base georreferenciada. Dessa forma, inicialmente, optou-se por buscar bases de dados de acesso aberto. De forma a maximizar as buscas e evitar o retrabalho, os indicadores de

³ Apesar das ameaças climáticas não serem escopo do presente relatório (Produto 4), e terem sido trabalhadas na etapa anterior (Produto 3), alguns avanços em termos de pós-processamento dos mesmos para inclusão na Análise de Risco Climático foram realizadas no âmbito da presente etapa e o Consórcio considerou pertinente sua inclusão nesse produto.

exposição foram pesquisados juntamente com os indicadores de sensibilidade. O histórico de consultas é apresentado no Anexo II - Histórico de consultas, Aba Rodoviário.

Posteriormente, contactou-se o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT para busca de dados técnicos complementares de Vias Não Concessionadas, e a Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT, a Gerência de Engenharia e Meio Ambiente de Rodovias (GEENG), a Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias - ABCR e as Concessionárias para a obtenção de dados técnicos complementares de Vias Concessionadas, conforme resultados apresentados na Seção 5.

3.1.3. Determinação dos Indicadores

Com as atividades desenvolvidas nas seções anteriores, foi possível identificar aqueles indicadores de exposição da infraestrutura rodoviária que apresentavam abrangência nacional e que podiam ser representados geograficamente. Dessa forma, em alinhamento com o Comitê Gestor, considerou-se pertinente utilizar os seguintes indicadores, para todos os impactos biofísicos a serem analisados para o modo rodoviário, ou seja, alagamento/inundação, erosão/assoreamento, deslizamento, queimada/incêndios e impactos por altas temperaturas:

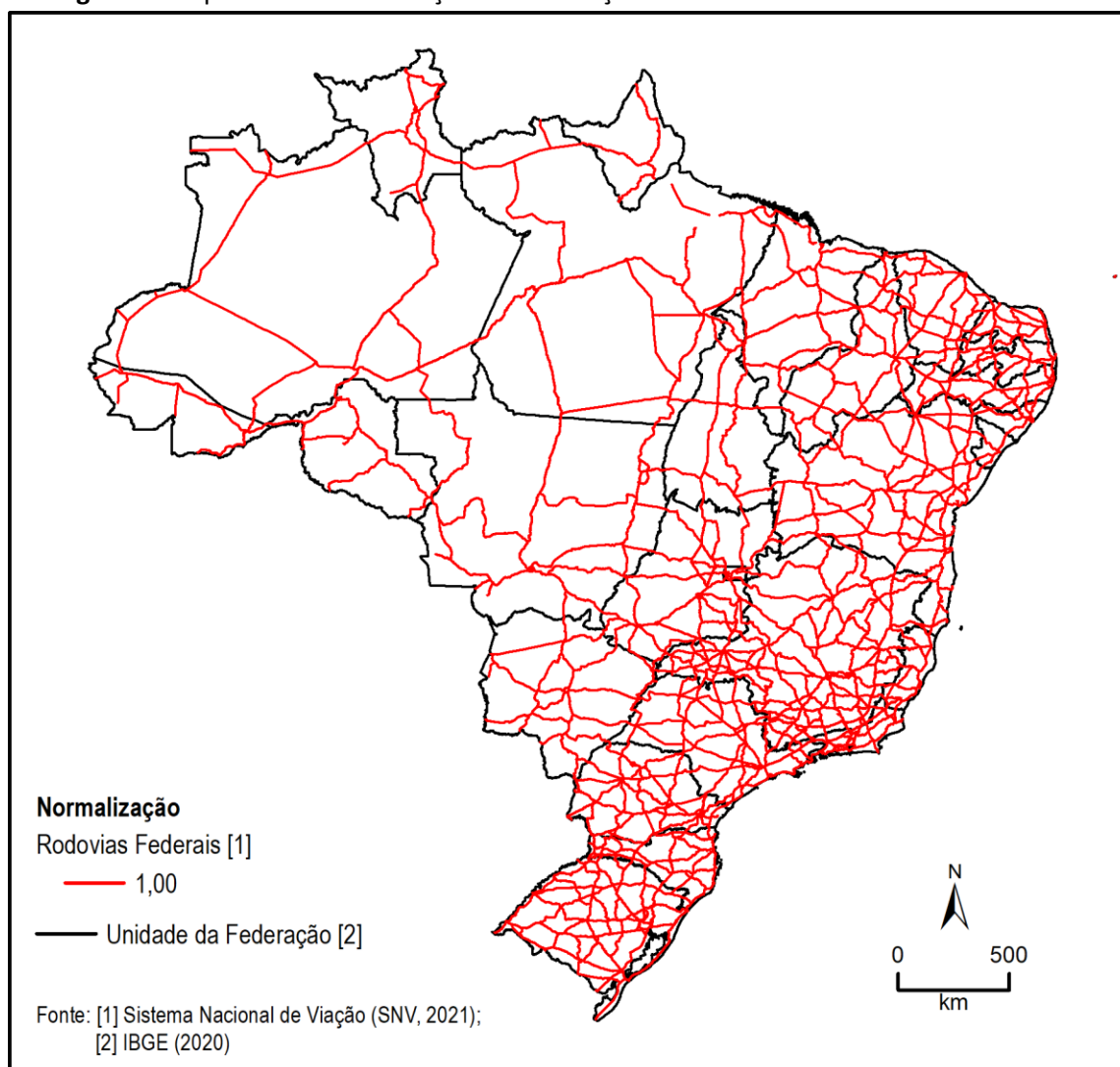
- (i) localização do eixo central da rodovia** (Base de Dados do MINFRA);
- (ii) localização das Obras de Arte Especiais - OAE** (Base de Dados do DNIT); e
- (iii) Volume Médio Diário Anual** (Base de Dados do DNIT).

Estes indicadores são pertinentes porque indicam a localização de um ativo crítico. Com a escolha e a validação dos indicadores de exposição da infraestrutura rodoviária, foi possível iniciar a atividade de normalização e ponderação para cada um dos três indicadores considerados.

3.1.3.1. Localização do Eixo Central da Rodovia

A Figura 3 apresenta o indicador normalizado da localização do eixo central das rodovias federais obtido por meio de base georreferenciada, cedida pelo MInfra, em que o valor 1,0 refere-se ao trecho da rodovia e o valor 0,0 aos trechos em que não há rodovias.

Figura 3. Mapa com a normalização da localização do eixo central das rodovias federais.



Fonte: Elaboração própria (2022).

3.1.3.2. Localização das Obras de Arte Especiais

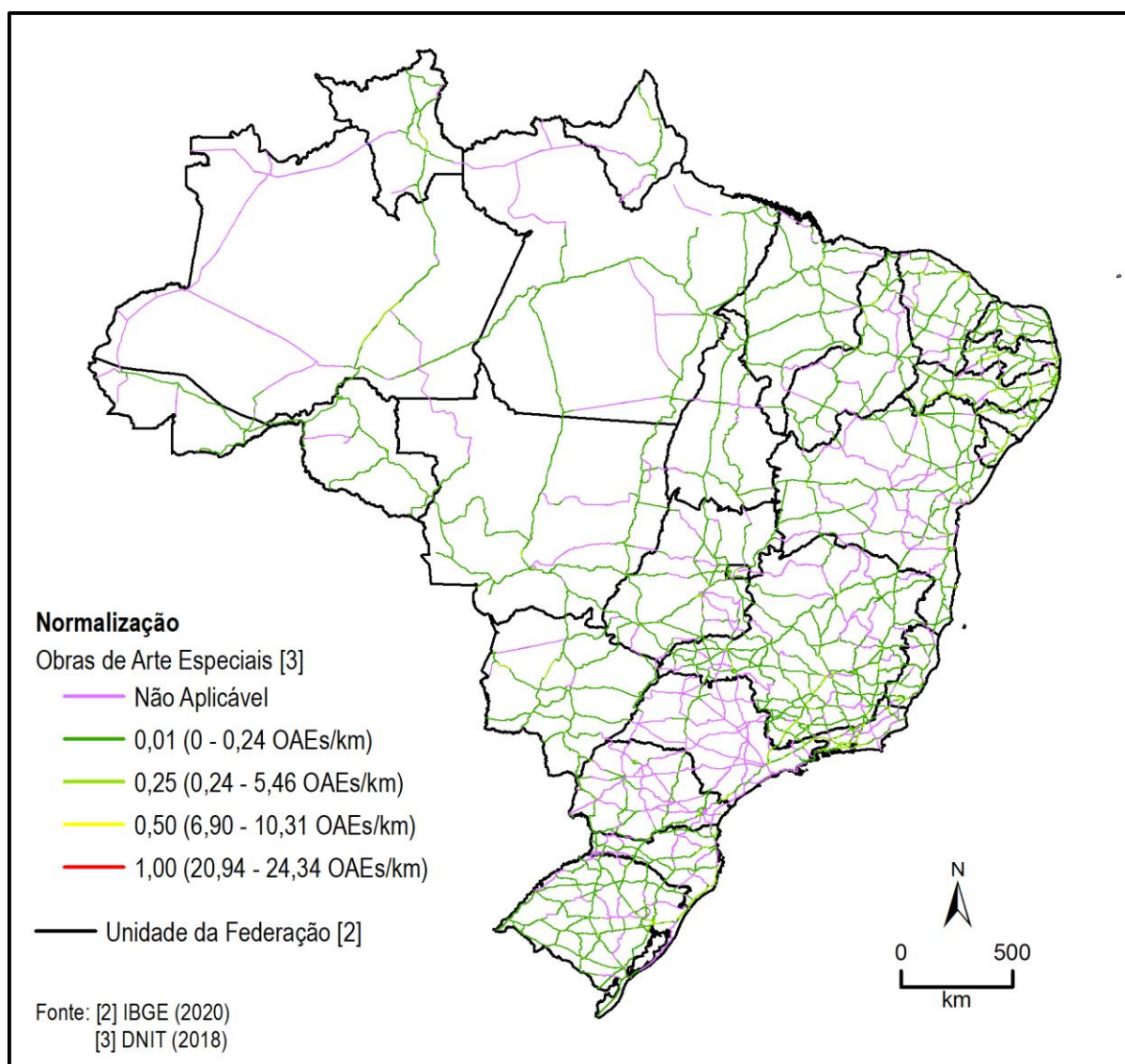
Este indicador consiste na localização das Obras de Arte Especiais (OAEs), obtida pelo DNIT, que são obras que pertencem ao conjunto de itens da infraestrutura rodoviária que se define como pontes, viadutos, túneis, passagens superiores e inferiores e passarelas, caracterizando sistemas construtivos estruturais. Ressalta-se que este dado contempla apenas as rodovias que estão sob administração do DNIT e, portanto, não há dados para as demais rodovias administradas por outras entidades. Faz-se necessário destacar ainda que nem todas as OAEs foram mapeadas, uma vez que a quantidade de OAE por quilômetro é muito baixa na grande maioria dos trechos rodoviários. A Tabela 1 exibe a quantidade de trechos rodoviários por quantidade de OAEs, bem como a extensão média e tamanho do trecho de maior extensão. Estes dados corroboram com o diagnóstico de subnotificação das OAEs, pois existem 2.146 trechos rodoviários com extensão média de 12,7 km sem qualquer OAE. A Tabela 1 ainda mostra que existem outros 1.250 trechos com apenas 1 OAE. Por fim, nas rodovias não administradas pelo DNIT, foram observados 1.938 trechos com 20 km de média em cada trecho.

Tabela 1. Quantidade de trechos rodoviários por quantidade de OAEs.

Quantidade de OAEs	Quantidade de Trechos	Média de Extensão Rodoviária (km)	Trecho de maior Extensão (km)
0	2.146	12,7	99,9
1	1.250	14,6	132,1
2	760	18,0	86,4
3	387	22,8	92,7
4	246	23,0	101,3
5 ou mais	577	30,6	115,4
Não Aplicável	1.938	20,0	190,5

Para permitir a comparação entre os trechos rodoviários, as OAEs foram convertidas em OAEs por quilômetro (OAEs/km). Desta forma, os dados de OAEs perdem o caráter pontual de representatividade e passam a ser incorporados aos atributos da faixa de domínio da malha rodoviária. Tal conversão reflete o que foi exposto na Tabela 1, ou seja, a predominância de valores muito baixos de OAEs/km, conforme apresenta a Figura 4.

Figura 4. Mapa com a normalização da localização das Obras de Arte Especiais.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Nesse sentido, acredita-se que é relevante considerar que esses ativos críticos estão mais expostos aos impactos de ameaças climáticas e, consequentemente, impactos biofísicos, dependendo de sua localização geográfica. Por exemplo, pontes localizadas em Teresina/PI estão mais expostas aos efeitos das altas temperaturas do que pontes localizadas em Curitiba/PR. Com a base de dados georreferenciada da localização das Obras de Arte Especiais, cedida pelo DNIT, parte-se para normalização desse indicador, seguindo o Método Máx-Mín⁴, conforme exposto na Figura 4.

⁴ A normalização é necessária quando lidamos com atributos que têm uma escala diferente, e pode levar a uma menor eficácia de um atributo importante. O método Máximo-Mínimo é uma técnica de normalização, onde realiza-se uma transformação linear nos primeiros dados. Os valores mínimo e máximo dos dados são buscados e cada valor é substituído de acordo com a aplicação de uma fórmula. Na escala [mín ... máx]: Mín – significa o valor mínimo possível de um indicador; e Máx – significa o maior valor possível de um indicador.

3.1.3.3. Volume Médio Diário Anual

O indicador de exposição Volume Médio Diário Anual (VMDA), obtido junto ao DNIT, representa o total de veículos que trafegam em um ano dividido por 365 dias (DNIT, 2006). Esse volume, que melhor representa a utilização ou o serviço prestado pela via, é usado para indicar a necessidade de novas vias ou melhorias das existentes, determinar as prioridades de investimentos, etc. A maior circulação de veículos sobre as rodovias tende a tornar a operação e a infraestrutura rodoviária (degradação de pavimentos) mais expostas aos impactos de um dado impacto biofísico (Medina & Motta, 2015).

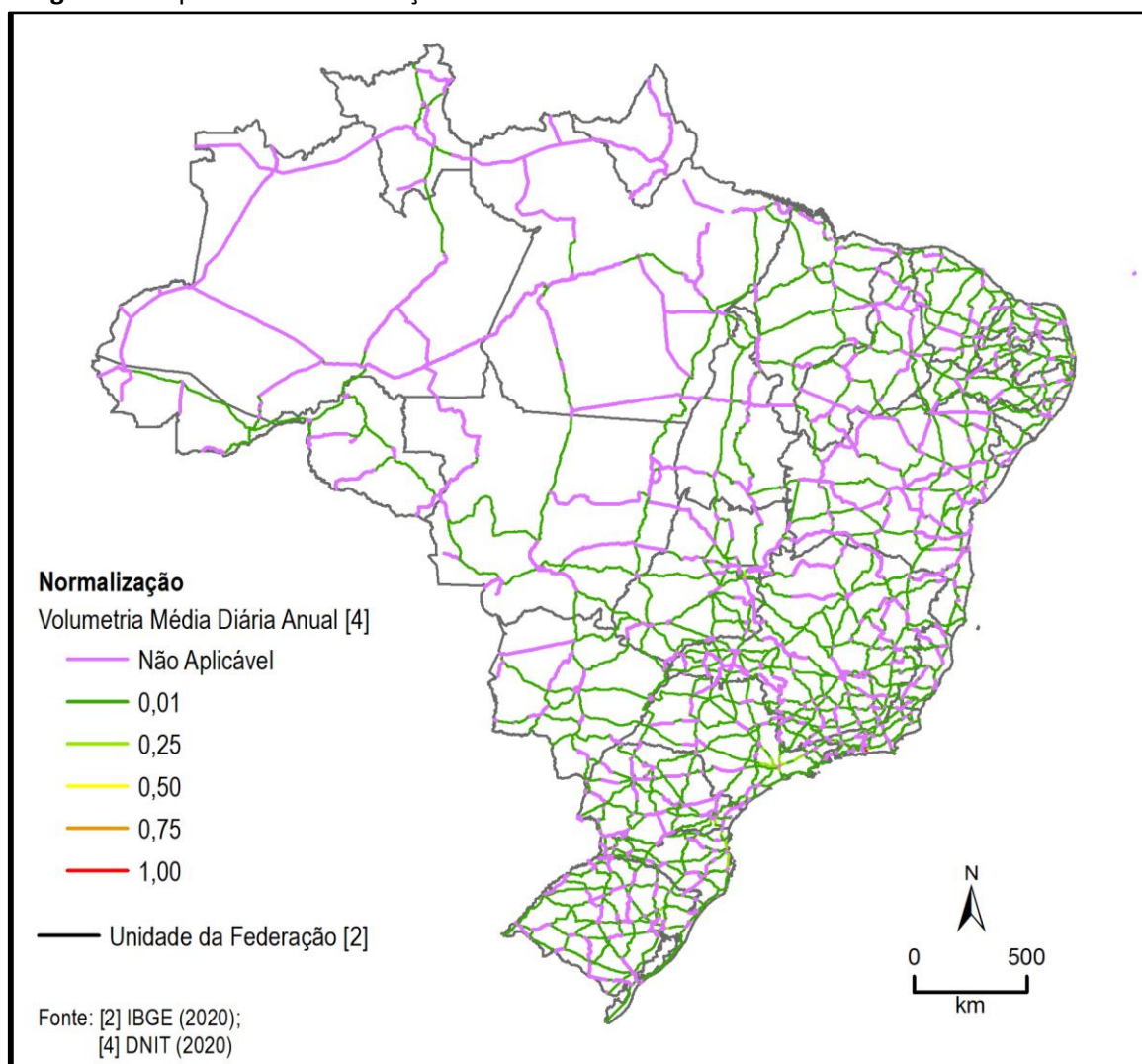
Para a normalização desse indicador também foi utilizado o Método Min-Max. As classes foram definidas sobre os próprios valores normalizados pelo método Min-Max. A Tabela 2 exibe características de cada classe dos dados normalizados. Observa-se que quase 70% dos trechos rodoviários estão na classe mais baixa da normalização. Os trechos rodoviários onde não houve a aplicação do estudo VMDA representam quase 29%. Os 2% restantes se dividem nas demais classes, o que indica uma alta concentração de dados com baixo VMDA.

Tabela 2. Características das classes dos dados normalizados.

Normalização	Trechos SNV	Proporção	Extensão Total (km)	VMDA
Não Aplicável	2.210	28,75%	45.520,0	—
0,01	5.349	69,57%	83.567,1	389 - 32.802
0,25	108	1,40%	892,4	32.970 - 64.945
0,50	12	0,16%	76,7	65.876 - 96.141
0,75	5	0,07%	48,1	98.220 - 122.948
1,00	5	0,07%	16,8	130.674

A Figura 5 apresenta a distribuição dos dados normalizados do VMDA. Conforme observado na Tabela 2, mais de 98% dos dados se concentram nas classes Não Aplicável e 0,01. Os trechos com maior valor VMDA ficam nas imediações das cidades de São Paulo e Rio de Janeiro. Ressalta-se que se optou por esta forma de visualização, pois será dessa forma que os dados serão utilizados para próxima etapa metodológica do estudo (Produto 5).

Figura 5. Mapa com a normalização da volumetria média diária anual das rodovias brasileiras.



Fonte: Elaboração própria (2022).

3.1.4. Ponderação dos Indicadores

Conforme estabelecido no Termo de Referência (TdR) e justificado na Seção 2, a ponderação dos indicadores contou com a validação por profissionais atuantes no setor rodoviário por meio de uma oficina realizada no dia 11/03/2022, na parte da manhã. Essa oficina foi estruturada em duas rodadas: a primeira buscou apresentar os indicadores de exposição que foram validados pelo Índice de Simpson, por estarem com valor inferior a 0,7 após o tratamento das informações contidas no Formulário I, e, na segunda, buscou-se validar a ponderação dos demais, com a aplicação de um segundo formulário, Formulário II, ambos apresentados no Anexo III - Formulários das Oficinas. O processo de ponderação de cada indicador de exposição encontra-se detalhado nas próximas subseções.

3.1.4.1. Localização do Eixo Central da Rodovia

Em relação a localização das rodovias, por meio da realização da oficina e da aplicação dos dois formulários desenvolvidos, buscou-se identificar a relevância desse indicador para a exposição a todos os impactos biofísicos considerados nesta pesquisa. Dessa forma, os resultados do Índice de Simpson

e da média ponderada para cada tipo de impacto, obtidos por meio da aplicação dos formulários I e II, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Visão Geral do índice de Simpson da localização e da ponderação do eixo central das rodovias para cada impacto biofísico, após aplicação dos formulários I e II.

Indicador	Impacto	Simpson 1	Ponderação 1	Simpson 2	Ponderação 2
Eixo Central da Rodovia	Alagamento/Inundação	0,64	4,1	-	-
	Erosão e assoreamento	0,72	4,1	0,73	3,5
	Deslizamento	0,71	4,1	0,77	3,8
	Queimadas e incêndios	0,67	4,0	-	-
	Altas Temperaturas	0,64	3,3	-	-

Fonte: Elaboração própria (2022).

Importante considerar que os resultados inferiores a 0,7 para o índice de Simpson foram diretamente considerados válidos, conforme pode-se notar na Tabela 3, ou seja, a ponderação dos indicadores para alagamento/inundação, queimadas e incêndios e altas temperaturas. Para os impactos erosão e assoreamento e deslizamentos, uma vez ultrapassados o indicador de 0,70 foi necessário validar em segunda rodada, o que persistiu os valores superiores ao limite, restando ao Comitê Gestor deliberar pelo uso a partir da média ponderada, conforme pesos finais apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Atribuição dos pesos do indicador Eixo Central das Rodovias para cada impacto biofísico.

Indicador	Impacto	Peso Final
Eixo Central da Rodovia	Alagamento/Inundação	4,1
	Erosão e assoreamento	3,5
	Deslizamento	3,8
	Queimadas e incêndios	4,0
	Altas Temperaturas	3,3

Fonte: Elaboração própria (2022).

3.1.4.2. Localização das Obras de Arte Especiais

A ponderação da localização das Obras de Arte Especiais (OAEs) também seguiu o mesmo raciocínio que o empregado para a localização das rodovias, ou seja, a realização da Oficina da Etapa 4 e os resultados dos dois formulários, onde foram identificadas as relevâncias desse indicador para a

exposição a todos os impactos biofísicos considerados nesta pesquisa. Dessa forma, os resultados do índice de Simpson e da média ponderada das rodadas (aplicação do Formulário I e do Formulário II) estão expressos na Tabela 5.

Tabela 5. Visão Geral do índice de Simpson e da ponderação da localização das OAEs para cada impacto biofísico, após aplicação dos formulários I e II.

Indicador	Impacto	Simpson 1	Ponderação 1	Simpson 2	Ponderação 2
Localização das OAEs	Alagamento/Inundação	0,51	4,5	-	-
	Erosão e assoreamento	0,67	4,3	-	-
	Deslizamento	0,74	3,9	0,71	3,9
	Queimadas e incêndios	0,82	3,2	0,73	2,5
	Altas Temperaturas	0,83	3,0	0,73	3,1

Fonte: Elaboração própria (2022).

De acordo com a Tabela 5, nota-se que, com a aplicação do Formulário I, foi possível validar o indicador “Localização das OAEs” para os impactos de alagamento/inundação e erosão e assoreamento. A atribuição de pesos para os demais impactos, ou seja, deslizamento, queimadas e incêndios e altas temperaturas, não conseguiu ser validada em nenhuma das duas rodadas. Mesmo assim, buscou-se adotar a média ponderada da segunda rodada para a atribuição dos pesos da localização das OAEs desses indicadores, conforme exposto na Tabela 6.

Tabela 6. Atribuição dos pesos do indicador Localização das OAEs para cada impacto biofísico.

Indicador	Impacto	Peso Final
Localização das OAEs	Alagamento/Inundação	4,5
	Erosão e assoreamento	4,3
	Deslizamento	3,9
	Queimadas e incêndios	2,5
	Altas Temperaturas	3,1

Fonte: Elaboração própria (2022).

3.1.4.3. Volume Médio Diário Anual

Em relação ao VMDA, por meio da Oficina e dos formulários I e II, buscou-se identificar a relevância desse indicador para a exposição da infraestrutura a todos os impactos biofísicos considerados nesta pesquisa. Dessa forma, os resultados do índice de Simpson e da média ponderada para cada tipo de impacto, obtidos por meio da aplicação dos formulários I e II, quando preciso, encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7. Visão Geral do índice de Simpson e da ponderação do VMDA para cada impacto biofísico, após aplicação dos formulários I e II.

Indicador	Impacto	Simpson 1	Ponderação 1	Simpson 2	Ponderação 2
VMDA	Alagamento/Inundação	0,78	3,5	0,79	3,7
	Erosão e assoreamento	0,81	3,1	0,76	3,7
	Deslizamento	0,73	3,3	0,79	3,5
	Queimadas e incêndios	0,83	3,0	0,82	3,1
	Altas Temperaturas	0,76	2,5	0,81	3,4

Fonte: Elaboração própria (2022).

Como pode ser identificado na Tabela 7, em nenhuma das duas rodadas, o índice de Simpson foi inferior a 0,7. Entretanto, adotou-se a média ponderada da segunda rodada para todos os impactos biofísicos referentes ao VMDA, conforme exposto na Tabela 8.

Tabela 8. Atribuição dos pesos do indicador VMDA para cada impacto biofísico.

Indicador	Impacto	Peso Final
VMDA	Alagamento/Inundação	3,7
	Erosão e assoreamento	3,7
	Deslizamento	3,5
	Queimadas e incêndios	3,1
	Altas Temperaturas	3,4

Fonte: Elaboração própria (2022).

3.2. Modo Ferroviário

Esta seção busca apresentar um apanhado geral do processo de levantamento, determinação, e ponderação dos indicadores de exposição do setor de transporte ferroviário, conforme descrito a seguir.

3.2.1. Bibliografia

Para o modo ferroviário, buscou-se levantar dados relacionados à exposição da infraestrutura ferroviária brasileira. Para isso, foi necessário revisitar o Produto 1, buscando compreender quais eram os indicadores mais utilizados na literatura internacional nesse cenário, conforme apresentado no Anexo I - Bibliografias, Aba Exposição Ferrovias. Como se observa neste anexo, os indicadores de exposição do modo ferroviário podem ser divididos em: indicadores de eventos naturais/ impactos biofísicos, indicadores de infraestrutura e indicadores de características de tráfego.

Em relação aos indicadores de eventos naturais/ impactos biofísicos, nota-se que eles estão atrelados à ocorrência de uma dada ameaça climática, que gera um impacto biofísico em uma determinada área de influência. Com relação a indicadores de infraestrutura, estes indicam basicamente a localização dos ativos em relação à possível ocorrência de uma ameaça e impacto biofísico, enquanto os indicadores de característica de tráfego representam um aspecto de exposição operacional, mas também podem representar a exposição da própria infraestrutura, que é mais crítica em regiões com maior volume de veículos.

3.2.2. Histórico de Consultas e Síntese dos dados coletados

A partir das informações coletadas através da revisão bibliográfica apresentada na Subseção 3.2.1, assim como mencionada na parte rodoviária, foi iniciada a reunião de dados fundamentais para representar os indicadores de exposição do modo ferroviário.

Em seguida, foram solicitadas informações sobre a rede ferroviária brasileira junto à Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF), como ponto focal das empresas associadas. Todavia, em paralelo à solicitação às concessionárias, em pesquisa realizada pela equipe da GITEC/COPPE, foram coletados dados de operação e caracterização da infraestrutura ferroviária na plataforma *online* da ANTT. O resultado dessas consultas é apresentado no Anexo II - Histórico de consultas, Aba Ferroviário, e será abordado com maiores detalhes na Seção 5. Apoiado pela etapa da coleta de dados, realizada pela equipe de consultoria GITEC/COPPE e com o apoio do Comitê Gestor, foram definidas as informações que poderiam representar a exposição das ferrovias e seus componentes auxiliares.

3.2.3. Determinação dos Indicadores

Considerando-se o exposto nas seções anteriores, foi possível identificar indicadores de exposição da infraestrutura ferroviária que apresentavam abrangência nacional e que podiam ser representados geograficamente.

Os seguintes indicadores, validados pelo Comitê Gestor, foram considerados para a análise dos impactos biofísicos para o modo ferroviário (erosão/assoreamento, deslizamento, e impactos por altas temperaturas):

(i) Localização do trecho ferroviário (Base de Dados do MInfra); e

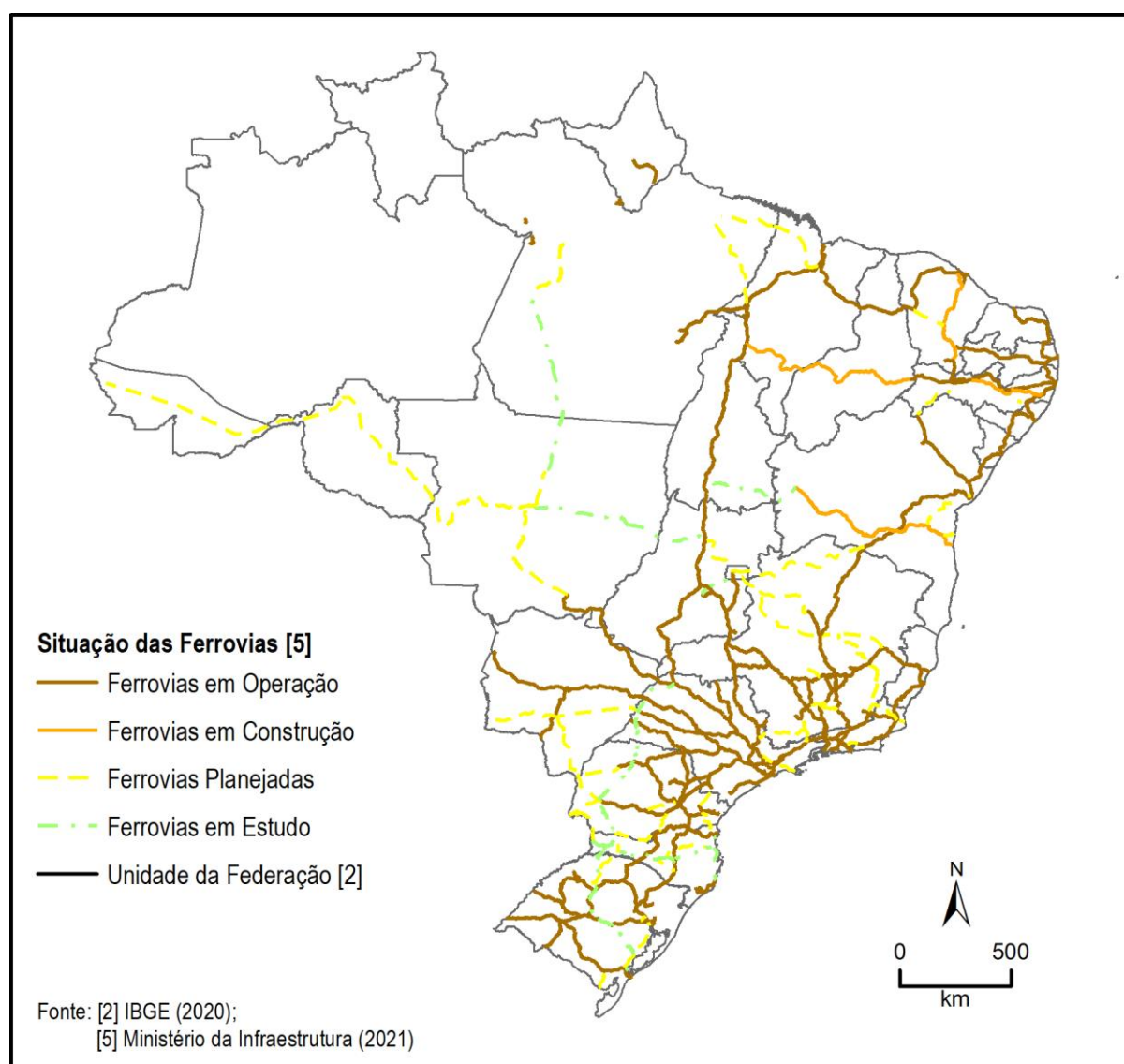
(ii) Volume de Veículos (Base de Dados do PNL).

Com a escolha e a validação dos indicadores de exposição da infraestrutura ferroviária, foi possível iniciar a atividade de atribuição dos pesos para cada um dos dois indicadores considerados.

3.2.3.1. Localização do Trecho Ferroviário

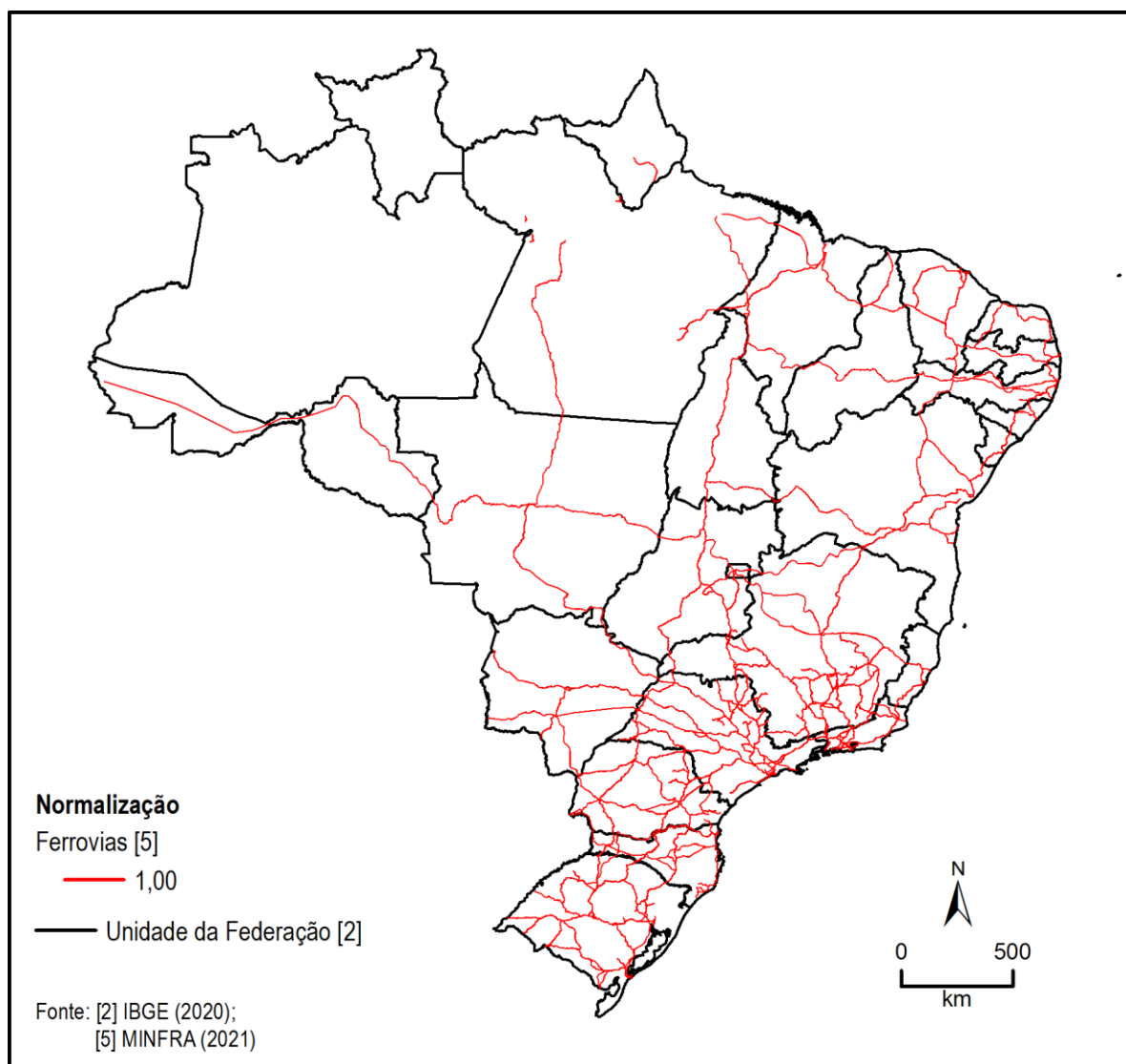
Da mesma forma que as rodovias, as ferrovias também estão expostas aos impactos biofísicos. A Figura 6 apresenta a situação das ferrovias no Brasil. A maior parte das ferrovias em operação se concentra no Sul-Sudeste do país. No entanto, observa-se uma tendência de expansão para as regiões Centro-Oeste e Norte, além da ampliação da rede ferroviária na região Nordeste. Cabe destacar que, embora não tenham sido indicadas, na base, as diferenças entre ferrovias planejadas e ferrovias em estudo, acredita-se que essa distinção se refira ao fato de que as planejadas estão prontas (visíveis em imagens em satélite) e as em estudo ainda estão em fase de planejamento.

Figura 6. Mapa da situação das ferrovias.



Todos os trechos ferroviários foram considerados no presente estudo e, portanto, toda malha foi normalizada pelo método Min-Max com valor máximo. A Figura 7 exhibe a normalização da rede ferroviária brasileira.

Figura 7. Mapa com a normalização da localização do Trecho Ferroviário.



Fonte: Elaboração própria (2022).

3.2.3.2. Volume de veículos ferroviários

O volume de veículos representa o total de veículos ferroviários que trafegaram no ano de 2017, segundo o estudo do Plano Nacional de Logística (EPL, 2021). Acredita-se que as vias estão mais expostas aos impactos biofísicos, dependendo do volume de veículos que ali trafegam. Esse volume, que melhor representa a utilização ou o serviço prestado pela via, é usado para indicar a necessidade de novas vias ou melhorias das existentes, determinar as prioridades de investimentos, etc.

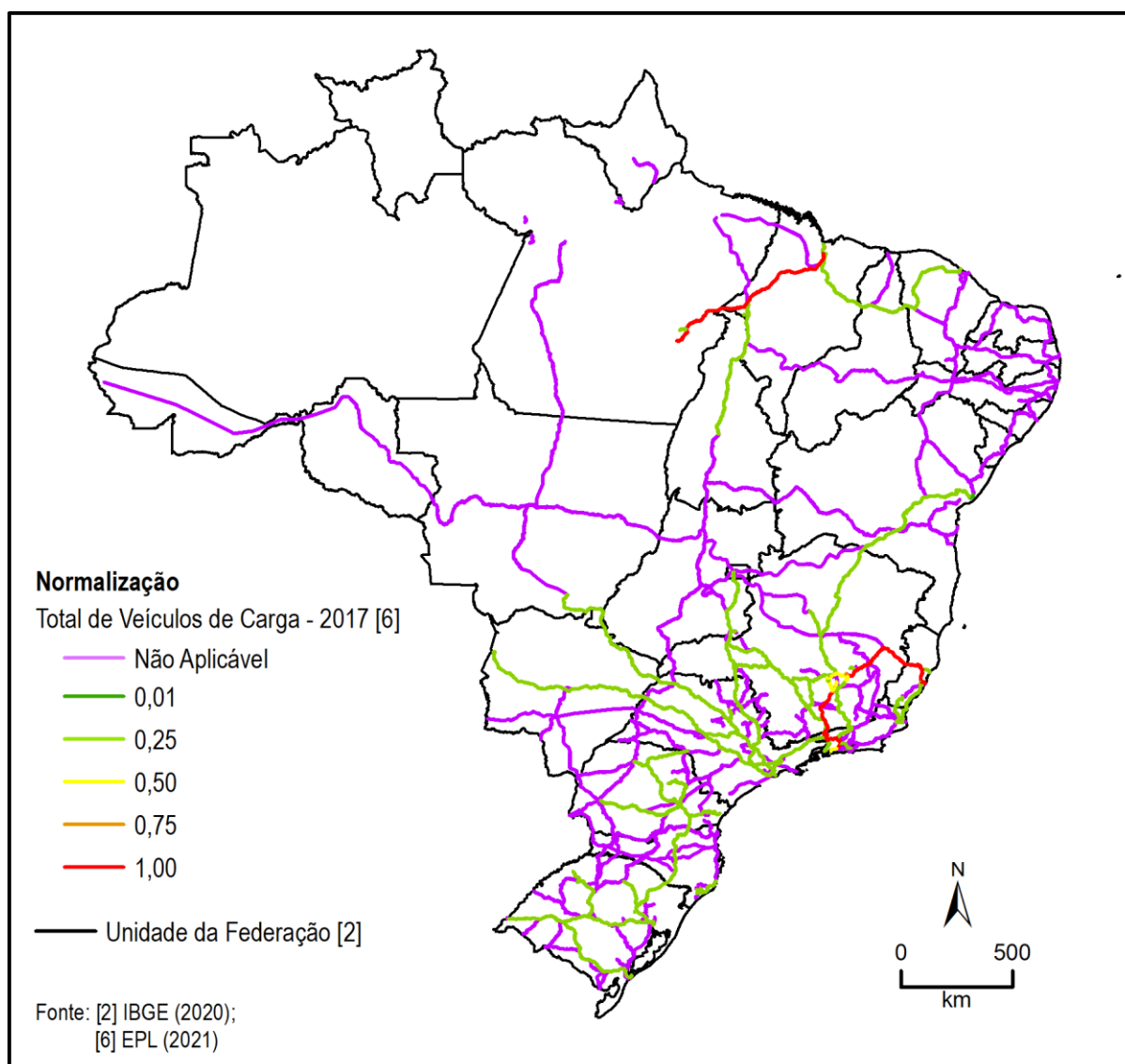
A Tabela 9 mostra as características das classes dos dados normalizados para o volume de veículos ferroviários. Observa-se que 43,3% das ferrovias não fizeram parte do estudo do PNL e, portanto, não foram aplicadas na normalização. Grande parte dos dados se concentram na classe 0,25 ultrapassando por pouco mais de 50% dos trechos ferroviários, o que representa 16.254 km de linhas férreas. A classe

1,00 possui maior quantidade de tráfego e é representada por quase 2.000 km de ferrovias, dos quais atenderam pelo menos 4.870.000 trens e suas respectivas composições, podendo chegar a cerca de 6.200.000. A Figura 8 apresenta o mapa de normalização do volume de veículos ferroviários por trecho para o ano de 2017.

Tabela 9. Características das classes dos dados normalizados.

Normalização	Trechos Ferroviários	Proporção	Extensão Total (km)	Quantidade Total de Veículos
Não Aplicável	1.085	43,37%	37.491,0	---
0.01	9	0,36%	42,1	141,5
0.25	1.252	50,04%	16.254,0	1.694 - 1.425.800
0.50	60	2,40%	347,0	1.512.809 - 2.915.547
0.75	5	0,20%	25,9	3.326.634 - 3.516.979
1.00	91	3,64%	1.943,8	4.869.126 - 6.202.690

Figura 8. Mapa com a normalização do volume de veículos ferroviários por trecho em 2017.



Fonte: Elaboração própria (2022).

3.2.4. Ponderação dos Indicadores

Conforme estabelecido no Termo de Referência (TdR) e justificado na Seção 2, a ponderação dos indicadores contou com a validação por profissionais atuantes no setor ferroviário por meio de uma oficina realizada no dia 11/03/2022, na parte da tarde. Essa oficina foi estruturada em duas rodadas: a primeira buscou apresentar os indicadores de exposição que foram validados pelo Índice de Simpson, por estarem com valor inferior a 0,7 após o tratamento das informações contidas no Formulário I, e a segunda, buscou-se validar a ponderação dos demais, com a aplicação de um segundo formulário, Formulário II, ambos apresentados no Anexo III - Formulários das Oficinas. O processo de ponderação de cada indicador de exposição encontra-se detalhado nas próximas subseções.

3.2.4.1. Localização do Trecho Ferroviário

Em relação à localização das ferrovias, por meio da realização da Oficina e da aplicação dos dois formulários desenvolvidos, buscou-se identificar a relevância desse indicador para a exposição a todos os impactos biofísicos considerados neste estudo. Dessa forma, os resultados do índice de Simpson e

da média ponderada para cada tipo de impacto obtidos por meio da aplicação do Formulário I, encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10. Visão Geral do índice de Simpson da localização e da ponderação do trecho ferroviário para cada impacto biofísico, após aplicação do Formulário I.

Indicador	Impacto	Simpson 1	Ponderação 1
Trecho Ferroviário	Erosão e assoreamento	0,51	4,5
	Deslizamento	0,51	4,5
	Altas Temperaturas	0,59	4,4

Fonte: Elaboração própria (2022).

Conforme pode-se notar na Tabela 10, a ponderação dos indicadores para Erosão/ Assoreamento, Deslizamento e Altas Temperaturas foram validados na aplicação do primeiro formulário. Dessa forma, um resumo dos pesos finais é apresentado na Tabela 11.

Tabela 11. Atribuição dos pesos do indicador Trecho Ferroviário para cada impacto biofísico.

Indicador	Impacto	Peso Final
Trecho Ferroviário	Erosão e assoreamento	4,5
	Deslizamento	4,5
	Altas Temperaturas	4,4

Fonte: Elaboração própria (2022).

3.2.4.2. Volume de veículos ferroviários

Em relação ao Volume de Veículos, por meio da realização da Oficina e da aplicação dos formulários I e II, buscou-se identificar a relevância desse indicador para a exposição da infraestrutura a todos os impactos biofísicos considerados nesse estudo. Dessa forma, os resultados do índice de Simpson e da média ponderada para cada tipo de impacto obtidos por meio da aplicação dos formulários I e II, quando preciso, encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12. Visão Geral do índice de Simpson e da ponderação do Volume de veículos para cada impacto biofísico, após aplicação dos Formulários I e II.

Indicador	Impacto	Simpson 1	Ponderação 1	Simpson 2	Ponderação 2
Volume de veículos	Erosão e assoreamento	0,68	3,8	-	-
	Deslizamento	0,73	4,1	0,71	3,7
	Altas Temperaturas	0,71	4,0	0,67	3,4

Fonte: Elaboração própria (2022).

Como pode ser identificado na Tabela 12, a ponderação do indicador “Volume de veículos” no impacto Erosão e assoreamento foi validado na primeira rodada; o peso indicador “Volume de veículos” para o impacto Altas Temperaturas foi validado na segunda rodada. Já para o impacto Deslizamento, a ponderação do indicador não foi validada em nenhuma das duas rodadas, pois o índice de Simpson foi superior a 0,7 nos dois casos. Dessa forma, foi acordado com o Comitê Gestor a atribuição do peso final dada na segunda rodada conforme apresentado na Tabela 13.

Tabela 13. Atribuição dos pesos do indicador Volume de veículo para cada impacto biofísico.

Indicador	Impacto	Peso Final
Volume de veículo	Erosão e assoreamento	3,8
	Deslizamento	3,7
	Altas Temperaturas	3,4

Fonte: Elaboração própria (2022).

4. Sensibilidade do Meio Biofísico

No âmbito do IPCC AR5 (IPCC, 2014), a sensibilidade e a capacidade adaptativa são consideradas partes internas da vulnerabilidade, em oposição à exposição, conceitualizada como um fator externo (Sharma e Ravindranath, 2019; Ishtiaque *et al.*, 2022).

A vulnerabilidade pode ser definida como a propensão ou a predisposição da infraestrutura de transportes terrestres ser adversamente afetada por uma ameaça climática. A vulnerabilidade engloba uma variedade de conceitos e elementos, incluindo **sensibilidade** ou susceptibilidade a danos e a falta de capacidade para lidar e adaptar aos efeitos adversos da mudança do clima (IPCC, 2014).

Ainda, de acordo com o IPCC (2014), a vulnerabilidade é definida como o grau que um sistema é suscetível a, e incapaz de, lidar com os efeitos adversos das mudanças climáticas, incluindo a variabilidade climática e os extremos climáticos. Sendo assim, consiste na propensão ou predisposição que determinado elemento ou conjunto de elementos têm para serem impactados negativamente.

No caso dos transportes terrestres, a **vulnerabilidade** está relacionada à propensão da infraestrutura ser afetada, e é maior quanto maior for a **sensibilidade** aos riscos e quanto menor for a capacidade adaptativa de lidar e se adaptar aos efeitos da mudança do clima. A sensibilidade remete ao grau em que um sistema é potencialmente modificado ou afetado por uma ameaça climática, e pode ser relacionada ao **meio biofísico** e à **infraestrutura**.

A integração de um Sistema de Informações Geográficas e modelagem climática tem o potencial de facilitar a análise de sensibilidade de forma interativa e os resultados podem ser visualizados num contexto espacial. Assim, os efeitos de mudanças feitas pelos parâmetros de entrada do modelo podem ser vistos espacialmente (EMBRAPA, 2011).

Para determinação, normalização e ponderação dos indicadores de sensibilidade do meio biofísico, cada um dos impactos biofísicos estabelecidos nos Produtos 2 e 3 foram levados em consideração. Nesse sentido, buscou-se encontrar indicadores de sensibilidade para: (i) alagamento/inundação; (ii) erosão e assoreamento; (iii) deslizamento; e (iv) queimada/incêndio.

Cabe ressaltar que, nesta seção, não serão realizadas considerações sobre o aumento das temperaturas, porque foi considerado que altas temperaturas geram um impacto direto na infraestrutura de transporte terrestre. Além disso, não houve necessidade de separar por modo de transportes porque trata-se da sensibilidade do meio ambiente e não da infraestrutura de transportes.

4.1. Bibliografia

Com a finalidade de obter indicadores de sensibilidade do meio biofísico mais condizentes com os objetivos do projeto, optou-se por realizar uma revisão bibliográfica na literatura nacional e internacional, apresentando um compilado desses indicadores no Anexo I. Bibliografias, Aba Sensibilidade do Meio Biofísico.

Ressalta-se que, como, no Produto 1, não houve distinção entre a sensibilidade do meio biofísico e a sensibilidade da infraestrutura, desta forma buscou-se realizar uma revisão da literatura complementar para adquirir indicadores relacionados a cada impacto biofísico investigado nessa pesquisa.

4.2. Histórico de Consultas e Síntese dos dados coletados

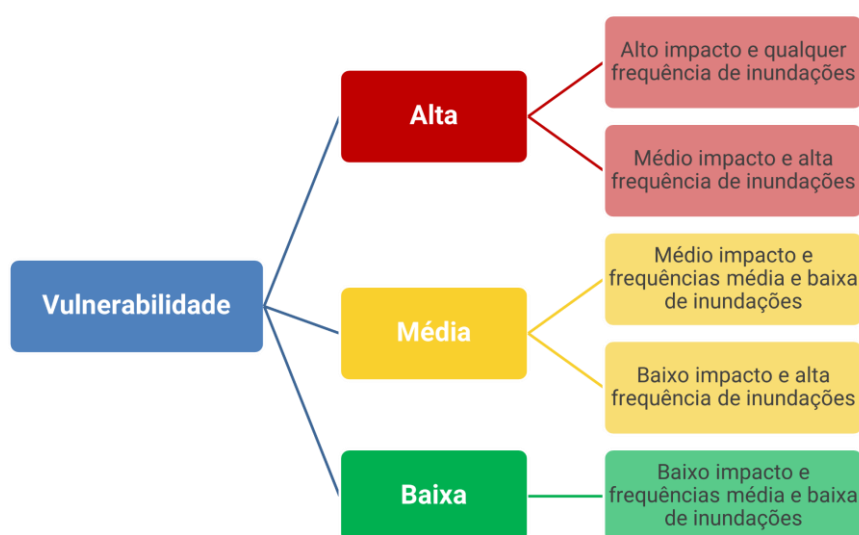
Finalizada a revisão bibliográfica, buscou-se obter informações/dados que poderiam servir para representar indicadores de sensibilidade para cada um dos impactos biofísicos sob análise no Estudo AdaptaVias. Dessa forma, foram utilizadas bases de dados da Agência Nacional de Águas - ANA, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Salienta-se ainda que os dados deveriam apresentar abrangência territorial nacional e possuir coordenadas geográficas para construção da base georreferenciada.

4.3. Determinação dos Indicadores

A determinação dos indicadores mais apropriados para representar a sensibilidade a cada impacto biofísico foi definida em acordo com o Comitê Gestor durante reuniões de alinhamento. A seguir, será apresentado um compilado de cada indicador utilizado, bem como, sua forma de normalização.

4.3.1. Indicadores de alagamento/inundação

Para representar o indicador de inundação/alagamento, considerou-se necessário utilizar o Mapa de Vulnerabilidade a Inundações, disponibilizado pela ANA. Este mapa, originário de articulação com os entes estaduais, gestores de recursos hídricos e defesa civil, identifica os trechos vulneráveis a inundações a partir da avaliação da recorrência desses eventos e do grau de impacto associado a eles. O trecho pode ser definido como segmento entre uma foz e sua confluência, segmento entre confluências ou segmento entre uma confluência e sua nascente (ANA, 2014). A matriz de vulnerabilidade às inundações foi elaborada a partir do cruzamento das informações de frequência e impacto dos eventos de inundação, conforme exposto na Figura 9.

Figura 9. Classificação das vulnerabilidades a inundações.

Fonte: ANA (2014).

É importante destacar que a base de dados de vulnerabilidade às inundações da ANA está estruturada por linhas, pois é a forma adequada de representar rios de leito estreito na escala de 1:100.000 ou menor. No entanto, para as próximas etapas do estudo AdaptaVIAS, faz-se necessário converter essa estrutura de linhas para polígonos, preservando todas as informações originais de cada trecho de rio. Isso significa que deve-se estimar uma área de inundação de cada rio, algo que o estudo da ANA não oferece.

Não há dados oficiais sobre a área média de inundação dos rios no Brasil. Este cálculo depende da topografia de cada trecho de rio, nível histórico de vazão, regime de chuvas, grau de preservação da mata ciliar, grau de ocupação nas margens, etc. Portanto, mensurar a área de inundação de um rio exige um estudo extremamente criterioso, pois envolve muitas variáveis o que torna inviável atender todo território nacional. Diante desse contexto, foi necessário fazer uma estimativa geral de área inundável sobre a base da ANA para aplicabilidade deste tema biofísico no presente estudo, baseada em algumas premissas:

- 1) Considera-se que os trechos de rios mais relevantes para o estudo AdaptaVias são aqueles onde cruzam as rodovias federais;
- 2) Entende-se que pontes são estruturas que envolvem alto custo de construção e manutenção e, portanto, recomenda-se a passagem de rodovias em trechos de rios de menor extensão longitudinal o que, por conseguinte, pressupõe uma menor área de inundação;
- 3) Entende-se que as pontes são projetadas considerando a simulação de altas vazões dos rios e que, portanto, tais estruturas estão menos vulneráveis a uma eventual subida de nível do leito;
- 4) Por fim, essa estimativa vai privilegiar o erro de inclusão, ou seja, a tendência é aplicar um valor de área de inundação maior do que de fato pode ser observado em campo.

Com base nessas premissas, a estimativa considerada como área de inundação foi de 100 metros para cada margem do rio, totalizando 200 metros de extensão longitudinal.

Com as classes estabelecidas pela ANA, partiu-se para normalização desse indicador qualitativo. Dessa forma, a Tabela 14 apresenta a normalização do indicador Vulnerabilidade às inundações com cada

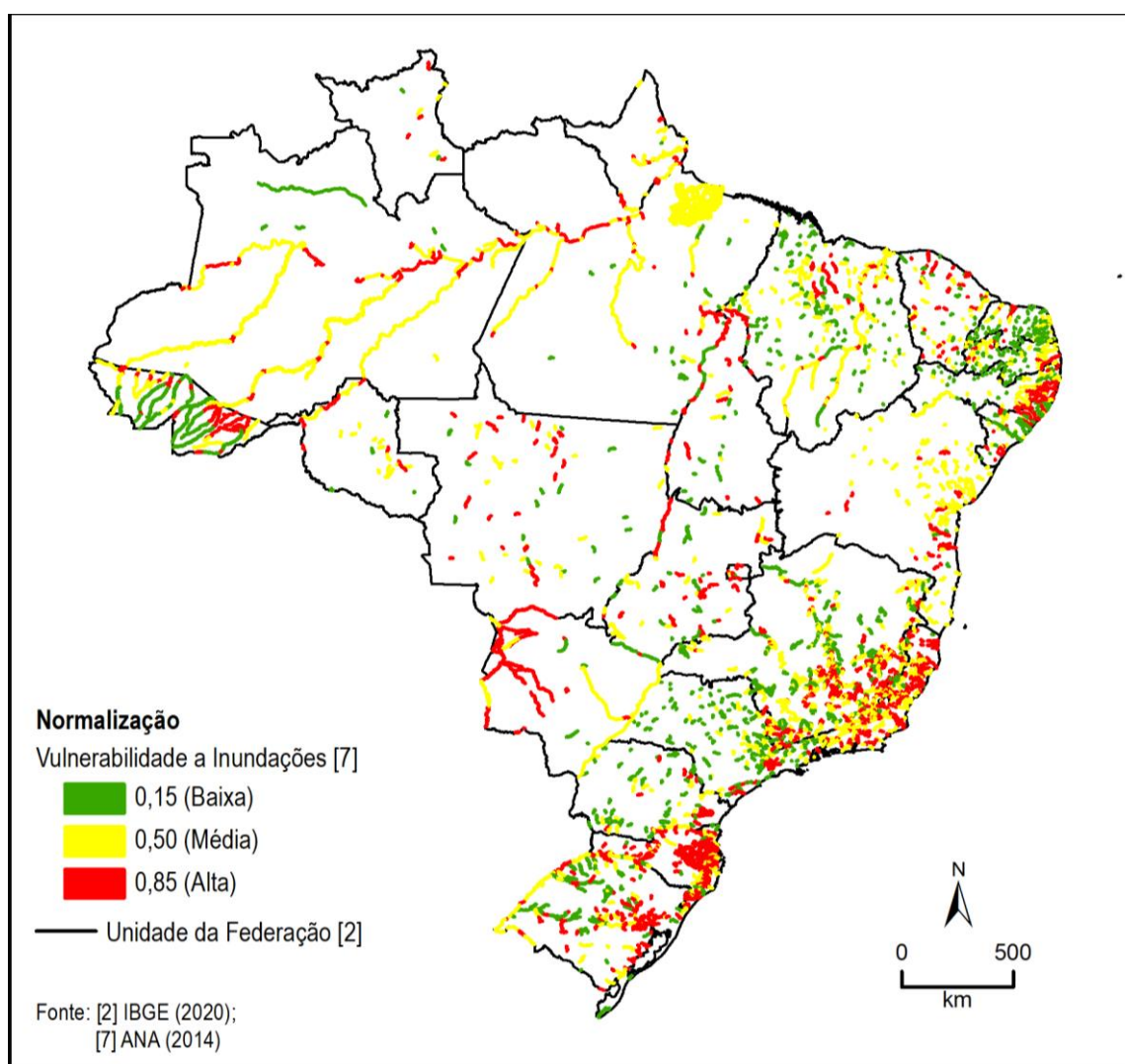
classe normalizada e a Figura 10 apresenta o mapa de normalização desse indicador com a área de inundação estimada (100 metros para cada margem).

Tabela 14. Normalização do indicador Vulnerabilidade às Inundações.

Vulnerabilidade	Normalizado
Baixa	0,15
Média	0,50
Alta	0,85

Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 10. Mapa com a normalização da vulnerabilidade à inundação.



Fonte: Elaboração própria (2022).

4.3.2. Indicadores de erosão e assoreamento

Para representação da sensibilidade do impacto biofísico causado por erosão e assoreamento, 3 (três) indicadores foram considerados como pertinentes, em alinhamento com o Comitê Gestor, que são: (i)

a erodibilidade, disponibilizada pela EMBRAPA; (ii) a declividade, disponibilizada pela CPRM; e (iii) o uso e a cobertura do solo, disponibilizado pelo IBGE.

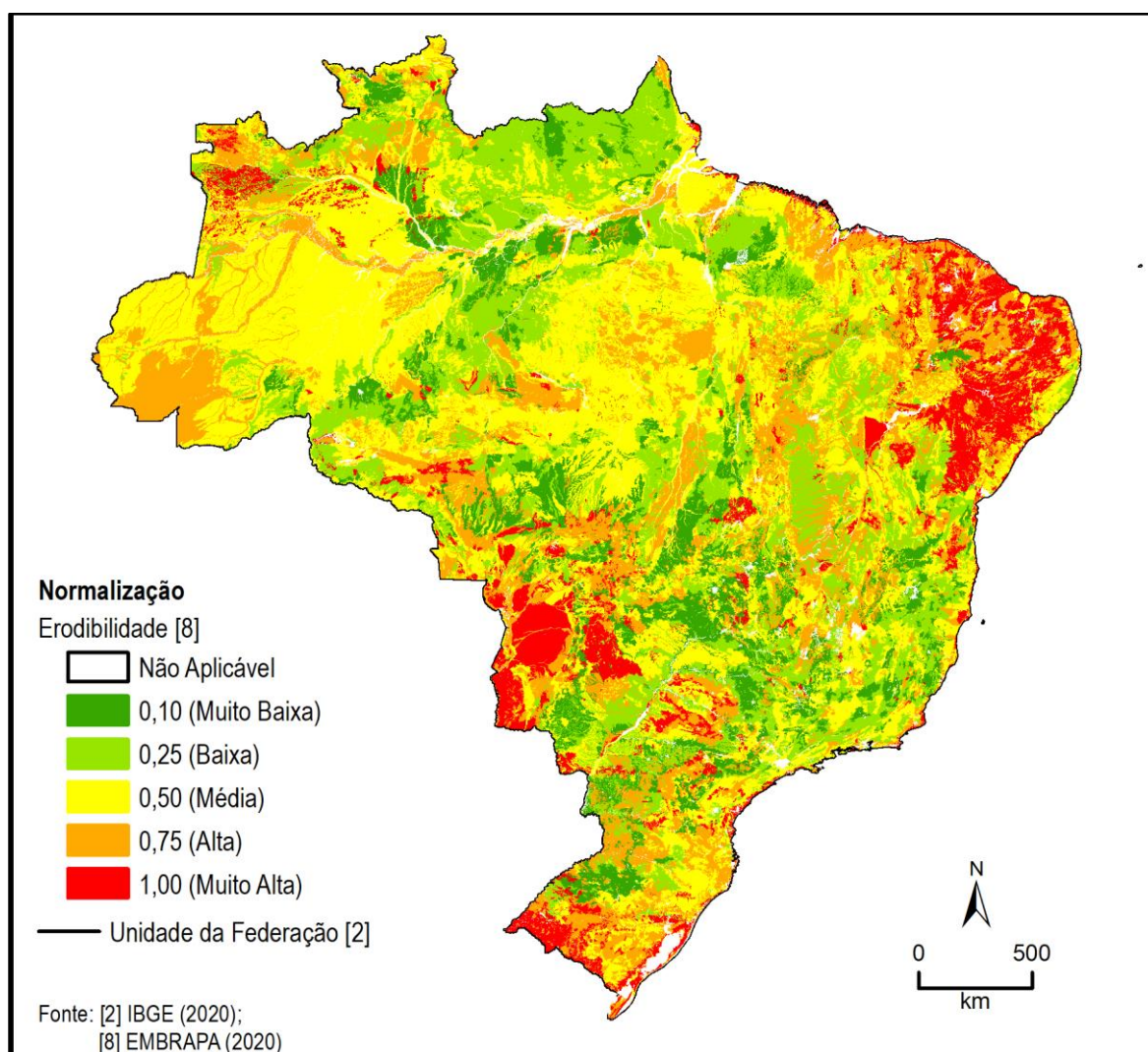
O Mapa da Erodibilidade dos Solos à Erosão Hídrica do Brasil constitui um modelo espacial, em escala nacional, que expressa a capacidade do solo em resistir à erosão hídrica. Corresponde ao fator K da Equação Universal de Perda de Solo (USLE - *Universal Soil Loss Equation*), que é influenciado apenas pelos atributos intrínsecos do solo, como a granulometria, a estrutura, o conteúdo de carbono orgânico, a permeabilidade, a profundidade, a presença ou a ausência de camada compactada e a pedregosidade (Wischmeier e Smith, 1978; Ramalho-Filho e Beek, 1995). Os níveis de erodibilidade são representados em 5 (cinco) classes nominais de intensidade – Muito Baixa; Baixa; Média; Alta; Muito Alta. Para normalização da erodibilidade, acreditou-se ser pertinente separá-la em classes, conforme exposto na Tabela 15 e na Figura 11.

Tabela 15. Normalização do indicador Erodibilidade.

Erodibilidade	Normalizado
Muito Baixa	0,10
Baixa	0.25
Média	0.50
Alta	0.75
Muito Alta	1.00
Afloramento rochoso, Corpos d'Água e Fase Erodida.	Não se aplica

Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 11. Mapa com a normalização da erodibilidade.



Fonte: Elaboração própria (2022).

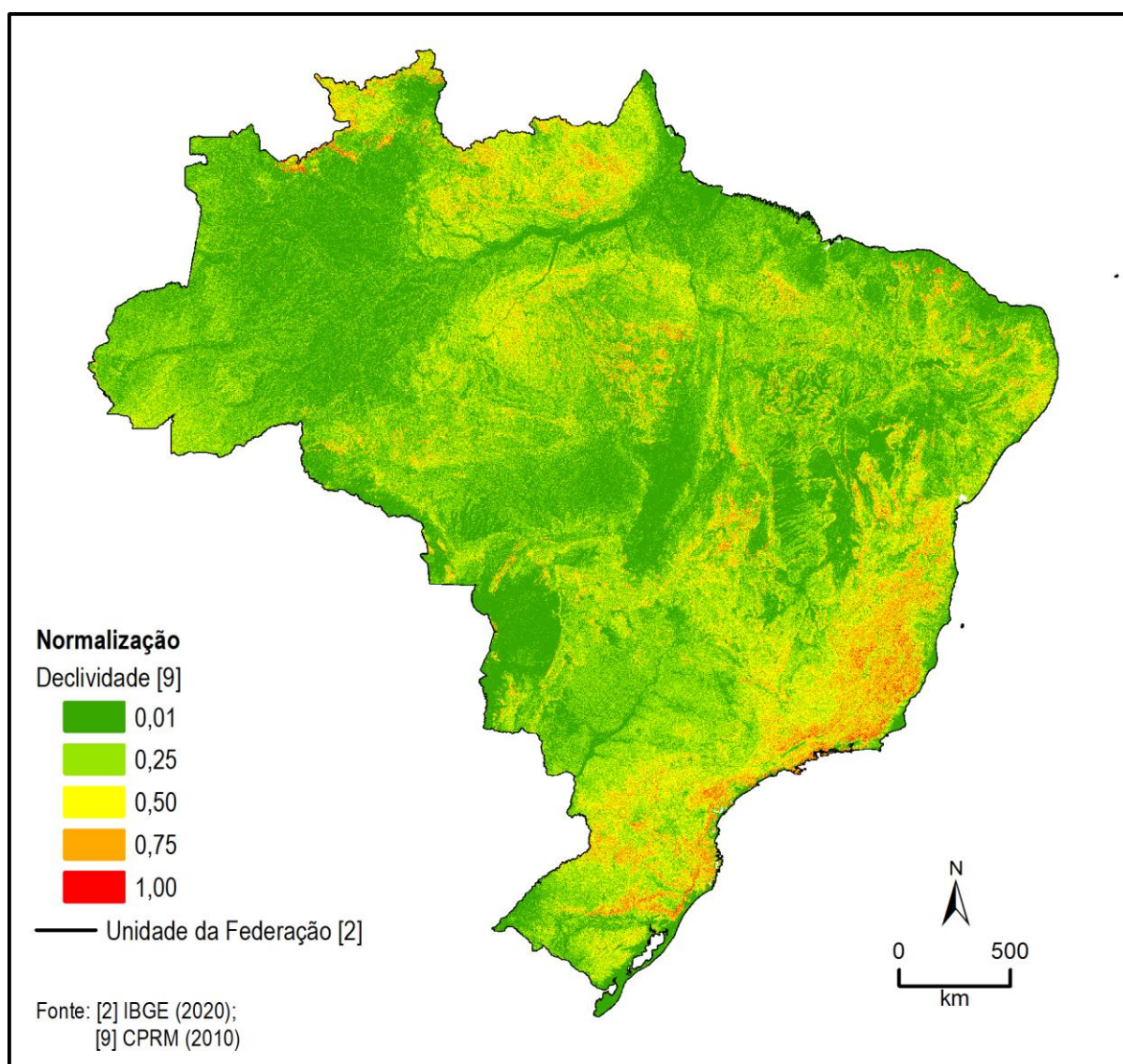
O mapa de declividade é uma ferramenta de grande potencial para a CPRM e a comunidade geocientífica no apoio a estudos geológicos, hidrológicos, ecológicos e geomorfológicos em todo o território brasileiro. A geração de mapas temáticos de classes de declividade tem se destacado como uma técnica importante na detecção de áreas críticas para deslizamento de encostas, traçados de perfis ecodinâmicos da paisagem e análises de terreno para contextualização urbana, bem como, no planejamento de lavouras agrícolas e na identificação de áreas suscetíveis à ocorrência de inundações.

Em especial, essa ferramenta mostra-se substancial na implantação de bases de dados para tomada de decisão no desenvolvimento de um Sistema Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais e um importante instrumento de análise ambiental integrada para o estudo do espaço geográfico. Já para normalização da declividade, tem-se as classes apresentadas na Tabela 16 e na Figura 12.

Tabela 16. Normalização do indicador de declividade.

Declividade	Normalizado
Plano (de 0 a 3%)	0,01
Suave Ondulado (de 3 a 8%)	0,25
Ondulado (de 8 a 20%)	0,50
Forte Ondulado (de 20 a 45%)	0,75
Montanhoso e Escarpado (maior que 45%)	1,00

Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 12. Mapa com a normalização da declividade.

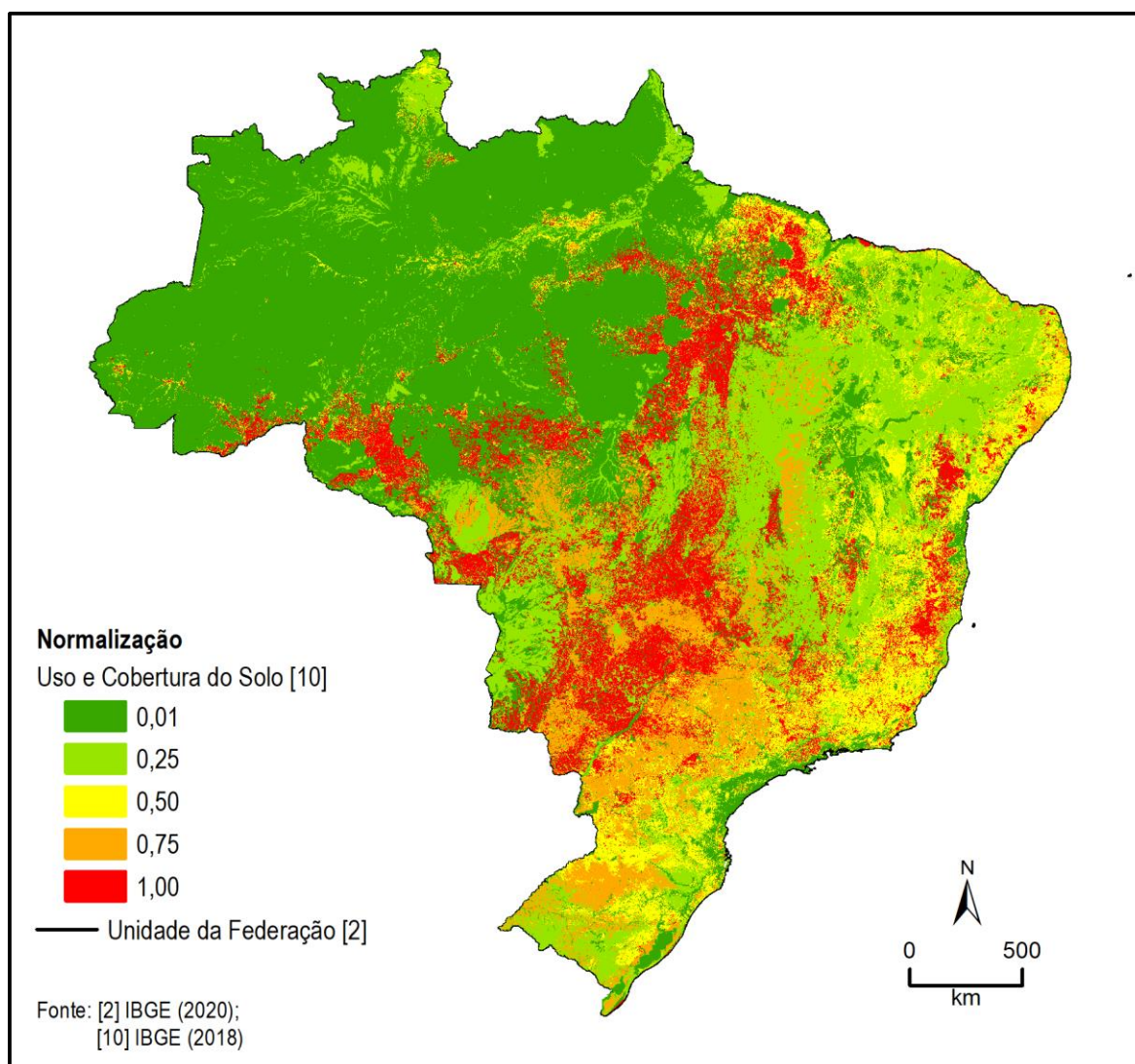
Fonte: Elaboração própria (2022).

A cobertura vegetal apresenta função importante de proteção do solo contra as diversas situações de desequilíbrio que ocorrem na natureza, causadas, principalmente, por enxurradas que acarretam erosão, lixiviação, entre outras alterações. Tanto a classe vegetação florestal quanto a classe vegetação campestre representam ambientes naturais. No entanto, o IBGE entende que o porte da vegetação é um componente que pode diferenciar o grau de suscetibilidade do solo. Dessa forma, por último, tem-se a normalização do indicador uso e cobertura do solo, de acordo com o indicado na Tabela 17 e na Figura 13.

Tabela 17. Normalização do indicador Uso e Cobertura do Solo.

Uso e Cobertura do Solo	Normalizado
Área Artificial/ Corpos d'Água/ Veg. Florestal	0,01
Silvicultura/ Veg. Campestre/ Área Úmida	0,25
Mosaico de Ocupações	0,50
Área Agrícola	0,75
Pastagem com Manejo/ Área Descoberta	1,00

Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 13. Mapa com a normalização do uso e cobertura do solo.

Fonte: Elaboração própria (2022).

Uma vez delineadas as bases que irão compor o índice de Erosão/Assoreamento, o Comitê Gestor definiu os pesos de cada subtema (erodibilidade, declividade e uso e cobertura do solo). Durante as discussões entre os integrantes do Comitê Gestor, ficou decidido que os pesos são diferentes para cada modo de transporte, conforme exposto na Tabela 18. O modo ferroviário é mais sensível às variações do relevo e, por conseguinte, obteve maior peso no subtema declividade em detrimento da erodibilidade e uso e cobertura do solo.

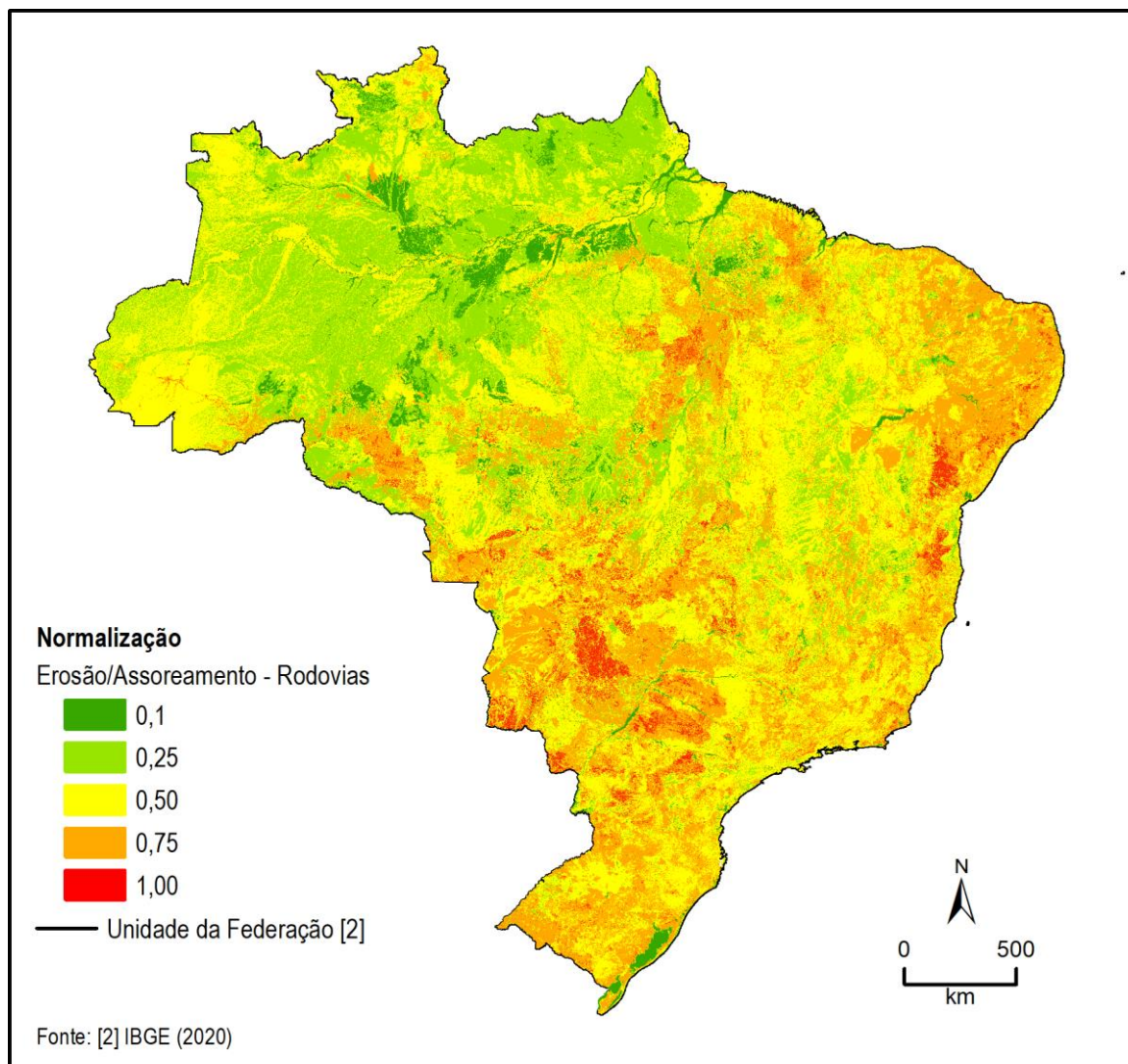
Tabela 18. Pesos para cada subtema por modal.

Subtemas	Rodovias	Ferrovias
Erodibilidade	40	35
Declividade	20	30
Uso e Cobertura do Solo	40	35

Fonte: Elaboração própria (2022).

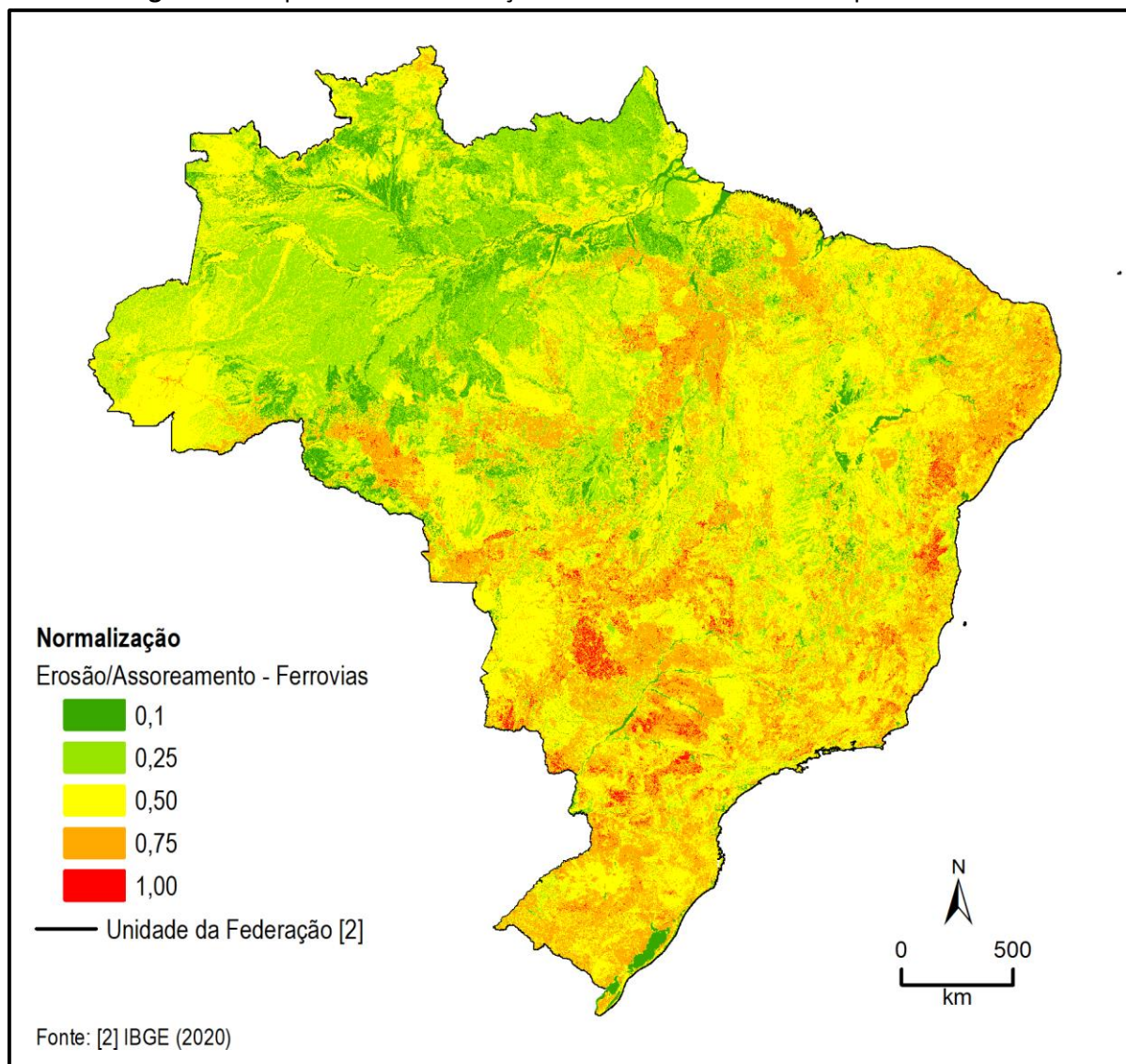
Com isso, tem-se a criação do mapa normalizado para a vulnerabilidade à erosão e assoreamento exposto na Figura 14 para rodovias e a Figura 15 para ferrovias.

Figura 14. Mapa com a normalização da Erosão e Assoreamento para rodovias.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 15. Mapa com a normalização da Erosão e Assoreamento para ferrovias.



Fonte: Elaboração própria (2022).

4.3.3. Indicadores de deslizamento

Para representação do impacto do deslizamento, foram utilizados os dados do Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do IBGE. Este mapa combina os seguintes indicadores (IBGE, 2019): (i) Pedologia; (ii) Declividade; (iii) Uso e Cobertura do Solo e Vegetação; (iv) Geologia (Províncias Estruturais); (v) Geomorfologia (Modelados); e (vi) Pluviosidade. Cada um desses temas foi analisado por especialistas, os quais determinaram os seus respectivos pesos, conforme apresentado na Tabela 19.

Tabela 19. Pesos atribuídos aos temas utilizados na avaliação.

Tema	Peso
Total	100
Geologia	15
Geomorfologia	20
Pedologia	15

Cobertura e uso da terra e Vegetação	10
Declividade	35
Pluviosidade	5

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais (2019)

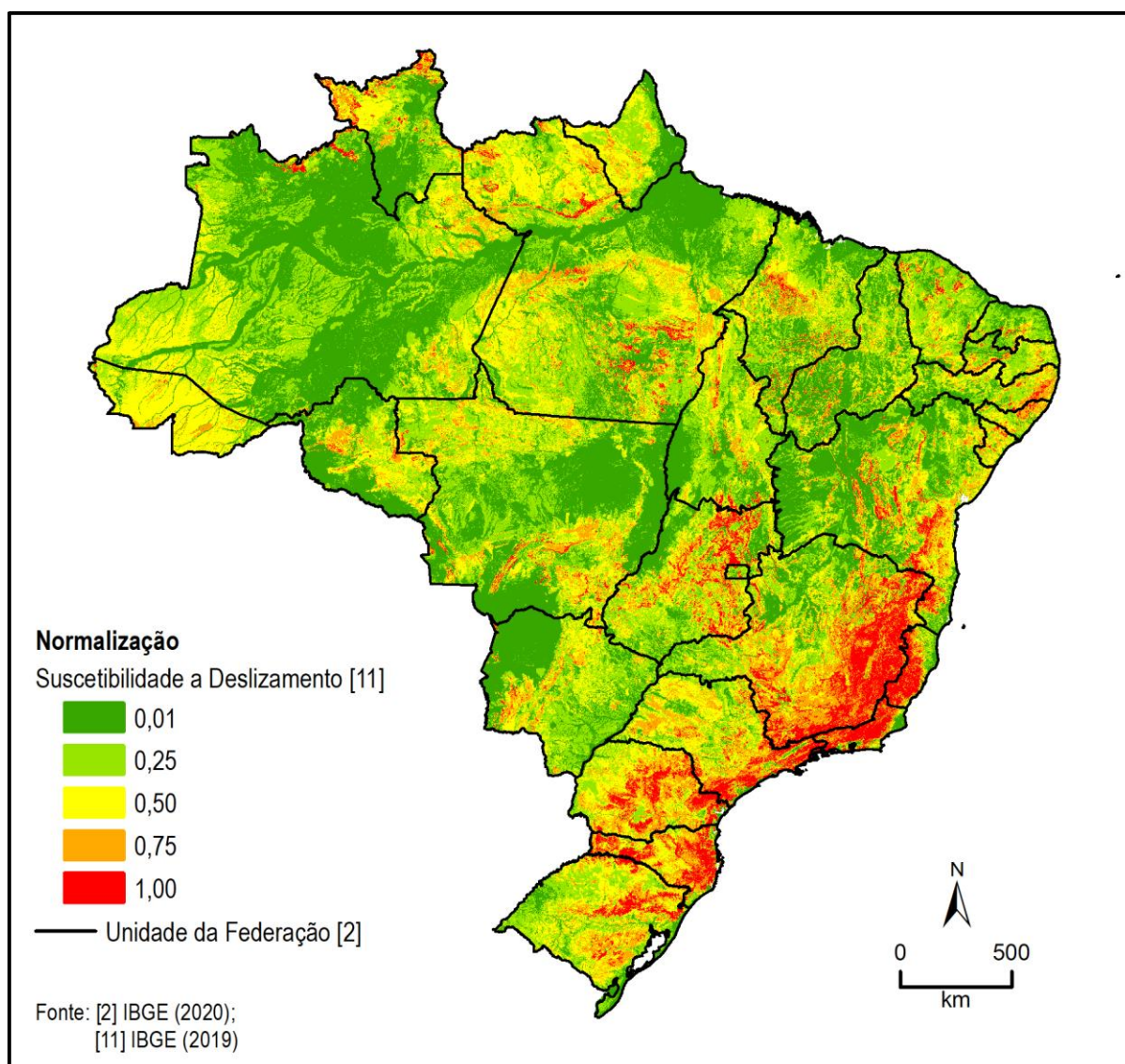
O resultado final da composição dos temas com seus pesos foi o mapa de suscetibilidade a deslizamentos (presente na Figura 16), representados por cinco classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Com isso, a normalização do indicador biofísico Deslizamento seguiu conforme estabelecido pelo estudo do IBGE, sendo a classe Muito Baixa como classe 0,01 e Muito Alta como 1,00, como exposto na Tabela 20.

Tabela 20. Normalização do indicador Suscetibilidade a deslizamento.

Suscetibilidade	Normalizado
Muito Baixa	0,01
Baixa	0,25
Média	0,50
Alta	0,75
Muito Alta	1,00

Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 16. Mapa com a normalização da suscetibilidade a deslizamentos.



Fonte: Elaboração própria (2022).

4.3.4. Indicadores de queimada/incêndios

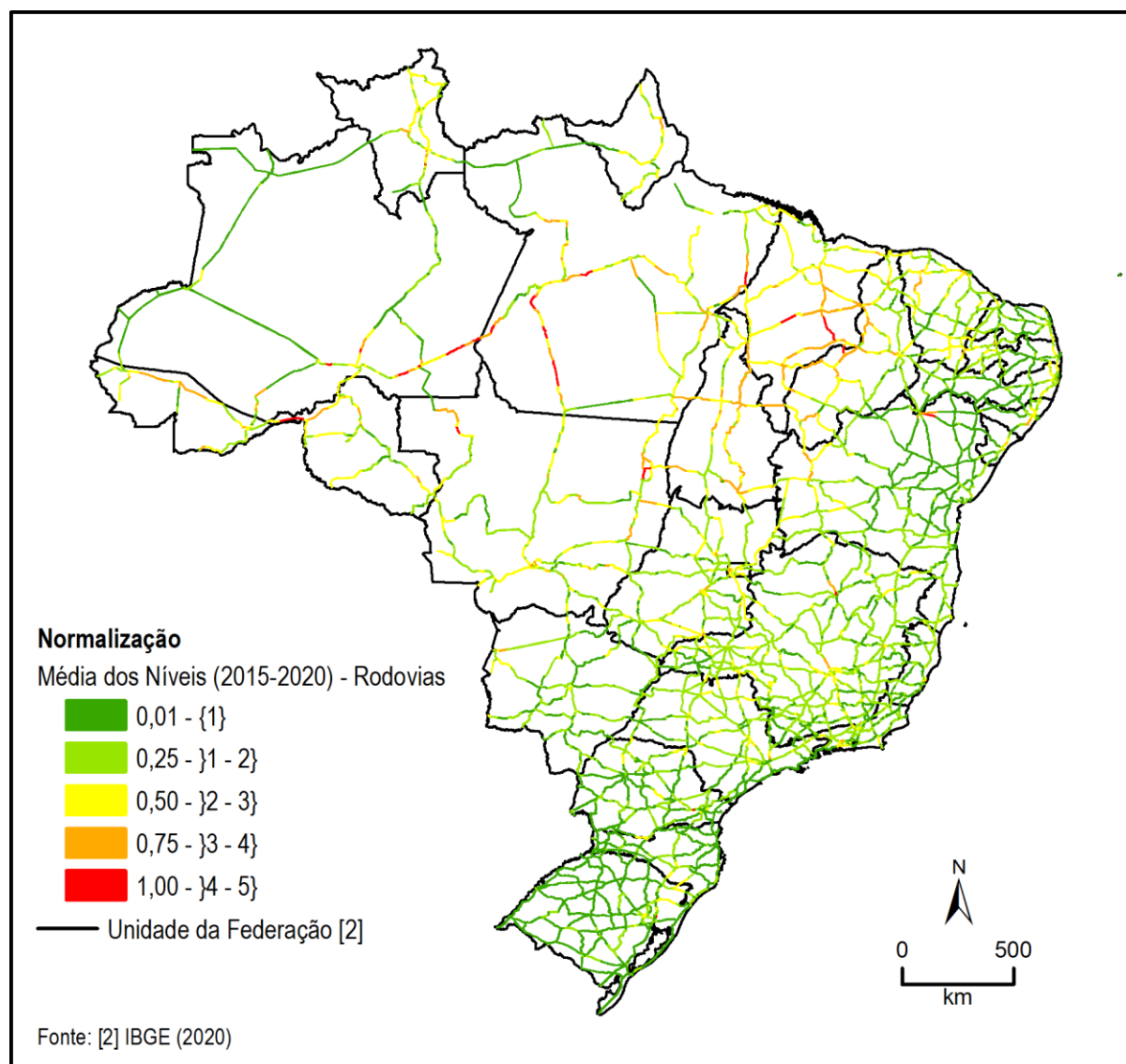
Em relação a queimada/incêndio, considerou-se pertinente utilizar os dados de focos de incêndio, disponibilizados pelo INPE. O Banco de Dados de Queimadas (BDQ) permite, em modo interativo, análises espaciais e temporais de focos de queimadas e incêndios florestais detectados operacionalmente sobre a América Latina em imagens de satélites, atualizados a cada três horas. Foram considerados seis anos consecutivos, entre 2015 e 2020, para entender a distribuição espacial dos focos de incêndios, bem como, sua persistência ao longo da série. Para tal, considerou-se apenas os focos registrados a uma distância de 2 (dois) km de ambos os sentidos das rodovias federais e ferrovias. Para garantir que os trechos rodoviários/ferroviários sejam comparados, transformou-se os focos de incêndio, por focos por quilômetro (foco/km). Como base na frequência dos focos de incêndios, os níveis de ocorrência foram divididos da seguinte forma:

- Nível 1 - de 0 a 1 foco/km/ano;
- Nível 2 - de 1 a 2 focos/km/ano;
- Nível 3 - de 2 a 5 focos/km/ano;
- Nível 4 - de 5 a 10 focos/km/ano;

- Nível 5 - 10 ou mais focos/km/ano.

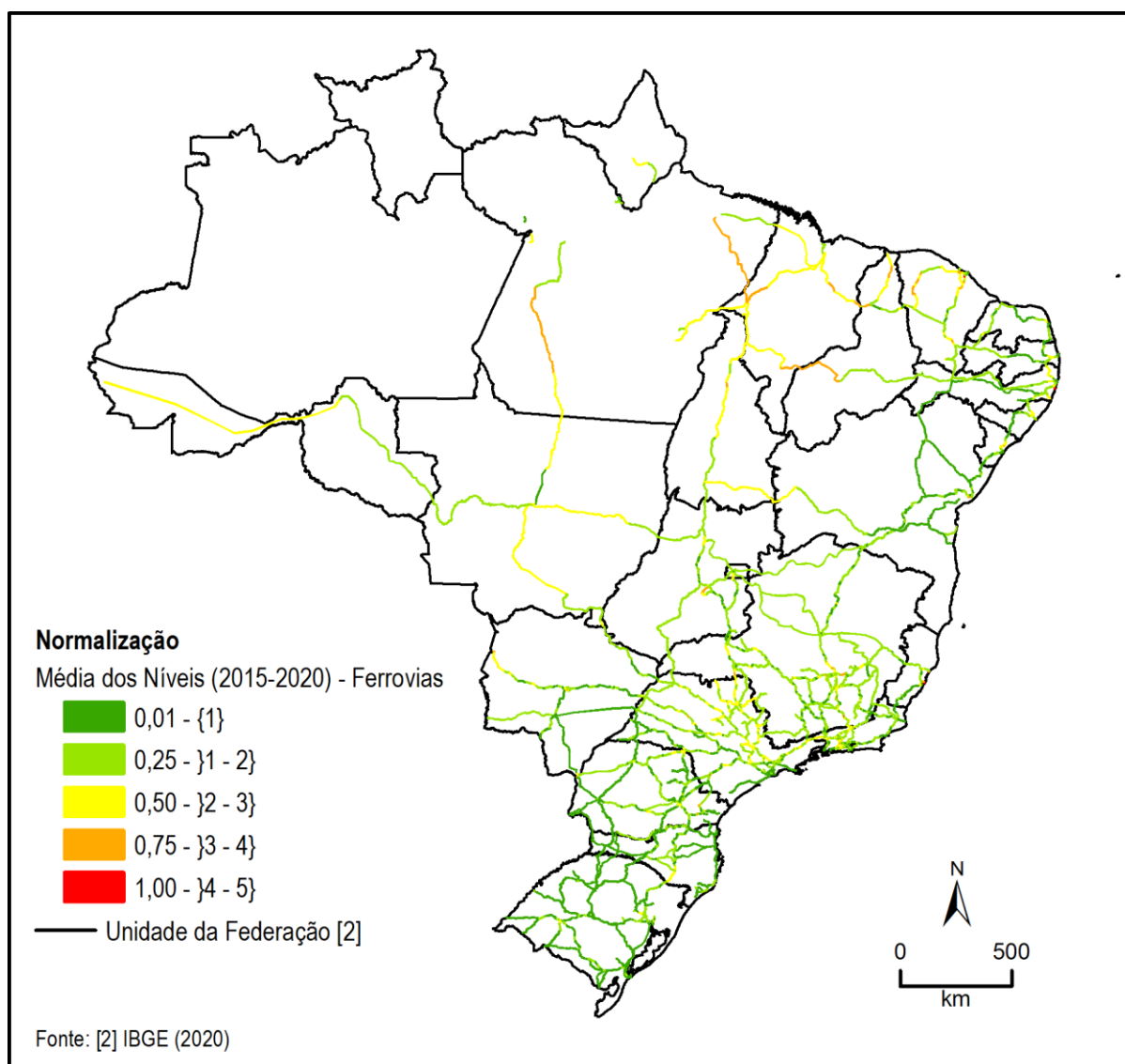
O indicador final será a média dos níveis que cada trecho rodoviário obteve ao longo dos anos da série analisada. Isso permite identificar os trechos mais críticos, pois os valores mais altos de média são os trechos com maior vulnerabilidade para queimadas. A Figura 17 apresenta o mapa com a média dos níveis para as rodovias, enquanto a Figura 18 mostra o mapa com a média dos níveis para as ferrovias.

Figura 17. Mapa com a normalização da média dos níveis de focos de incêndios entre os anos 2015 e 2020 à distância de dois quilômetros das rodovias.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 18. Mapa com a normalização da média dos níveis de focos de incêndios entre os anos 2015 e 2020 à distância de dois quilômetros das ferrovias.



5. Sensibilidade da Infraestrutura

Esta seção busca apresentar o processo de obtenção dos indicadores de sensibilidade da infraestrutura de transporte terrestre, que engloba desde a coleta de dados até a ponderação desses indicadores, para compor o Índice de Risco Climático.

5.1. Modo Rodoviário

Em atenção aos objetivos da Etapa 4 do Estudo AdaptaVias, buscou-se determinar os indicadores de sensibilidade da infraestrutura rodoviária, conforme descrito nas subseções seguintes.

5.1.1. Bibliografia

Assim como nos demais componentes de risco climático, inicialmente, buscou-se retornar aos resultados do Produto 1 para identificar quais são os indicadores de sensibilidade da infraestrutura

rodoviária na literatura nacional e internacional, conforme apresentado no Anexo I. Bibliografias, Aba Sensibilidade Rodovia.

Ao se observar este anexo, nota-se que os indicadores de sensibilidade da infraestrutura rodoviária podem ser divididos por tipo de ativo considerado, ou seja, rodovias propriamente ditas, pontes, que representam as Obras de Arte Especiais, e sistemas de drenagem, que representam as Obras de Arte Correntes. Nota-se ainda que é possível entrar tanto indicadores que podem englobar todos os impactos biofísicos, tais como idade do ativo - que quanto mais antigo for, mais sensível estará a esses impactos -, quanto indicadores mais específicos como tendência de empoçamento do ativo ou capacidade de resistência dos materiais do ativo à incêndios.

5.1.2. Histórico de Consultas e Síntese dos dados coletados

A atividade de coleta de dados incluiu a identificação de dados disponíveis publicamente, a solicitação de dados junto às instituições que os detêm, e a consulta a especialistas/pontos focais técnicos de empresas concessionárias rodoviárias, realizadas por *e-mail*. Cabe, mais uma vez, destacar que se considerou pertinente, durante esta atividade, obter tanto os indicadores de exposição, quanto de sensibilidade da infraestrutura.

A primeira parte do processo de coleta de dados consistiu em uma busca intensiva em sites de grandes instituições nacionais, como DNIT, ANTT, Departamentos Estaduais de Estradas - DERs, Agência Nacional de Petróleo - ANP, dentre outras, por bases de dados de acesso aberto sobre a infraestrutura rodoviária que pudessem ser utilizados para representar os indicadores de exposição e vulnerabilidade, conforme exposto no Anexo II. Histórico de consultas, Aba Rodoviário.

Como a maior parte das bases de dados de acesso aberto não foram consideradas representativas, buscou-se contactar diretamente as principais instituições em busca de bases de dados de acesso fechado que pudessem fornecer indicadores completos ou, pelo menos, complementar os dados encontrados nas bases de acesso aberto, conforme abordagens, descrições e *status* apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Abordagens para obtenção de dados representativos do modo rodoviário.

Nomenclatura	Descrição	Status
Abordagem 1	Esta abordagem baseia-se na solicitação de dados diretamente ao DNIT e às concessionárias sobre FWD (<i>Falling Weight Deflectometer</i>), IGG (Índice de Gravidade Global), IRI (<i>International Roughness Index</i>), notas estruturais de pontes e de sistemas de drenagem.	DNIT (dados de rodovias não concessionadas) - embora tenha solicitado termo de confidencialidade, não enviou nenhum dos dados. Concessionárias (dados de rodovias concessionadas) - enviaram dados pouco representativos e despadronizados.
Abordagem 2	Esta abordagem busca solucionar problemas identificados na base de dados de acesso aberto do DNIT que contém o Índice de Condição do Pavimento (ICP), o Índice de Condição da Conservação (ICC) e o Índice de Condição da Manutenção (ICM).	Optou-se, em alinhamento com o Comitê Gestor, por não prosseguir com essa abordagem em virtude das dificuldades no contato com o DNIT.

Abordagem 3	Esta abordagem tem como base o Índice da Condição da Superfície (ICS), que embora apresente dados bastante representativos, que englobam cerca de 90% das rodovias (ou seja, as rodovias não concessionadas), não apresenta dados de rodovias concessionadas. Dessa forma, buscou-se solicitar dados de ICS ou dados de rodovias concessionadas de IGG e IRI, para receita caseira de ICS.	Optou-se, em alinhamento com o Comitê Gestor, por não prosseguir com essa abordagem em virtude das dificuldades de fornecimento de dados representativos e padronizados por parte das Concessionárias, bem como, do trabalho que seria empregado para receita de ICS caseiro.
Abordagem 4	Esta abordagem consiste na solicitação dos dados georreferenciados da Pesquisa da Confederação Nacional do Transporte - CNT Rodovias 2021.	Foi formalizada a solicitação de dados em <i>shapefile</i> ao MInfra; entretanto, a CNT não os forneceu.

Fonte: Elaboração própria (2022).

Cabe destacar que as informações solicitadas ao DNIT e às concessionárias, na Abordagem 1, estavam alinhadas com as necessidades do projeto: (i) FWD – levantamento defletoométrico, visa avaliar a condição estrutural de pavimentos – revestimento, base, sub-base e sub-leito; (ii) IRI – índice de irregularidade longitudinal, parâmetro de verificação funcional de pavimento; e (iii) IGG – índice de gravidade global, visa avaliar os defeitos em pavimentos. Para Obras de Arte Especiais, foram solicitados dados (principalmente a Nota Estrutural das pontes – escala de 0 a 5, baseada nas Normas do DNIT) que estão presentes em uma base, chamada Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais - SGO. E para as Obras de Arte Correntes, também se considerou pertinente, pelo menos, a obtenção da Nota Estrutural dos sistemas de drenagem. Entretanto, conforme apresentado no Quadro 1, não foi possível seguir com esta abordagem.

A abordagem que melhor se adequou ao estudo foi a Abordagem 3, ou seja, considerou-se pertinente utilizar o Índice da Condição da Superfície. Cabe salientar, entretanto, que foi utilizada a premissa de que os resultados desse indicador para os trechos concessionados estariam entre as melhores avaliações, ou seja, entre 4 (que representa uma boa condição do pavimento) e 5 (que representa uma ótima condição do pavimento).

5.1.3. Determinação dos Indicadores

A partir dos resultados obtidos nas seções anteriores, foi possível identificar aqueles indicadores de sensibilidade da infraestrutura rodoviária que apresentavam abrangência nacional e que podiam ser representados geograficamente.

Dessa forma, em alinhamento com o Comitê Gestor, considerou-se pertinente utilizar os seguintes indicadores, para todos os impactos biofísicos a serem analisados para o modo rodoviário, ou seja, alagamento/inundação, erosão/assoreamento, deslizamento, queimada/incêndios e impactos por altas temperaturas:

- (i) **Índice da Condição da Superfície (ICS)** (Base de Dados do MInfra);
- (ii) **Tipo de Rodovias** (Base de Dados do DNIT); e
- (iii) **Peso da carga** (Base de Dados da Empresa de Planejamento e Logística - EPL).

Com a escolha e a validação dos indicadores de sensibilidade da infraestrutura rodoviária pelo Comitê Gestor, partiu-se para a normalização e a atribuição dos pesos de cada um dos três indicadores considerados.

5.1.3.1. Índice da Condição da Superfície (ICS)

O Índice de Condição da Superfície (ICS) reflete a situação funcional dos pavimentos. Para a classificação do ICS, são relacionadas faixas de valores correspondentes do Índice de Gravidade Global — IGG e do *International Roughness Index* — IRI (sigla em inglês). O IGG quantifica e pondera os defeitos encontrados nos pavimentos, conforme Norma DNIT PRO-006/2003, enquanto o IRI representa o nível de conforto ao rolamento, dado pelo somatório das imperfeições dos pavimentos acumulados em 1 (um) quilômetro (DNIT, 2018). Dessa forma, as classificações do ICS estão expressas na Tabela 21.

Tabela 21. Conceitos atribuídos ao ICS em função do IGG e do IRI.

IGG	IRI	ICS	Conceito
$0 \leq \text{IGG} \leq 20$	$0 \leq \text{IRI} \leq 2,5$	5	Ótimo
$20 < \text{IGG} \leq 40$	$2,5 < \text{IRI} \leq 3,5$	4	Bom
$40 < \text{IGG} \leq 80$	$3,5 < \text{IRI} \leq 4,5$	3	Regular
$80 < \text{IGG} \leq 160$	$4,5 < \text{IRI} \leq 6,0$	2	Ruim
$\text{IGG} > 160$	$\text{IRI} > 6,0$	1	Péssimo

Fonte: Elaboração própria (2022).

De maneira complementar, para a normalização do indicador ICS, que é qualitativo, realizou-se a simplificação apresentada na Tabela 22. Note-se que para esse caso em específico, que engloba o caso de todos os indicadores qualitativos, não há um intervalo estabelecido, e sim valores fixos entre 0,01 e 1,0, para cada nível de qualidade dos pavimentos. Além disso, considerou-se que, quanto melhor era o ICS do trecho rodoviário, menor seria sua sensibilidade aos impactos biofísicos.

Tabela 22. Normalização do indicador ICS.

ICS	Conceito	Normalizado
5	Ótimo	0,01
4	Bom	0,25
3	Regular	0,50
2	Ruim	0,75
1	Péssimo	1,00

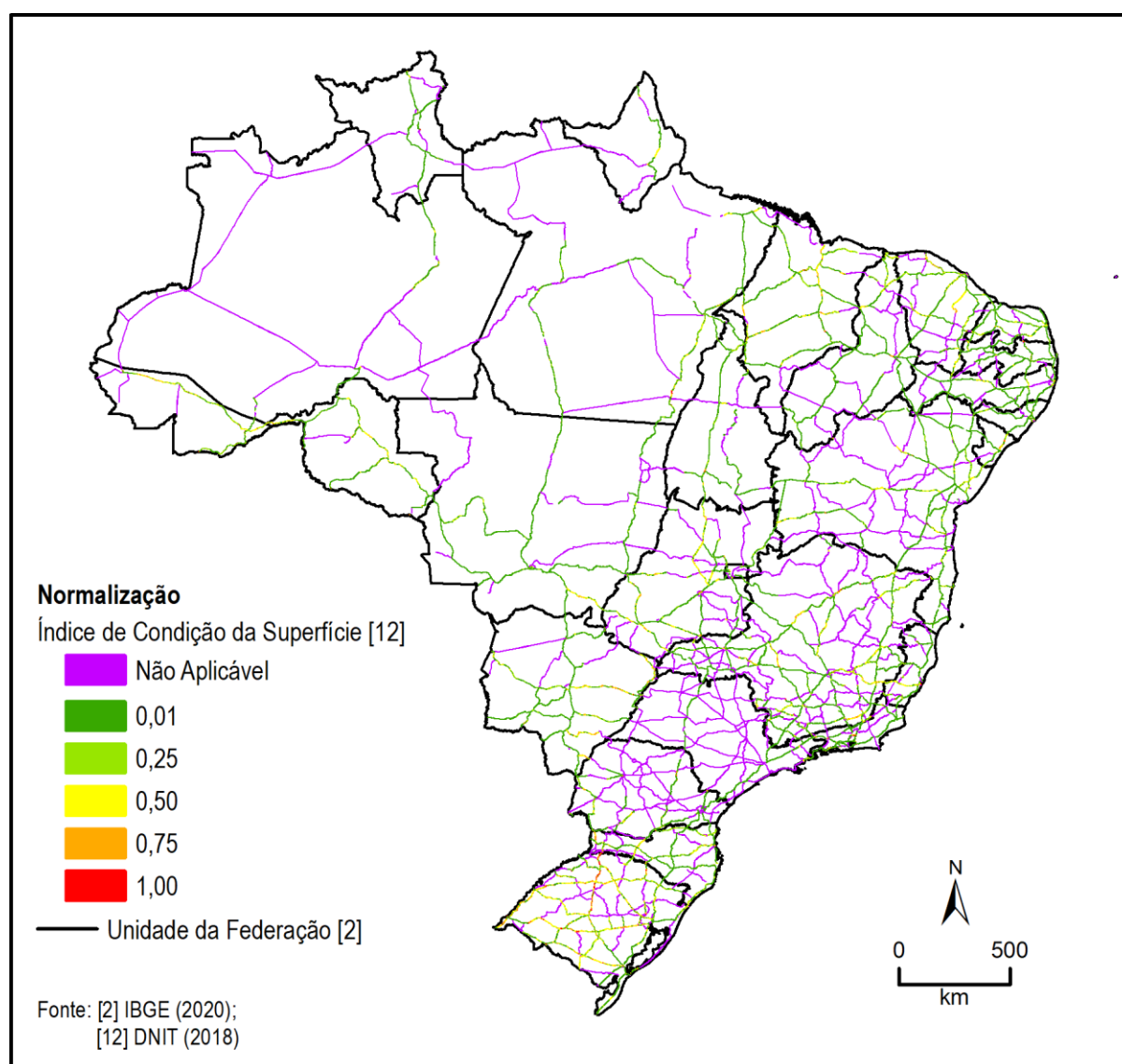
Fonte: Elaboração própria (2022).

Assim, o mapa com a normalização do ICS encontra-se apresentado na Figura 19. Cabe destacar que o mapa não contempla todas as rodovias porque a base de dados do ICS, disponibilizada pelo DNIT,

consta apenas das rodovias administradas pelo próprio órgão. Dessa forma, as rodovias federais que estão sob administração estadual ou privada não foram consideradas no estudo do ICS.

Adicionalmente, ficou decidido junto ao Comitê Gestor que é razoável partir da premissa de que as rodovias concessionadas possuem um ICS alto (ótimo), por força de contrato. No entanto, a base SNV do MInfra apresenta apenas as concessões privadas realizadas diretamente pela União. Ou seja, se as rodovias federais que estão sob administração estadual o qual, por sua vez, decide conceder para uma concessionária privada, tal concessão não constará na base SNV. Portanto, grande parte das rodovias do estado de SP e PR não estão apresentadas na Figura 19, pois de acordo com o SNV essas rodovias estão sob a administração destes respectivos Estados.

Figura 19. Mapa com a normalização do ICS.



Fonte: Elaboração própria (2022).

5.1.3.2. Tipo de Rodovia

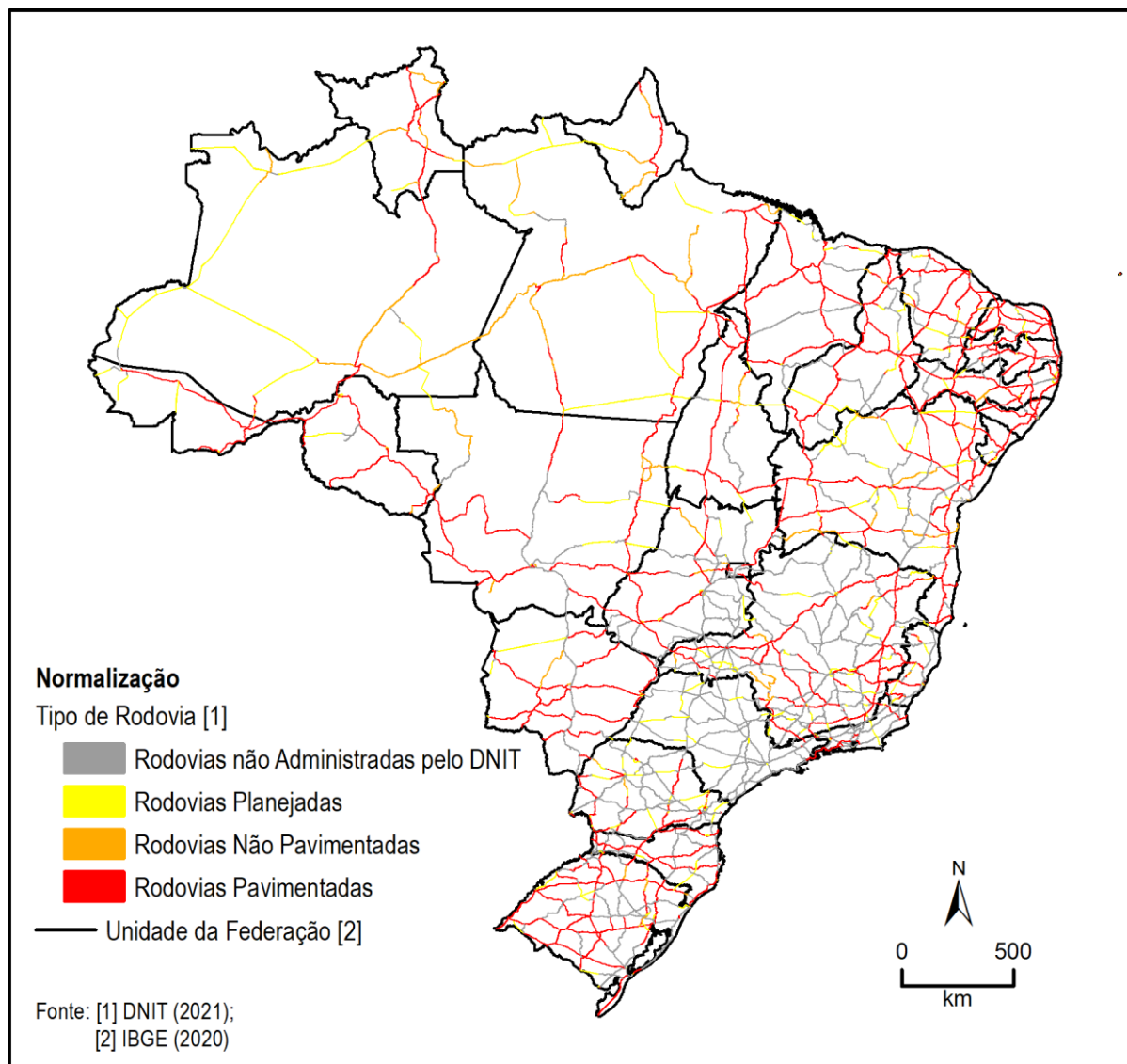
As rodovias federais podem ser separadas nos seguintes tipos:

(i) Rodovias Pavimentadas - Rodovia com revestimento asfáltico, de concreto cimento ou de alvenaria poliédrica;

(ii) Rodovias não pavimentadas - Rodovias que apresentam superfície de rolamento sem pavimentação, normalmente em revestimento primário e permitem tráfego o ano todo; e

(iii) Rodovias Planejadas - Rodovias fisicamente inexistentes, mas para as quais são previstos pontos de passagem que estabelecem uma diretriz destinada a atender uma demanda potencial de tráfego. Estes pontos de passagem não são obrigatórios até que a realização de estudos e/ou projetos estabeleçam o traçado definitivo da rodovia (DNIT, 2007). A Figura 20 apresenta o mapa com os tipos de rodovias federais no Brasil.

Figura 20. Mapa os tipos de rodovias no Brasil.



A maior parte das rodovias pavimentadas é de pista simples (92,7%), de acordo com dados da Confederação do Transporte (CNT). Segundo a CNT, que avalia toda a malha federal pavimentada e os principais trechos estaduais também pavimentados, 61,8% das vias pesquisadas apresentam algum tipo de problema, sendo classificadas como regular, ruim ou péssima. O pavimento apresenta problemas em metade dos trechos. Já a sinalização e a geometria da via têm classificação regular, ruim ou péssima, com índices de 59,2% e de 77,9%, respectivamente (CNT, 2018).

Para o Estudo AdaptaVias, em reunião de alinhamento com o Comitê Gestor, optou-se por juntar as rodovias não pavimentadas com as planejadas. Dessa forma, a normalização deste indicador, que seguiu a opinião dos especialistas do projeto, considerou apenas duas possíveis classes: (i) rodovias pavimentadas; e (ii) rodovias não pavimentadas e planejadas, conforme expresso na Tabela 23.

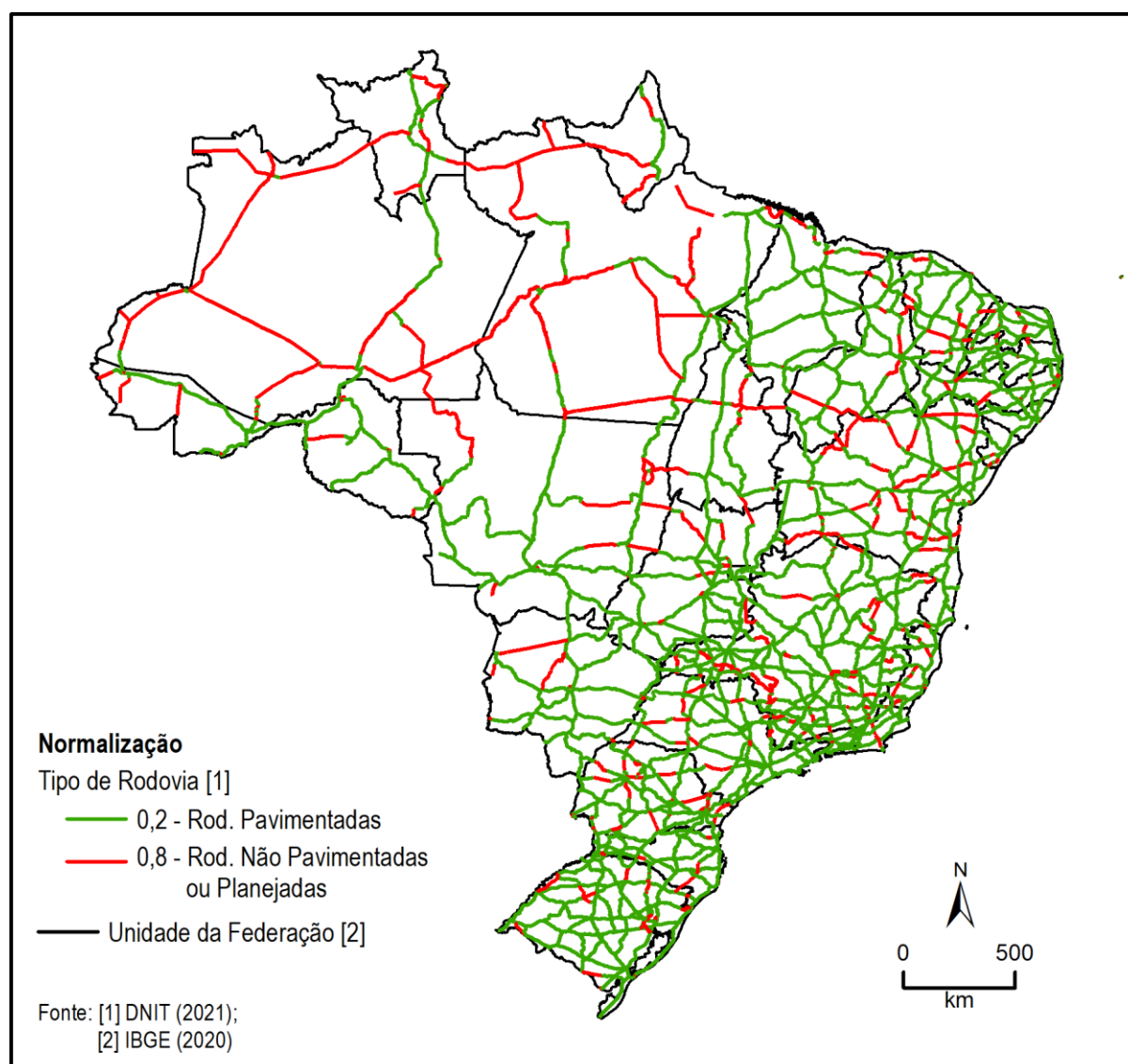
Tabela 23. Normalização do indicador Tipo de Rodovia.

Tipo de Rodovias	Conceito	Normalizado
1	Pavimentada	0,2
2	Planejada e Não Pavimentada	0,8

Fonte: Elaboração própria (2022).

De maneira complementar, o mapa com a normalização deste indicador encontra-se na Figura 21.

Figura 21. Mapa com a normalização do Tipo de Rodovia.



Fonte: Elaboração própria (2022).

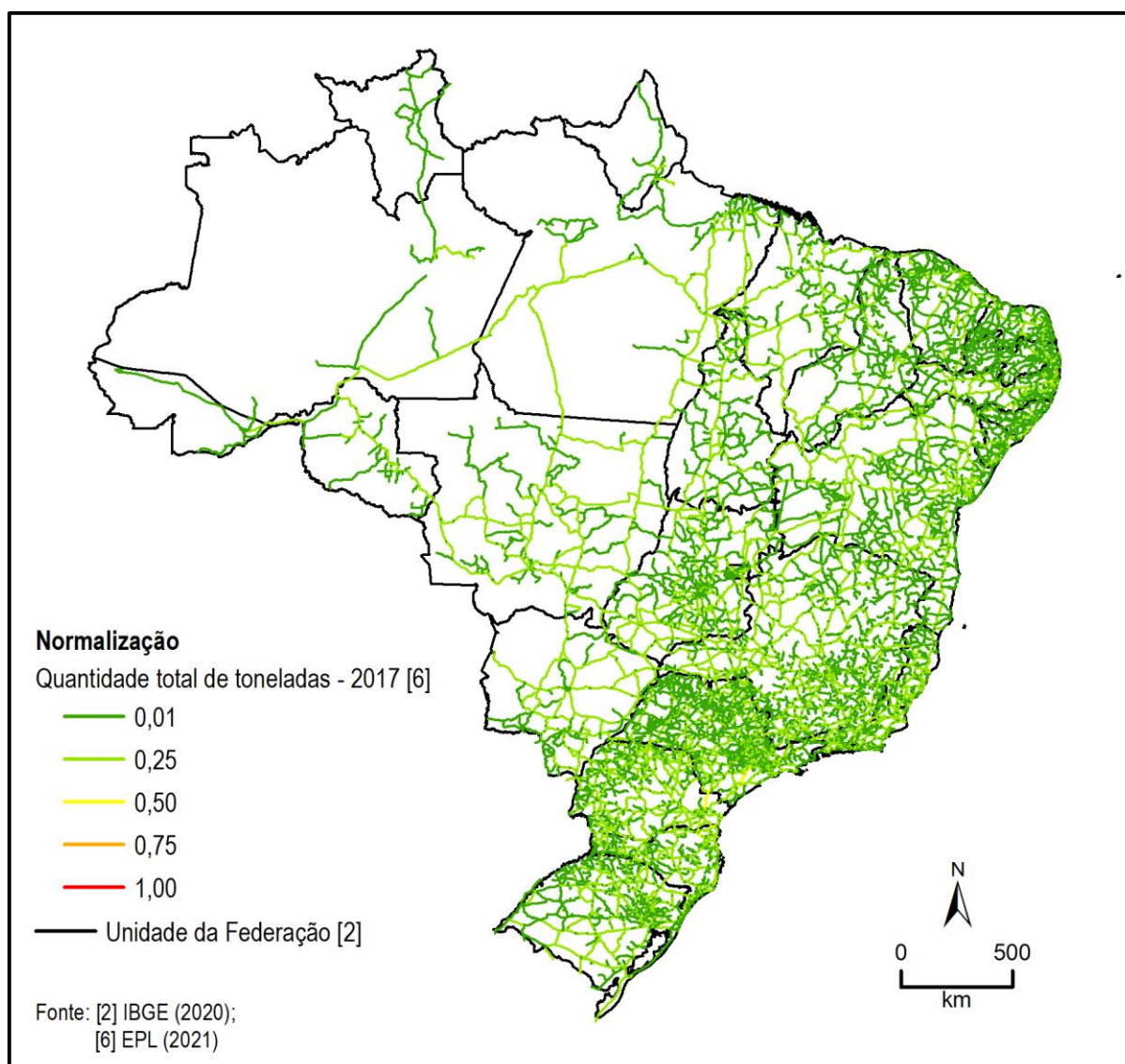
5.1.3.3. Peso da carga

O indicador peso da carga foi utilizado para representar o nível de solicitação de carga nos pavimentos e foi expresso em toneladas por trecho considerado no estudo do PNL. Destaca-se que o estudo da PNL envolve todos os níveis de administração rodoviária (federal, estadual, municipal e concessionadas) e os trechos rodoviários não têm qualquer convergência com os trechos do SNV. O indicador peso da carga bruto é normalizado conforme exposto na Tabela 24. Como observado, quase a totalidade das rodovias onde houve o estudo (99,8%) atendem até 61 milhões de toneladas/ano, sendo que 70,6% atende até 2,4 milhões de toneladas/ano. A Figura 22 mostra a distribuição das rodovias com a normalização da quantidade total de toneladas por trecho.

Tabela 24. Normalização do indicador Peso da Carga.

Normalização	Trechos (PNL)	Proporção	Faixas de Quantidade Total da Carga (em toneladas)
0.01	312460	70.69%	[0,000359 - 2.442.681,8]
0.25	128695	29.12%	[2.442.855,4 - 61.065.586,5]
0.50	807	0.18%	[61.111.638,8 - 117.461.032,2]
0.75	22	0.005%	[124.194.010,6 - 172.204.156,7]
1.00	4	0.001%	244.270.791,3

Figura 22. Mapa com a normalização do Peso da Carga para Rodovias.



Fonte: Elaboração própria (2022).

5.1.4. Ponderação dos Indicadores

Com a atribuição dos pesos, partiu-se para sua ponderação que se procedeu em conjunto com a dos indicadores de exposição. Dessa forma, durante a Oficina, buscou-se apresentar os resultados para os indicadores de sensibilidade da infraestrutura obtidos pelo preenchimento do Formulário I, principalmente daqueles que apresentavam índice de Simpson igual ou acima de 0,7. Além disso, na oficina foi disponibilizado um novo formulário, Formulário II, para realização de uma nova rodada. Os dados que continuaram discrepantes passaram por um processo de estabelecimento da ponderação em virtude da maior concentração de dados em uma dada classe.

5.1.4.1. Índice da Condição da Superfície (ICS)

Em relação ao ICS, por meio da Oficina e dos dois formulários desenvolvidos, buscou-se identificar a relevância desse indicador para a sensibilidade das Rodovias a todos os impactos biofísicos considerados nesta pesquisa. Assim, os resultados do Índice de Simpson e da ponderação das duas

rodadas, encontram-se na Tabela 25, na qual, se nota que nenhuma atribuição dos pesos dos indicadores pôde ser validada, pois, os Índices de Simpson calculados ultrapassaram o valor de 0,70.

Tabela 25. Visão Geral do índice de Simpson e da ponderação do ICS para cada impacto biofísico, após aplicação dos formulários I e II.

Indicador	Impacto	Simpson 1	Ponderação 1	Simpson 2	Ponderação 2
ICS	Alagamento/Inundação	0,78	3,6	0,81	3,6
	Erosão e assoreamento	0,76	3,8	0,78	3,7
	Deslizamento	0,80	3,2	0,73	3,3
	Queimadas e incêndios	0,74	2,4	0,73	2,7
	Altas Temperaturas	0,74	3,4	0,81	3,5

Fonte: Elaboração própria (2022).

Como em nenhuma das duas rodadas foi possível validar os pesos do indicador ICS para nenhum dos impactos biofísicos, considerou-se que a atribuição dos pesos deveria respeitar a média ponderada dos resultados da segunda rodada, conforme indicado na Tabela 26.

Tabela 26. Atribuição dos pesos do indicador ICS para cada impacto biofísico.

Indicador	Impacto	Peso Final
ICS	Alagamento/Inundação	3,6
	Erosão e assoreamento	3,7
	Deslizamento	3,3
	Queimadas e incêndios	2,7
	Altas Temperaturas	3,5

Fonte: Elaboração própria (2022).

5.1.4.2. Tipo de Rodovias

Os resultados para o indicador Tipo de Rodovia encontram-se na Tabela 27. Nela, é possível notar que, na primeira rodada, apenas o indicador relacionado à erosão e assoreamento foi validado e na segunda rodada, apenas o indicador relacionado a queimadas e incêndios, por resultarem em valores inferiores a 0,70 para o índice de Simpson.

Tabela 27. Visão Geral do índice de Simpson e da ponderação do Tipo de Rodovia para cada impacto biofísico, após aplicação dos formulários I e II.

Indicador	Impacto	Simpson 1	Ponderação 1	Simpson 2	Ponderação 2
Tipo de Rodovia	Alagamento/Inundação	0,71	4,1	0,73	3,7
	Erosão e assoreamento	0,61	4,3	-	-
	Deslizamento	0,74	3,8	0,73	3,7
	Queimadas e incêndios	0,79	2,8	0,67	3,1
	Altas Temperaturas	0,74	3,4	0,74	3,3

Fonte: Elaboração própria (2022).

Dessa forma, a atribuição dos pesos do indicador Tipo de Rodovias para os impactos biofísicos de Alagamento/Inundação, Deslizamento e Altas Temperaturas seguiram o estabelecido na Tabela 28, considerando a média ponderada da segunda rodada.

Tabela 28. Atribuição dos pesos do indicador Tipo de Rodovia para cada impacto biofísico.

Indicador	Impacto	Peso Final
Tipo de Rodovia	Alagamento/Inundação	3,7
	Erosão e assoreamento	4,3
	Deslizamento	3,7
	Queimadas e incêndios	3,1
	Altas Temperaturas	3,3

Fonte: Elaboração própria (2022).

5.1.4.3. Peso da carga

Para o indicador Peso da carga, os resultados das duas rodadas realizadas na Oficina são apresentados na Tabela 29. Nenhum indicador pôde ser validado na primeira rodada e apenas o indicador relativo às altas temperaturas apresentou resultado para o Índice de Simpson inferior a 0,70 na segunda rodada.

Tabela 29. Visão Geral do índice de Simpson e da ponderação do Peso da Carga para cada impacto biofísico, após aplicação dos formulários I e II, modo rodoviário.

Indicador	Impacto	Simpson 1	Ponderação 1	Simpson 2	Ponderação 2
Peso da Carga	Alagamento/Inundação	0,82	3,3	0,81	2,9
	Erosão e assoreamento	0,75	3,7	0,73	3,3
	Deslizamento	0,77	3,4	0,79	3,1
	Queimadas e incêndios	0,81	2,6	0,75	2,4
	Altas Temperaturas	0,79	3,3	0,69	3,7

Fonte: Elaboração própria (2022).

Para os impactos biofísicos que apresentaram índices de Simpson superiores a 0,70 nas duas rodadas, considerou-se a ponderação da segunda rodada, de acordo com o exposto na Tabela 30.

Tabela 30. Atribuição dos pesos do indicador Peso da Carga do modo rodoviário para cada impacto biofísico.

Indicador	Impacto	Peso Final
Peso da carga	Alagamento/Inundação	2,9
	Erosão e assoreamento	3,3
	Deslizamento	3,1
	Queimadas e incêndios	2,4
	Altas Temperaturas	3,7

Fonte: Elaboração própria (2022).

5.2. Modo Ferroviário

Em atenção aos objetivos da Etapa 4 do Estudo AdaptaVias, buscou-se determinar os indicadores de sensibilidade da infraestrutura ferroviária, conforme considerações apresentadas nas próximas subseções.

5.2.1. Bibliografia

Assim como nos demais componentes de risco climático, inicialmente, buscou-se retornar aos resultados do Produto 1 para identificar quais são os indicadores de sensibilidade da infraestrutura

ferroviária que mais são utilizados na literatura nacional e internacional, conforme apresentado no Anexo I. Bibliografias, Aba Sensibilidade Ferrovia, obtidos durante a revisão da literatura.

Conforme pode ser observado no Anexo I, os indicadores de sensibilidade da infraestrutura ferroviária consideram as ferrovias, bem como os impactos biofísicos, tais como idade do ativo, e mesmo indicadores mais específicos como tendência de alagamento do ativo e capacidade de resistência dos materiais do ativo à altas temperaturas, altura das pontes, estrutura das drenagens, etc.

5.2.2. Histórico de Consultas e Síntese dos dados coletados

A atividade de coleta de dados incluiu a identificação de dados disponíveis publicamente, solicitação de dados junto às instituições e consulta a especialistas/pontos focais técnicos de empresas concessionárias ferroviárias, realizadas por *e-mail*. Cabe, mais uma vez, destacar que se considerou pertinente, durante esta atividade, obter tanto os indicadores de exposição, quanto de sensibilidade da infraestrutura.

A primeira parte do processo de coleta de dados consistiu na consulta aos sites da Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF) e da ANTT, dentre outras, com foco na identificação de indicadores de exposição e vulnerabilidade, conforme exposto no Anexo II. Histórico de Consultas, Aba Ferroviário.

Como a maior parte das bases de dados de acesso aberto não foram consideradas representativas, buscou-se contactar diretamente as instituições em busca de dados complementares, conforme abordagens, descrições e *status* apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Abordagens para obtenção de dados representativos do modo ferroviário.

Nomenclatura	Descrição	Status
Abordagem 1	Dados do Plano de manutenção contendo informações sobre os trechos historicamente mais críticos; Dados de monitoramento da via permanente, como geometria (carro controle, levantamento manual), os quais também são indicadores de sensibilidade e exposição; Dados de monitoramento das OAE (pontes e viadutos), que possuam a idade do ativo, vão livre, altura, tipo de estrutura, patologias apontadas na avaliação estrutural, os quais também são indicadores de sensibilidade e exposição.	Optou-se, em alinhamento com o Comitê Gestor, por não prosseguir com essa abordagem em virtude das dificuldades no contato com as empresas responsáveis.
Abordagem 2	Dados de operação e caracterização da infraestrutura ferroviária - de rampa máxima (%) e raio de curva (metros) que podem demonstrar áreas com maior sensibilidade às mudanças climáticas; e velocidade máxima autorizada, assumindo que a diminuição histórica do VMA pode ser inferida como problemas na infraestrutura, levando ao aumento da sensibilidade da infraestrutura.	Embora os dados estejam publicamente disponibilizados na plataforma online da ANTT, eles não estavam georreferenciados. Além disso, os dados disponíveis não permitiram uma análise contínua e representativa da malha nacional.
Abordagem 3	Os dados solicitados foram Plano de Manutenção de Via Permanente (Condição de geometria: Veículos de Inspeção (carro controle, ultrassom, georadar) ou Manuais); Pontes/viadutos - Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais: idade do ativo, vão livre, altura, tipo de estrutura, patologias apontadas na avaliação estrutural	Apenas algumas concessionárias ferroviárias enviaram documentos; com destaque a Ferrovia Tereza Cristina (FTC) e a Rumo, que responderam com dados tabulados e georreferenciados. As informações sobre a condição estrutural (sensibilidade) dos ativos não foram

		compartilhadas.
Abordagem 4	Esta abordagem consistiu em encontrar uma solução urgente para a falta de dados georreferenciados.	Dessa forma O Mlnfra disponibilizou dados de geometria e infraestrutura e através do Plano Nacional de Logística – PNL 2035, a equipe coletou dados de operação da rede ferroviária

No estudo considerou-se a abordagem 4 disposto no Quadro 2, dessa forma foram utilizados os dados e arquivos em *shapefile*, com destaque à Bitola e ao Trecho de ferrovia, bem como Volume de veículos e Peso da carga a partir do PNL 2035.

5.2.3. Determinação dos Indicadores

A seleção de indicadores de sensibilidade da infraestrutura ferroviária considerou a necessidade de abrangência e representação geográfica nacional.

Os indicadores utilizados foram: (I) Tipo de Bitola (Base de Dados do Mlnfra) e (II) Peso da Carga (Base de Dados do PNL), para os impactos biofísicos de erosão/assoreamento, deslizamento e impactos por altas temperaturas.

Com a escolha e validação dos indicadores de sensibilidade da infraestrutura ferroviária, promoveu-se a atribuição dos pesos de cada um dos indicadores considerados.

5.2.3.1. Tipo de Bitola

As Bitolas são determinadas a partir da largura entre as faces interiores de dois trilhos de um trecho ferroviário. As bitolas podem ser separadas nos seguintes tipos: (i) Bitola Larga; (ii) Bitola Métrica e (iii) Bitola Mista. Considerando o critério de estabilidade do material rodante assim como os pontos de mudança de via, entende-se que quando uma ferrovia apresenta Bitola Larga, possui geometria ferroviária menos sensível aos impactos biofísicos que as ferrovias de Bitola Métrica, que, por sua vez, são menos sensíveis que as ferrovias de Bitola Mista.

A normalização deste indicador seguiu a opinião dos especialistas do projeto; considerando três possíveis classes: (i) Bitola Larga; (ii) Bitola Métrica e (iii) Bitola Mista, conforme expresso na Tabela 31. A Figura 23 apresenta o mapa normalizado para o indicador Tipo de Bitola.

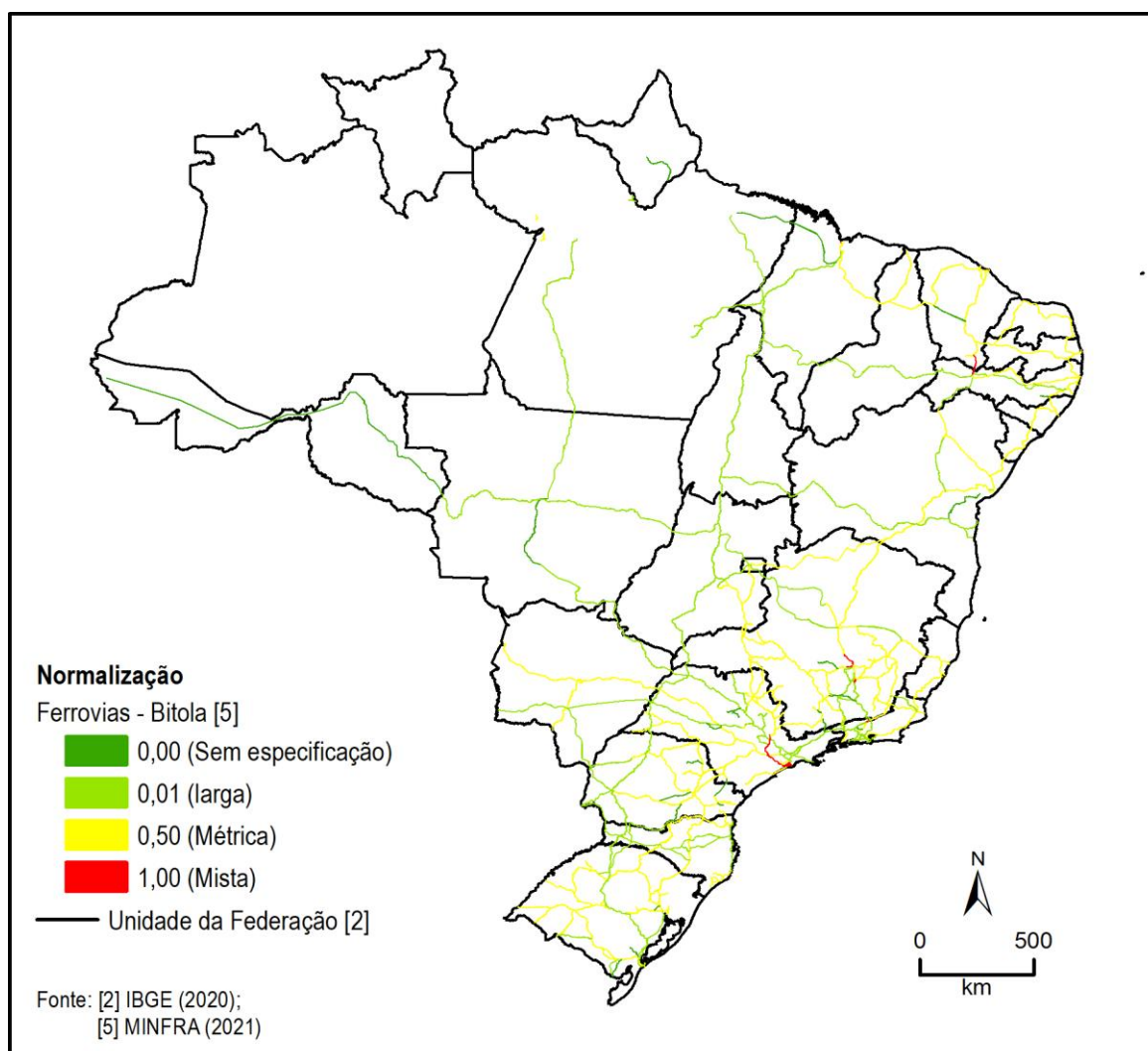
Tabela 31. Normalização do indicador Tipo de Bitola.

Tipo de Bitola	Conceito	Normalizado
1	Larga	0,01
2	Métrica	0,50

Tipo de Bitola	Conceito	Normalizado
3	Mista	1,00

Fonte: Elaboração própria (2022).

Figura 23. Mapa com a normalização da bitola das ferrovias.



Fonte: Elaboração própria (2022).

5.2.3.2. Peso da Carga

O Peso da Carga trata do peso bruto transportado, ou seja, tanto da carga quanto do material rodante. Conforme os princípios da Mecânica dos Pavimentos (Medina & Motta, 2015), quanto maior for o peso da carga transportada pelos veículos em uma ferrovia maior será a solicitação de carga sobre a infraestrutura do trecho e, conseqüentemente, mais sensível ele estará aos impactos biofísicos. Os dados do PNL referente ao peso de carga ainda não consideram os contratos de autorizações ferroviárias, visto que são recentes, ou seja, os dados do PNL têm sua base própria que é diferente em relação à base de dados cedida pela Minfra.

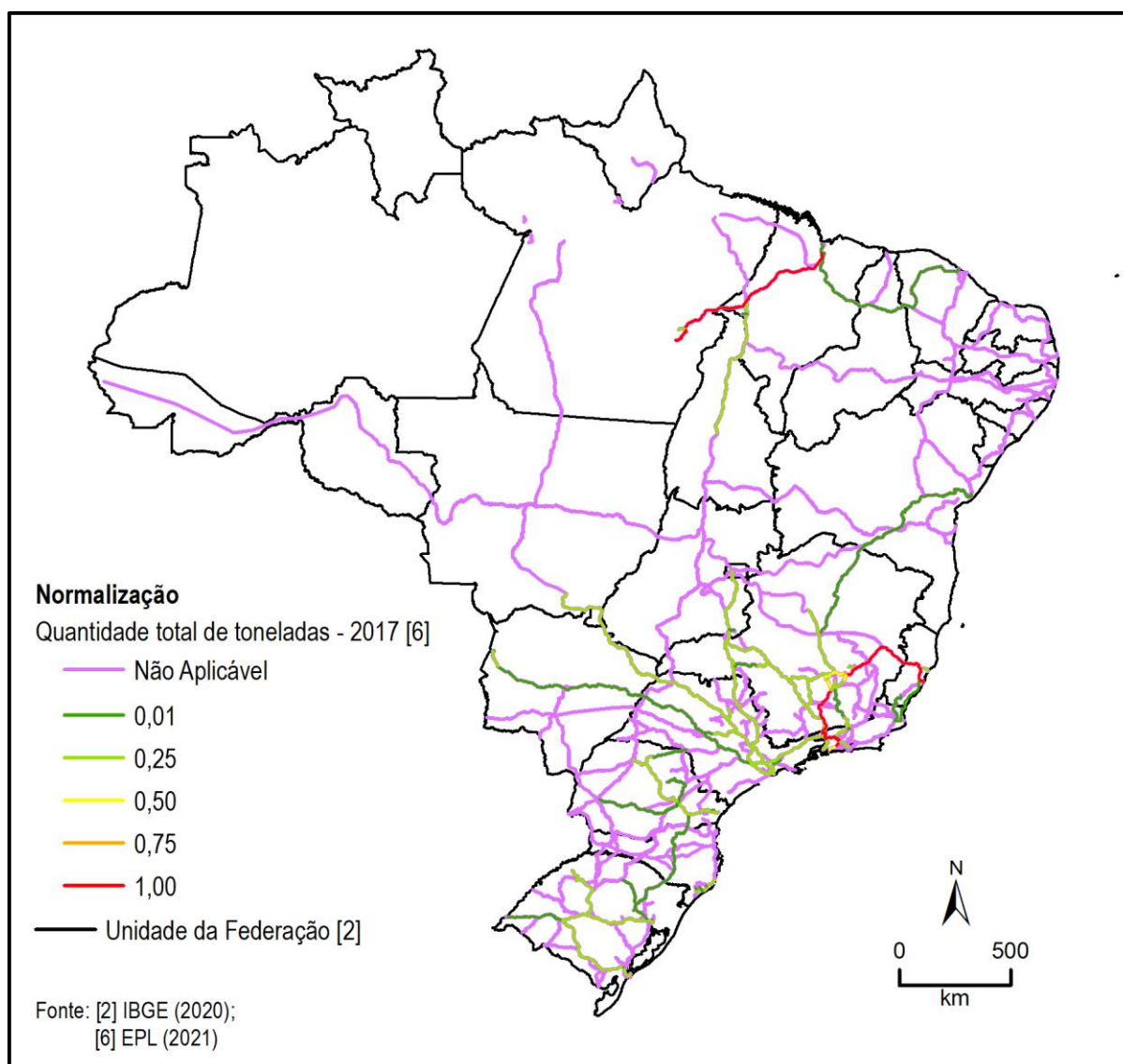
O indicador peso da carga foi normalizado utilizando o método Min-Max, conforme exposto na Tabela 32. Como observado nas linhas férreas onde foi realizado o estudo do PNL, pouco mais de um terço

dos dados estão na classe 0,01, o qual representa ferrovias que atendem quase 1,5 milhão de toneladas/ano. A classe 0,25 possui maior representatividade, alcançando 55,75% das linhas férreas, o qual responde por até 40,3 milhões de toneladas/ano. A classe 1,00 atinge 6,4% dos trechos ferroviários de acordo com o PNL, podendo suportar até 163,7 milhões de toneladas/ano. A Figura 24 apresenta a distribuição espacial da normalização do peso da carga para as ferrovias do Brasil.

Tabela 32. Normalização do indicador Peso da Carga para Ferrovias.

Normalização	Trechos (PNL)	Proporção	Faixas de Quantidade Total de Cargas (em TN)
0.01	478	33.73%	[3.703,5 - 1.487.504,1]
0.25	790	55.75%	[1.683.004,8 - 40.382.221,5]
0.50	53	3.74%	[45.775.229,4 - 74.907.188,4]
0.75	5	0.35%	[90.331.884,9 - 90.741.789,1]
1.00	91	6.42%	[123.616.128,9 - 163.735.211,6]

Figura 24. Mapa com a normalização do peso da carga para ferrovias.



Fonte: Elaboração própria (2022).

5.2.4. Ponderação dos Indicadores

Com a atribuição dos pesos, partiu-se para sua ponderação que se procedeu em conjunto com a dos indicadores de sensibilidade da infraestrutura. Dessa forma, durante a Oficina, buscou-se apresentar os resultados para os indicadores de sensibilidade da infraestrutura obtidos pelo preenchimento do Formulário I, principalmente daqueles que apresentavam índice de Simpson igual ou acima de 0,7. Além disso, nela foi disponibilizado um novo formulário, Formulário II, para realização de uma nova rodada. Os dados que continuaram discrepantes passaram por um processo de estabelecimento da ponderação em virtude da maior concentração de dados em uma dada classe.

5.2.4.1. Tipo de Bitola

Em relação ao Tipo de Bitola, por meio da Oficina e dos formulários, buscou-se identificar a relevância desse indicador para a sensibilidade das ferrovias aos impactos biofísicos considerados neste estudo. Assim, os resultados do índice Simpson e da ponderação, encontram-se na Tabela 33. Nela, nota-se

que apenas o indicador tipo de Bitola no impacto altas temperaturas não foi validado por apresentar o valor para o índice de Simpson acima de 0,70 para as duas rodadas.

Tabela 33. Visão Geral do índice de Simpson e da ponderação do Peso da Carga para cada impacto biofísico, após aplicação dos formulários I e II, modo ferroviário.

Indicador	Impacto	Simpson 1	Ponderação 1	Simpson 2	Ponderação 2
Tipo de Bitola	Erosão e assoreamento	0,64	3,3	-	-
	Deslizamento	0,64	3,1	-	-
	Altas Temperaturas	0,86	3,6	0,81	3,4

Fonte: Elaboração própria (2022).

Dessa forma, o Comitê Gestor do Estudo considerou as ponderações para os impactos de erosão e assoreamento e deslizamento da primeira rodada e a ponderação da segunda rodada para o impacto das altas temperaturas, conforme apresentado na Tabela 34.

Tabela 34. Atribuição dos pesos do indicador Tipo de Bitolas para cada impacto biofísico.

Indicador	Impacto	Peso Final
Tipo de Bitola	Erosão e assoreamento	3,3
	Deslizamento	3,1
	Altas Temperaturas	3,4

Fonte: Elaboração própria (2022).

5.2.4.2. Peso da Carga

Em relação ao peso da carga, por meio da oficina e dos formulários buscou-se identificar a relevância desse indicador para a sensibilidade das ferrovias aos impactos biofísicos considerados neste estudo. Assim, os resultados do índice de Simpson e da ponderação, das duas rodadas, encontram-se na Tabela 35. Nesse sentido, um resumo dos pesos finais é apresentado na Tabela 36.

Tabela 35. Visão Geral do índice de Simpson e da ponderação do Peso da Carga do modo ferroviário para cada impacto biofísico, após aplicação dos Formulários I e II.

Indicador	Impacto	Simpson 1	Ponderação 1	Simpson 2	Ponderação 2
Peso da Carga	Erosão e assoreamento	0,75	3,8	0,48	3,7
	Deslizamento	0,78	3,8	0,57	3,6

	Altas Temperaturas	0,80	3,7	0,67	3,3
--	--------------------	------	-----	------	-----

Fonte: Elaboração própria (2022).

Tabela 36. Atribuição dos pesos do indicador Peso da Carga do modo ferroviário para cada impacto biofísico.

Indicador	Impacto	Peso Final
Peso da Carga	Erosão e assoreamento	3,7
	Deslizamento	3,6
	Altas Temperaturas	3,3

Fonte: Elaboração própria (2022).

6. Capacidade Adaptativa

A vulnerabilidade inclui uma variedade de elementos, incluindo a sensibilidade ou a susceptibilidade a danos e a falta de capacidade para adaptar (IPCC, 2014). Já a adaptação pode ser entendida como ajustes nas características de um sistema a fim de melhorar suas habilidades em lidar com fatores estressores (Brooks, 2003). A capacidade adaptativa, de forma geral, pode ser entendida como a habilidade de um sistema em se ajustar frente à mudança climática para moderar possíveis danos e lidar com as consequências de eventos adversos (IPCC, 2007).

De acordo com Smit & Wandel (2006), a capacidade adaptativa pode ser influenciada por fatores como a habilidade gerencial, acesso à informação, recursos tecnológicos e financeiros, infraestrutura e influência política (Morais, 2019). A capacidade adaptativa para o setor de transportes envolve a existência de rotas alternativas ou diversificação de modais, que possibilitem alternativas de uso no caso de interrupção de determinados trechos de uma via, por exemplo (AdaptaClima, 2021).

A atividade de pesquisa buscou levantar informações sobre governança, planos, dentre outros, que permitiria revelar o nível das capacidades, ou seja, o nível de preparação institucional para determinada rodovia ou ferrovia no enfrentamento de problemas advindos de variações climáticas e o nível de habilidades para convívio com impactos da mudança do clima. Devido aos baixos resultados alcançados, optou-se por realizar pesquisa bibliográfica e consulta às bases de dados abertas.

Ao selecionar indicadores para o componente de capacidade adaptativa é importante considerar as capacidades de enfrentamento e de adaptação frente aos componentes dos riscos. Desta forma, a proposta apresentada ao Comitê Gestor considerou indicadores qualitativos: medidas estruturais de engenharias (hardware) e não estruturais ou de não-engenharia (software), conforme apresentado a seguir:

- Medidas Estruturais (medidas de engenharia) estão relacionadas a obras estruturais, manutenções corretivas, preventivas, sistema de drenagem, etc.
- Medidas Não Estruturais (Não-engenharia) estão relacionadas à gestão e governança, ex.: Avaliação de risco, monitoramento de dados climáticos, o Índice de Desempenho Ambiental (IDA), etc.

6.1. Bibliografia

Assim como nos demais componentes de risco climático, inicialmente, buscou-se retornar aos resultados do Produto 1 para identificar possíveis indicadores de capacidade adaptativa utilizados para transporte terrestre rodoviário e ferroviário, ou que pudessem ser aplicados, com base na literatura nacional e internacional, conforme apresentado no Anexo I. Bibliografias, Aba Capacidade Adaptativa. A partir da pesquisa bibliográfica, foram identificados indicadores de avaliação de capacidade adaptativa da infraestrutura de transportes terrestres rodoviário e ferroviário, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3. Possíveis indicadores para o modo rodoviário e ferroviário identificados a partir da revisão da literatura.

Possíveis indicadores	Contextualização	Modo	Referências
Sistemas de drenagem	Um sistema de drenagem de rodovias é o grupo de dispositivos e mecanismos projetados e construídos com o principal fim de escoar águas e evitar o seu acúmulo na estrutura do pavimento, assegurando a integridade das estradas, do subleito e do seu entorno. A drenagem é essencial para garantir a boa durabilidade da estrada e prevenir acidentes decorrentes do acúmulo de água (aquaplanagem). Um sistema de drenagem bem projetado, construído e conservado, portanto, contribui para o aumento da durabilidade do pavimento, de elementos estruturais e da integridade dos taludes de corte e aterro.	Rodoviário	DNIT (2005; 2006a; 2006b; 2010; 2016); Pereira e Rodovalho (2020)
	Após o processo de terraplenagem, se aplica o processo de drenagem, para que as correções realizadas no solo se mantenham. A drenagem é um processo que tem como objetivo escoar as águas de terrenos encharcados através de tubos, túneis, canais, valas e fossos, permitindo desta forma o trabalho de correções de nível e compactação dos solos, proporcionando base para a implantação do objeto estradal. Consiste no escoamento das águas dos terrenos onde será construído o projeto da ferrovia. A água é escoada por canos, canais, valas, fossos, tubulações, túneis, entre outros.	Ferrovário	RFF (2021)
EIA/RIMA e licenças ou autorizações ambientais	Foram considerados pontos importantes para a avaliação, pois eles consideram todos os tipos de documentos necessários para o andamento regular da obra perante os órgãos públicos, pois as licenças, os procedimentos e demais documentações são requisitos obrigatórios que as concessionárias e os órgãos públicos precisam atender ao realizar um serviço de construção ou manutenção rodoviária ou ferroviária.	Rodoviário/ Ferroviário	MMA (2005)
Plano de gerenciamento ambiental	A existência do documento é um indicador que pode trazer a representação de um conjunto de dados, sobre aspectos ambientais, onde as empresas e os órgãos públicos devem monitorar, analisar e avaliar seu desempenho ambiental a partir de indicadores. Permite a análise quantitativa das condições ambientais.	Rodoviário	DNIT (2014); Portaria Interministerial MMA/MT nº 288/2013
Norma ABNT NBR ISO 14.001:2015	Utilizada para arquitetar e verificar o processo padronizado da gestão ambiental aplicada em obras rodoviárias e ferroviárias.	Rodoviário/ Ferroviário	ABNT (2015)

Possíveis indicadores	Contextualização	Modo	Referências
	Auxilia tecnicamente nos procedimentos de Gestão Ambiental de empreendimentos viários federais.		
Programas/ Planos de Manutenção	A Norma DNIT 011/2004 - PRO, diz respeito à gestão da qualidade em obras rodoviárias do DNIT. Define conceitos da qualidade e fixa diretrizes para incorporação de procedimentos e técnicas exigíveis no planejamento, na implantação, na implementação e na verificação da gestão da qualidade em obras rodoviárias do DNIT. Fornece também meios de monitoramento à capacidade de determinado processo em atingir os objetivos da qualidade no sistema implantado. O item 5.3 "Avaliação da Qualidade" da Norma trata do nível de controle mantido pela empresa executante da obra rodoviária nas diversas fases da obra, desde o planejamento até a entrega. Divide-se em controle da produção e controle da qualidade. No Controle da Qualidade, inclui-se: - levantamento das deflexões elásticas recuperáveis, das irregularidades e das rugosidades da pista; e – controle geométrico dos dispositivos de drenagem superficial.	Rodoviário	DNIT (2004, 2005)
	Para a realização de projetos e obras ferroviárias, foram desenvolvidas normas e recomendações, apresentadas sob a forma de Procedimentos, Especificações e Instruções de Serviço Ferroviários: Procedimentos para Elaboração de EVTEA; Procedimentos para Inspeção; Especificações Técnicas de Materiais e Serviços Ferroviários - ETM - ETS; Instruções de Serviços Ferroviários; Parâmetros Indicadores de Intervenções em Áreas Urbanas - PN. Destaca-se o Programa Nacional de Segurança Ferroviária em Áreas Urbanas – PROSEFER.	Ferrovário	DNIT (2016) Glossário.doc (www.gov.br); DNIT Instruções e Procedimentos — Português (Brasil) (www.gov.br)

A respeito de sistemas de drenagem, dentre os vários efeitos nocivos à rodovia, decorrentes da ação das águas, sejam elas superficiais ou subterrâneas tem-se a redução da resistência ao cisalhamento pela saturação dos solos; variação de volume de alguns solos pelo umedecimento; destruição do atrito intergranular nos materiais granulares pelo bombeamento de lama do subleito; produção de força ascensional no pavimento, devida às pressões hidrostáticas e produção de força de arrastamento dos solos pelo fluxo a alta velocidade (DNIT, 2010).

A Diretoria de Infraestrutura Rodoviária (DIR) do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) é responsável pela manutenção, recuperação e construção de vias de transportes interurbanas federais sob jurisdição federal administradas pelo DNIT. De acordo com o Manual de Conservação do DNIT (2005), o Programa de Manutenção é agrupado conforme da seguinte forma (DNIT, s/d):

- Conservação Corretiva Rotineira: serviços para reparar ou sanar defeitos e restabelecer o funcionamento dos componentes da rodovia, propiciando conforto e segurança aos usuários (ex: roçada, limpeza e caiação de dispositivos de drenagem e tapa-buraco). O Programa PATO (Plano Anual de Trabalho e Orçamento) atende a demanda desses serviços;

- **Conservação Preventiva Periódica:** intervenções para evitar o surgimento ou agravamento de defeitos (ex: reciclagem das camadas deterioradas do pavimento e recapeamento da capa asfáltica). O Programa CREMA (Contrato de Recuperação e Manutenção) visa atender as necessidades da rodovia por meio desses serviços de manutenção estruturada; e
- **Restauração:** intervenções destinadas a restabelecer o perfeito funcionamento da infraestrutura viária, devolvendo-a às suas características técnicas originais, demandando estudos e projetos mais complexos.

Além dos tipos contratuais citados acima, o DNIT possui contratos emergenciais e do Programa PROARTE. A Conservação de Emergência contempla operações necessárias para reparar, repor, reconstruir ou restaurar trechos ou estruturas da rodovia que tenham sido seccionados, obstruídos ou danificados por um evento extraordinário, catastrófico, ocasionando a interrupção do tráfego da rodovia. O PROARTE é o programa que compreende intervenções de manutenção ou reabilitação de obras de arte especiais.

No DNIT, a Diretoria de Infraestrutura Ferroviária (DIF) é responsável pela concepção e implantação do Programa Nacional de Segurança Ferroviária em Áreas Urbanas – PROSEFER. O programa foi idealizado com o objetivo de realizar estudos e pesquisas para definir ações e intervenções de melhoramento das operações ferroviárias. Além disso, o estudo foi concebido como contribuição à redução dos impactos de interferências mútuas entre as vias ferroviárias e as vias urbanas.

Dada a dificuldade de obtenção de informações para os indicadores apresentados no Quadro 3, considerando que, dados dessa natureza não estão disponíveis para todo o território nacional, o que dificultou o desenvolvimento desta pesquisa, não foi possível reunir informações suficientes para compor uma base de dados completa. Desta forma, optou-se por utilizar o Índice de Desempenho Ambiental, que mesmo indiretamente, apresenta relações com os aspectos de interesse, em especial para o modo rodoviário.

O **Índice de Desempenho Ambiental** tem o objetivo de verificar a evolução qualitativa e o comprometimento socioambiental do setor, devendo servir de parâmetro para avaliar a eficiência e a qualidade da gestão ambiental nos empreendimentos de infraestrutura de transportes. O IDA avalia e estimula boas práticas em gestão socioambiental.

No intuito de estabelecer um sistema de medição capaz de aferir a evolução e o comprometimento ambiental do setor de transportes, em 2019 foram desenvolvidos Índices de Desempenho Ambiental (IDAs) para os modos rodoviário e ferroviário, utilizando as experiências e aprendizados obtidos com os IDAs adotados pela ANTAQ e INFRAERO.

A apuração ocorre anualmente, sob responsabilidade das agências reguladoras ANTT, ANAC e ANTAQ e se dá de forma diferenciada para cada modo de transporte, considerando as suas particularidades. Inicialmente, a participação das concessionárias no processo de avaliação do IDA Rodoviário, Ferroviário e Aeroportuário ocorre por adesão voluntária. No setor portuário essa participação é obrigatória.

O IDA rodoviário e ferroviário objetivam acompanhar e fomentar as concessionárias a executarem ações sustentáveis que visam ao desenvolvimento de empreendimentos atrelados à proteção do meio

ambiente. Além disso, auxilia a ANTT e os demais órgãos públicos na tomada de decisões para formulação de políticas e implantação de programas ambientais.

O IDA considera como critério de avaliação, as respostas ao questionário sendo resposta binária “Sim” ou “Não”. O resultado do IDA é dado pelo somatório de pontos obtidos por cada Concessionária em categoria específica. Nesse contexto, é considerado que quanto mais pontos a concessionária obtiver, melhor foi o seu desempenho. A seguir é apresentado o Índice IDA como um possível indicador de capacidade adaptativa para a infraestrutura rodoviária.

6.2 Modo Rodoviário

6.2.1 Determinação de Indicadores

Em atenção aos objetivos da Etapa 4 do Estudo AdaptaVias, buscou-se determinar indicadores de Capacidade Adaptativa para a infraestrutura rodoviária. Os indicadores são divididos em: Estruturais e Não Estruturais, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4. Proposta de indicadores de capacidade adaptativa para a infraestrutura rodoviária.

Indicador Temático de Vulnerabilidade	Indicador Simples de Capacidade Adaptativa	Impacto Biofísico que pode ser relacionado	Perguntas norteadoras/ Reflexões	Proposta de Ponderação
Medidas Estruturais	Sistemas de drenagem	Erosão/ Assoreamento/ Alagamento	Existência de sistemas de drenagem? por trecho/km?	Resposta binária “Sim” ou “Não”. Sim = 1; Não = 0.
	Manutenção da drenagem	Alagamento/ Erosão/ Assoreamento	Número de manutenções/ano	Escala de 1 a 5, dos quais 5 - muito alta; 4 - alta, 3 - média, 2 - baixa e 1 - muito baixa.
	Intervenções físicas frente à ocorrência de evento extremo	Todos	Número de intervenções/ ano	escala de 1 a 5, dos quais 5 - muito alta; 4 - alta, 3 - média, 2 - baixa e 1 - muito baixa.
	Manutenção de rodovias	Todos	Número de manutenções/ano	Escala de 1 a 5, dos quais 5 - muito alta; 4 - alta, 3 - média, 2 - baixa e 1 - muito baixa.
	Acesso alternativo	Todos	Possui acesso / rota alternativa?	Resposta binária “Sim” ou “Não”. Sim = 1; Não = 0.
Medidas Não-Estruturais: planejamento e gestão	Índice de Desempenho Ambiental – IDA	N/A	Quanto maior o IDA maior a Capacidade Adaptativa	Escala de 1 a 3, dos quais 3 - alta, 2 - média e 1 - baixa.
	Possui planejamento específico para mudança climática	Todos	Sim ou Não?	Resposta binária “Sim” ou “Não”. Sim = 1; Não = 0.
	Registros de impactos associados às mudanças climáticas	Todos	Registra os impactos? Sim ou Não?/ Número de registros/ ano	Resposta binária “Sim” ou “Não”. Sim = 1; Não = 0.
	Planos de ação emergencial/ Plano de redução de riscos/	Todos	Possui planos?	Resposta binária “Sim” ou “Não”. Sim = 1; Não = 0.

	Protocolo de evacuação			
	Monitoramento meteorológico contínuo	Todos	Realiza o monitoramento?	Resposta binária “Sim” ou “Não”. Sim = 1; Não = 0.
	Aborda mudança do clima no plano estratégico/ Adaptação e mitigação	Todos	Aborda? Sim ou Não?	Resposta binária “Sim” ou “Não”. Sim = 1; Não = 0.
	Comitê de crise/ Reuniões regulares para discutir adaptação (Plano de Adaptação)	Todos	Possui um comitê/ grupo de trabalho específico?	Resposta binária “Sim” ou “Não”. Sim = 1; Não = 0.

Fonte: Elaboração própria (2022).

(*) N/A: Não aplicável.

Indicadores conforme apresentados no Quadro 4, podem ser incluídos no Índice de Desempenho Ambiental, o que poderá trazer elementos importantes para a análise da capacidade adaptativa da infraestrutura rodoviária frente à mudança do clima, além de dar maior robustez ao IDA.

6.2.1.1 Índice de Desempenho Ambiental (IDA)

Em termos dos critérios para a seleção de indicadores, considerando a abrangência nacional, o Índice de Desempenho Ambiental para o modo rodoviário possui pouca representatividade, pois engloba apenas 5% das rodovias nacionais. Desta forma, optou-se por não o incluir no cálculo da vulnerabilidade que irá compor o Índice de Risco Climático para o presente estudo neste momento.

Vantagens para considerar o IDA como um possível indicador a compor o IRC futuramente para o modo rodoviário:

- O índice já está preparado
- São 15 parâmetros, sendo que o parâmetro 12. Infraestrutura resiliente contempla as seguintes perguntas:
 - 1) Possui ao longo da rodovia estruturas resilientes a eventos climáticos extremos (tempestades, secas, enchentes, etc.) ou outros tipos de desastres naturais (incêndios, deslizamentos de terra, etc.)? Caso positivo, especificar.
 - 2) Possui um plano de ação para mitigar vulnerabilidades e/ou aumentar a resiliência e segurança do sistema rodoviário e das comunidades locais em relação a eventos climáticos e desastres naturais?
- A cada ano tem aumentado a adesão das empresas concessionárias ao IDA. No futuro será possível alcançar uma abrangência nacional, seja pela participação de todas as empresas concessionárias e não-concessionárias voluntariamente, ou pela obrigatoriedade, caso se torne legalmente vinculante a participação destas.

Das 22 Concessionárias de Rodovias Federais em operação em 2021, 15 participaram da avaliação do IDA, ou seja, houve uma adesão de 68,18% ao IDA no ano de 2020. Sendo que apenas 9,7% das rodovias pavimentadas do país são concessionadas (ANTT, 2021).

A seguir é apresentada a classificação das concessionárias para o IDA (2020), com a pontuação total absoluta e uma proposta de análise qualitativa. O IDA é calculado com base nas respostas a partir da média ponderada. Ao total são 34 perguntas, divididas em 15 parâmetros.

6.2.2 Ponderação dos Indicadores

Com o resultado do IDA (2020), buscou-se atribuir pesos para o indicador IDA. A ponderação considerou os resultados em termos da pontuação absoluta das empresas, com a definição de intervalos de pontos que correspondem ao nível de capacidade, conforme apresentado no Tabela 37 e na Tabela 38.

Tabela 37. Classificação das concessionárias rodoviárias para o IDA (2020).

Concessionária/ Sigla	Pontuação absoluta	Proposta (qualitativa)
Concessionária de Rodovia Sul-Matogrossense S.A. - MSVia	28	Alta
Transbrasiliana Concessionária de Rodovia S.A.	28	Alta
ECO101 Concessionária de Rodovias S.A.	28	Alta
Concessionária Rota do Oeste S.A. - CRO	27	Alta
ECO050 - Concessionária de Rodovias S.A.	26	Alta
Autopista Planalto Sul S.A.	26	Alta
Concessionária das Rodovias Integradas do Sul S.A. - ViaSul	25	Alta
Autopista Fernão Dias S.A.	25	Alta
Autopista Régis Bittencourt S.A.	25	Alta
Autopista Litoral Sul S.A.	25	Alta
Concessionária Ponte Rio Niterói S.A - ECOPONTE	25	Alta
Empresa Concessionária de Rodovias do Sul S.A - ECOSUL	24	Média
Autopista Fluminense S.A.	23	Média
Concessionária da Rodovia Presidente Dutra S.A - NOVADUTRA	22	Média
Concessionária BR-040 S.A. - Via040	18	Média

Fonte: Elaboração própria (2022).

O nível de capacidade adaptativa foi apresentado por conceitos variando entre: baixo, médio e alto, conforme apresentado na Tabela 38.

Tabela 38. Proposta de normalização do indicador IDA rodoviário.

Capacidade Adaptativa (IDA)	Conceito	Intervalo (pontos)	Normalizado
3	Alta	25 - 34	0,5
2	Média	11 - 24	0,25
1	Baixa	0 - 10	0,01

Fonte: Elaboração própria (2022).

6.2.3. Análise qualitativa

O setor rodoviário também é altamente afetado pela mudança climática, principalmente devido ao aumento da precipitação ou eventos extremos, afetando os sistemas de drenagem local. Dessa forma, os impactos previstos no transporte terrestre são: o aumento da inundação de estradas, pontes baixas e túneis; aumento da frequência e da gravidade do transbordamento do sistema de drenagem; aumento da inundação de rotas de evacuação; atrasos e interrupções de tráfego de veículos; maior incidência de deslizamentos de terra e erosão; lavagem das sustentações das pontes (encabeçamentos) e umidade nas fendas (juntas), com deterioração da estrutura e deslocamento de tabuleiros; destruição de sinalização de rodovias e pontes (FEAM, 2014; De Castro, 2021).

Considerando que o indicador proposto de capacidade adaptativa não possui abrangência nacional, pois, atualmente, apenas participam voluntariamente do IDA as empresas concessionárias de rodovias, que em 2021 representou apenas 9,7% das rodovias pavimentadas do país, conforme destacado anteriormente.

Das concessionárias que participaram do IDA (2020), a capacidade adaptativa variou entre média e alta, conforme apresentado na Tabela 38. Cabe ressaltar que esta foi uma proposta de análise qualitativa de capacidade adaptativa e pode não representar da melhor forma a realidade. O ideal é que, no futuro, o IDA também seja incorporado pelo DNIT e revisado de modo que sejam incorporados outros indicadores mais específicos relacionados às mudanças climáticas. Também seria importante que a participação das instituições/ empresas fosse compulsória, assim como já ocorre no IDA portuário.

6.3 Modo Ferroviário

6.3.1 Determinação de indicadores

Em atenção aos objetivos da Etapa 4 do Estudo AdaptaVias, buscou-se determinar indicadores de Capacidade Adaptativa para a infraestrutura ferroviária divididos em: Estruturais e Não Estruturais, conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5. Proposta de indicadores de capacidade adaptativa para a infraestrutura ferroviária.

Indicador Temático de Vulnerabilidade	Indicador Simples de Capacidade Adaptativa	Impacto Biofísico que pode ser relacionado	Perguntas norteadoras/ Reflexões	Proposta de Ponderação
Medidas Estruturais	Sistemas de drenagem	Erosão/ Assoreamento/ Alagamento	Existência de sistema de drenagem? por trecho/km?	Resposta binária “Sim” ou “Não”. Sim = 1; Não = 0.
	Manutenção da drenagem	Alagamento/ Erosão/ Assoreamento	Número de manutenções/ano	Escala de 1 a 5, dos quais 5 - muito alta; 4 - alta, 3 - média, 2 - baixa e 1 - muito baixa.
	Intervenções físicas frente à ocorrência de evento extremo	Todos	Número de intervenções/ ano	escala de 1 a 5, dos quais 5 - muito alta; 4 - alta, 3 - média, 2 - baixa e 1 - muito baixa.
	Manutenção de ferrovias	Todos	Número de manutenções/ano	Escala de 1 a 5, dos quais 5 - muito alta; 4 - alta, 3 - média, 2 - baixa e

				1 - muito baixa.
	Acesso alternativo	Todos	Possui acesso / rota alternativa	Resposta binária “Sim” ou “Não”. Sim = 1; Não = 0.
Medidas Não-Estruturais: planejamento e gestão	Índice de Desempenho Ambiental – IDA	N/A	Quanto maior o IDA maior a Capacidade Adaptativa	Escala de 1 a 3, dos quais 3 - alta, 2 - média e 1 - baixa.
	Possui planejamento específico para mudança climática	Todos	Sim ou Não?	Resposta binária “Sim” ou “Não”. Sim = 1; Não = 0.
	Registros de impactos associados às mudanças climáticas	Todos	Registra os impactos? Sim ou Não?/ Número de registros/ano	Resposta binária “Sim” ou “Não”. Sim = 1; Não = 0.
	Planos de ação emergencial/ Plano de redução de riscos/ Protocolo de evacuação	Todos	Possui planos?	Resposta binária “Sim” ou “Não”. Sim = 1; Não = 0.
	Monitoramento meteorológico contínuo	Todos	Realiza o monitoramento?	Resposta binária “Sim” ou “Não”. Sim = 1; Não = 0.
	Aborda mudança do clima no plano estratégico/ Adaptação e mitigação	Todos	Aborda? Sim ou Não?	Resposta binária “Sim” ou “Não”. Sim = 1; Não = 0.
	Comitê de crise/ Reuniões regulares para discutir adaptação (Plano de Adaptação)	Todos	Possui um comitê/ Grupo de trabalho específico?	Resposta binária “Sim” ou “Não”. Sim = 1; Não = 0.

Fonte: Elaboração própria (2022).

(*) N/A: Não aplicável.

6.3.1.1 Índice de Desempenho Ambiental

O Indicador Ambiental Ferroviário (IAF), que mede o Índice de Desempenho Ambiental (IDA), tem como objetivo monitorar e acompanhar as concessionárias ferroviárias, ao longo do tempo, no que se refere à execução de ações sustentáveis que visam ao desenvolvimento de empreendimentos atrelados à proteção do meio ambiente, auxiliando na tomada de decisão para formulação de políticas e implantação de programas ambientais.

De acordo com a ANTT são 15 concessionárias no total, sendo que 11 participaram do IDA (2020), representando 86,6%. Por ser um índice relativamente novo, a série histórica existente é de 2019 a 2021.

Vantagens para considerar o IDA ferroviário como um possível indicador a compor o IRC futuramente:

- O índice já está preparado
- Critério de avaliação: binária “Sim” ou “Não” (simplificado)
- O índice inclui questões como:

- 1) Executa ações de prevenção de ocorrências ambientais?
- 2) Mantém atualizado o licenciamento ambiental no SIGESA?
- 3) Realizou instalações voluntárias de equipamentos para prevenção de acidentes?

O Sistema de Gestão de Licenciamento Ambiental (SIGESA) é um sistema que tem como objetivo auxiliar as entidades vinculadas ao Ministério da Infraestrutura na gestão dos processos de licenciamento ambiental de seus empreendimentos. É uma ferramenta desenvolvida pela Secretaria Nacional dos Transportes Terrestres em parceria com a Coordenação-Geral de Tecnologia da Informação (MInfra).

Contudo, precisam ser incluídos outros indicadores mais específicos para vulnerabilidade da infraestrutura frente à mudança do clima e que permitam avaliar a capacidade ou não de lidar com as ameaças climáticas.

O IDA poderia ser revisado de modo a atender questões sobre a governança e planejamento específico para a mudança climática, servindo assim como um indicador mensurável para compor o índice de vulnerabilidade e entrar no cálculo do Índice de Risco Climático.

6.3.2 Ponderação do Indicador

Com o resultado do IDA (2020), buscou-se atribuir pesos para o indicador IDA. A ponderação considerou os resultados em termos da pontuação absoluta das empresas, com a definição de intervalos de pontos que correspondem ao nível de capacidade adaptativa, conforme apresentado na Tabela 39.

Tabela 39. Classificação das concessionárias ferroviárias para o IDA (2020).

Concessionária/ Sigla	Pontuação absoluta	Proposta (qualitativa)
VALE-EFVM	42	Alta
VALE-EFC	41	Alta
Rumo Malha Sul S.A - RMS	41	Alta
Rumo Malha Paulista S.A – RMP	40	Alta
Rumo Malha Oeste S.A – RMO	40	Alta
Rumo Malha Norte S.A – RMN	40	Alta
MRS Logística S.A – MRS	38	Alta

Ferrovia Tereza Cristina S.A – FTC	38	Alta
Ferrovia Centro-Atlântica – FCA	30	Média
Ferrovia Norte Sul – FNS	29	Média

Fonte: Elaboração própria (2022).

O nível de capacidade adaptativa foi apresentado por conceitos variando entre: baixo, médio e alto. A Tabela 40. apresenta uma proposta de normalização para o IAF/ IDA ferroviário. No IDA, o IAF é calculado com base nas respostas a partir da média ponderada. Ao total são 51 perguntas, divididas em oito dimensões. Com base no valor de IAF obtido, as concessionárias são classificadas em três classes:

- Classe A: valor de IAF maior ou igual a 0,9
- Classe B: valor de IAF entre 0,7 e 0,9.
- Classe C: valor de IAF entre 0,5 e 0,7.

Tabela 40. Proposta de normalização do indicador IDA ferroviário.

Capacidade Adaptativa	Conceito	Intervalo IAF	Intervalo adotado	Normalizado
3	Alta	> ou = a 0,9	35 -51	0,5
2	Média	0,7 - 0,9	18 - 34	0,25
1	Baixa	0,5 - 0,7	0 - 17	0,01

Fonte: Elaboração própria (2022).

6.3.3. Análise qualitativa

Das concessionárias que participaram do IDA (2020), a capacidade adaptativa variou entre média e alta conforme apresentado na Tabela 40. Cabe ressaltar que esta foi uma proposta de análise qualitativa de capacidade adaptativa e pode não representar a realidade. O ideal é que, no futuro, o IDA seja revisado de modo que possa ser incorporada uma dimensão “Risco climático” ou “Adaptação à mudança climática” e que sejam incorporados outros indicadores mais específicos relacionados à mudança climática, incluindo governança climática, disponibilidade de dados e acesso à informação, recursos tecnológicos e financeiros e infraestrutura. Também seria ideal que a participação das instituições/ empresas fosse compulsória.

7. Conclusões

O presente documento - Produto 4 - ANÁLISE DE VULNERABILIDADE E EXPOSIÇÃO DA INFRAESTRUTURA FEDERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES-, descreveu o processo de coleta de dados e seleção de indicadores para exposição, sensibilidade do meio biofísico, sensibilidade da infraestrutura e capacidade adaptativa, de acordo com os critérios estabelecidos: dado em formato adequado, de abrangência nacional e georreferenciado ou passível de ser georreferenciado. Ao final, foi realizada a ponderação e normalização dos indicadores propostos, com o apoio do comitê gestor e com base na consulta aos especialistas em infraestrutura rodoviária e ferroviária.

Com relação às lacunas e limitações do estudo, cabe ressaltar a dificuldade de obtenção/aceso aos dados (dados requeridos e não disponibilizados pelas instituições consultadas), como também o fato de que grande parte dos dados obtidos estarem em formato inadequado (fora de padrão e/ou incompleto, não georreferenciado e sem abrangência nacional), o que demandou tempo adicional na análise e, quando aplicável, no processamento das bases de dados disponíveis.

Destaca-se como principal lacuna de dados, os de responsabilidade do DNIT, considerando que a administração da malha rodoviária federal não concedida é realizada por esta autarquia federal, no caso da infraestrutura rodoviária. Vale ressaltar também que, em Estados como São Paulo, com grande número de rodovias concessionadas, os dados de infraestrutura se mostraram pulverizados e despadronizados entre as empresas.

No caso das ferrovias, a dificuldade se deu na obtenção de dados, a partir da disponibilização destes por parte das empresas concessionárias, o que também dificultou a construção de uma base consolidada, visto que algumas não enviaram os dados solicitados, seja pela não disponibilidade ou por questões relativas à governança. Um exemplo pode ser a predominância de valores muito baixos de OAEs/km, que gerou uma dificuldade em se obter a melhor representatividade em mapas.

Desse modo, foram identificadas lacunas em termos da disponibilidade de dados de indicadores sobre ameaça, exposição e vulnerabilidade (sensibilidade e capacidade adaptativa), que poderiam representar melhor o risco climático para rodovias e para ferrovias.

Em termos de recomendações, para o modo rodoviário, sugere-se considerar a disponibilidade de dados de:

- 1) informações padronizadas, tanto para vias concessionadas, quanto para vias não concessionadas, sobre FWD (Falling Weight Deflectometer), IGG (Índice de Gravidade Global), IRI (International Roughness Index), que buscam avaliar a condição estrutural de pavimentos;
- 2) intervenções no trecho rodoviário assim como planos de manutenção contendo informações sobre os trechos historicamente mais críticos;
- 3) monitoramento e localização de OAE (pontes e viadutos), com idade do ativo, altura e vão livre, patologias apontadas na avaliação estrutural e grau/nota estrutural. Sugere-se que seja avaliado junto ao DNIT a viabilidade de tornar público o acesso aos dados do Sistema de Gestão de Obras de Artes Especiais - SGO (<https://www.gov.br/dnit/pt-br/servicos/sistemas-gerenciais/sgo>);
- 4) monitoramento e localização dos dispositivos de drenagem (bueiros, caixas de passagem, descidas d'água, etc.) com idade do ativo, patologias apontadas na avaliação estrutural e grau/nota estrutural;
- 5) Aperfeiçoar o indicador IDA, de forma a incorporar aspectos relevantes para a análise de risco climático e torná-lo mandatório.

No modo ferroviário, sugere-se considerar a disponibilidade de dados de:

- 1) intervenções no trecho assim como planos de manutenção contendo informações sobre os trechos historicamente mais críticos;
- 2) dados de monitoramento de via permanente, como geometria os quais também são indicadores de sensibilidade e exposição;
- 3) dados de monitoramento de OAE (pontes e viadutos), que possuam a idade do ativo, vão livre, altura, tipo de estrutura, patologias apontadas na avaliação estrutural, os quais também são indicadores de sensibilidade e exposição. Sugere-se que seja avaliado junto ao DNIT a

viabilidade de tornar público o acesso aos dados do Sistema de Gestão de Obras de Artes Especiais - SGO (<https://www.gov.br/dnit/pt-br/servicos/sistemas-gerenciais/sgo>);

- 4) dados de operação e caracterização da infraestrutura ferroviária - de Rampa máxima (%) e Raio de curva (metros) que podem demonstrar áreas com maior sensibilidade às mudanças climáticas; e
- 5) velocidade máxima autorizada, assumindo que a diminuição histórica do VMA pode ser inferida como problemas na infraestrutura, levando ao aumento da sensibilidade;
- 6) Aperfeiçoar o indicador IDA, de forma a incorporar aspectos relevantes para a análise de risco climático e torná-lo mandatório.

Em resumo, as respostas às perguntas norteadoras do Termo de Referência para a Etapa 4 do estudo AdaptaVias, são apresentadas na Seção 7.1 a seguir.

7.1 Respostas às Perguntas Norteadoras

PN4.1 - “Quais dados sobre sensibilidade, capacidade adaptativa e exposição existem e estão disponíveis?”

R= Existem dados, contudo, em geral, estes não são disponibilizados em formato adequado, estão desorganizados e muitas vezes não estão georreferenciados, e não possuem uma abrangência nacional. A partir da revisão da literatura e acesso a bases de dados abertas e fechadas, foi possível selecionar indicadores de exposição, sensibilidade do meio biofísico, sensibilidade da infraestrutura e de capacidade adaptativa da infraestrutura de transporte terrestre rodoviário e ferroviário. A seleção de indicadores engloba desde a coleta de dados até a ponderação desses indicadores, para compor o Índice de Risco Climático. Os dados disponíveis e utilizados no Produto 3 estão apresentados, por tipo de impacto biofísico e modo de transporte, no Anexo IV - Tabela Indicadores (Níveis) e no Anexo V - Figuras dos Indicadores Hierarquizados.

PN4.2 - “Qual é o nível de sensibilidade, capacidade adaptativa e exposição da infraestrutura federal de transporte terrestre às ameaças climáticas, e quais as regiões mais críticas?”

R= O nível de sensibilidade, capacidade adaptativa e exposição varia de acordo com o tipo de ameaça, a localização do ativo, etc. Foi definido que serão utilizados 5 níveis, conforme metodologia adotada no AdaptaBrasil: muito baixo, baixo, médio, alto a muito alto.

A análise do grau de vulnerabilidade, o que inclui o nível de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa e regiões mais críticas, será aprofundada na Etapa 5, onde será calculado o Índice de Risco Climático. Com os mapas elaborados no Produto 4 para os indicadores normalizados, já é possível verificar que as regiões sudeste e sul são vulneráveis a inundações e alagamentos, por exemplo. São regiões onde são mais adensadas em termos de infraestrutura disponível.

A integração de um Sistema de Informações Geográficas e modelagem climática tem o potencial de facilitar a análise de sensibilidade de forma interativa e os resultados podem ser visualizados num contexto espacial. Assim, os efeitos de mudanças feitas pelos parâmetros de entrada do modelo podem ser vistos espacialmente.

Os riscos climáticos afetam diretamente os ativos físicos da infraestrutura de transportes terrestres rodoviário e ferroviário. As análises de sensibilidade, capacidade e exposição foram feitas para os indicadores selecionados com as variáveis do dado de entrada, em escala georreferenciada. O grau irá

variar justamente em função da ponderação, com o resultado da normalização do indicador e a localização georreferenciada, conforme apresentado nos Anexos VI e VII.

PN4.3 - “Quais são as características técnicas mais relevantes de cada tipo de infraestrutura estudado (p.ex., tipo de pavimento, asfalto) que podem ser afetadas pelas ameaças climáticas?”

Quanto a esse questionamento, acredita-se que a revisão bibliográfica, iniciada no Produto 1 e aprimorada no presente relatório, permite identificar as características técnicas mais relevantes para analisar a exposição e a vulnerabilidade da infraestrutura de transporte terrestres. Por exemplo, a idade dos ativos de infraestrutura de transporte terrestre, representado pelas rodovias, ferrovias, OAEs e OACs, constituem-se em um importante indicativo de sensibilidade. Isto porque tende-se a inferir que quanto maior o tempo de uso das estruturas, maior será a sua sensibilidade aos impactos das ameaças climáticas, mesmo diante das devidas intervenções de manutenção. Já tratando sobre os dados que possam representar o grau de sensibilidade da infraestrutura, é possível mencionar as séries históricas de danos, como histórico de monitoramento quanto à fissuração, fadiga, quebra e deterioração estrutural (pontes, pavimentos, trilhos, dormentes, etc.), histórico de descalçamento de pilares de pontes por erosão, histórico de sobrecarga dos sistemas de drenagem, se mostrando relevantes para as análises de vulnerabilidade.

Para rodovias, outro aspecto importante é o tipo de revestimento: flexível, semirrígido e rígido, sendo o pavimento flexível mais suscetível quanto aos critérios de altas temperaturas. Além disso, se estas vias foram construídas com emprego de algum tipo de tratamento superficial (constituído por uma ou mais aplicações de ligante asfáltico, modificado ou não por polímero e uma ou mais aplicações sucessivas e alternadas de agregado mineral), a sensibilidade será maior quando comparado com as soluções iniciais. Por fim, as rodovias sem aplicação de material que proteja as camadas de base e sub-base são as que possuem maior sensibilidade, representadas pelas não pavimentadas e planejadas. Entretanto, os dados utilizados para representar os indicadores de sensibilidade de rodovias brasileiras precisaram ter abrangência territorial suficiente e serem georreferenciados. Dessa forma, trabalhou-se, para rodovias, com indicadores como o tipo de rodovia, que indica que rodovias pavimentadas são menos sensíveis do que as rodovias não pavimentadas ou planejadas, que não possuem uma camada de proteção inclusive quanto à umidade (chuvas e alagamento), bem como o ICS (desenvolvido em função de IRI e IGG), indicando que quanto maior for esse valor (alta qualidade) menor é a sensibilidade.

No que se refere ao modo ferroviário, as informações sobre as características técnicas mais relevantes que podem ser associadas às ameaças climáticas basearam-se principalmente no levantamento bibliográfico nacional e internacional. Em síntese, o item mais impactado trata do trilho sendo o tipo de ligação entre esses elementos o principal fator de sensibilidade diante das altas temperaturas. As ligações feitas com soldas são mais sensíveis do que as ligações feitas com talas, visto que a primeira técnica não permite os movimentos de dilatação e retração. Elementos que tratam da condição da geometria da via permanente também podem indicar uma maior sensibilidade da infraestrutura e os dados de monitoramento permitiriam uma análise mais profunda. Contudo, diante da indisponibilidade das informações, foram trabalhados os dados de geometria (bitola), operação/solicitação de carga (peso da carga e volume dos veículos) e a localização do trecho ferroviário.

Tendo sido finalizada a Etapa 4, os esforços da equipe de consultoria serão empreendidos no cálculo do Índice de Risco Climático, com as análises dos riscos climáticos e elaboração dos mapas finais (Etapa 5) e a identificação das medidas de adaptação (Etapa 6), onde serão elencadas as medidas estruturais e não-estruturais necessárias para adaptar a infraestrutura rodoviária e ferroviária nacional frente à mudança climática.

8. Referências da Base de Dados Cartográficos

[1] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), 2021. Base de dados da malha rodoviária federal do Sistema Nacional de Viação (SNV). Formato *Shapefile*. Base cedida para uso do presente estudo. Acesso em 2021.

[2] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2020. Base de dados dos Limites das Unidades Federativas do Brasil. Formato Shapefile. Acesso em Abril de 2021. Link de acesso: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html?edicao=30138&t=acesso-ao-produto>

[3] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), 2018. Obras de Arte Especiais. Acesso pelo Visualizador de Informações Geográficas (VGEO) em outubro de 2021. Link de acesso: <http://servicos.dnit.gov.br/vgeo/>

[4] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), 2020. Volumetria Média Diária Anual. Planilha com dados de 2020 e georreferenciada pelo código SNV de cada trecho rodoviário. Acesso em 2021.

[5] Ministério da Infraestrutura (MINFRA), 2021. Base de dados da malha ferroviária nacional. Formato Shapefile. Base cedida para uso do presente estudo. Acesso em 2021.

[6] Empresa de Planejamento e Logística (EPL), 2021. Plano Nacional de Logística 2035. Base de dados em formato *shapefile*. Utilização do cenário base para 2017. Acesso em Outubro de 2021. Link de acesso: <https://www.epl.gov.br/plano-nacional-de-logistica-pnl>

[7] Agência Nacional de Águas (ANA), 2014. Atlas de Vulnerabilidade a Inundações. Base de dados em formato *shapefile*. Superintendência de Usos Múltiplos e Eventos Críticos (SUM). Acesso em Outubro de 2021.

[8] Embrapa Solos, 2020. Mapa de Erodibilidade dos Solos à Erosão Hídrica do Brasil. Base de dados em formato *shapefile*. Acesso em outubro de 2021.

[9] Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2010. Mapa de Declividade do Brasil. Base de dados em formato raster (tiff). Acesso em maio de 2021.

[10] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2018. Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra. Base de dados em formato *shapefile*. Acesso em maio de 2021. Link de acesso: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra/15831-cobertura-e-uso-da-terra-do-brasil.html?=&t=downloads>

[11] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2019. Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil. Base de dados em formato shapefile. Macrocaracterização dos Recursos Naturais do Brasil. Acesso em maio de 2021.

[12] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), 2018. Índice de Condição de Superfície. Acesso pelo Visualizador de Informações Geográficas (VGEO) em outubro de 2021. Link de acesso: <http://servicos.dnit.gov.br/vgeo/>

9. Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Atlas da Vulnerabilidade a Inundações. 2014. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/2cfa808b-b370-43ef-8107-5c3bfd7acf9c/attachments/Atlas_de_Vulnerabilidade_a_Inundaes.pdf

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. ANTT divulga Índices de Desempenho Ambiental (IDA) de 2021. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/antt-divulga-indices-de-desempenho-ambiental-ida-de-2021>

ANTAQ. 2021. Impactos e riscos da mudança do clima nos portos públicos costeiros brasileiro. Sumário Executivo.

ARENT, D. J. et al. Key economic sectors and services. In: FIELD, C. B. et al. (Eds.). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, NY: Cambridge University Press, p. 50, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14001: Sistema da gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

AZEVEDO, Joel Solon Farias. Técnica Delphi um Guia Passo a Passo. Disponível em: <<http://www.joelazevedo.com.br/?p=1900>>. Acesso em: 21/ 01/2022.

ADAPTACLIMA, 2021. Disponível em: <<http://adaptaclima.mma.gov.br/>>. Acesso em: 23/01/2022.

BALIJEPAI, Chandra; OPPONG, Olivia. Measuring vulnerability of road network considering the extent of serviceability of critical road links in urban areas. Journal of Transport Geography, v. 39, p. 145-155, 2014.

BARRETO, Naurinete JC et al. Multivariate intraseasonal rainfall index applied to South America. Meteorological Applications, v. 26, n. 4, p. 521-527, 2019.

BARRETO, Naurinete JC et al. Maximum covariance analysis to identify intraseasonal oscillations over tropical Brazil. Climate Dynamics, v. 49, n. 5, p. 1583-1596, 2017.

BRASIL. Ministério dos Transportes – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem. - 2. ed. - Rio de Janeiro, 2005. 133p. (IPR. Publ., 715).

BRASIL. Ministério dos Transportes – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Manual de drenagem de Rodovias. - 2. ed. - Rio de Janeiro, 2006a. 333p. (IPR. Publ., 724).

BRASIL. Ministério dos Transportes – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Diretrizes básicas para estudos e projetos rodoviários: escopos básicos / instruções de serviço. - 3. ed. - Rio de Janeiro, 2006b. 484p. (IPR. Publ., 726)

BRITISH COLUMBIA - MINISTRY OF TRANSPORTATION AND INFRASTRUCTURE. Climate change engineering vulnerability Assessment. B.C. Yellowhead Highway 16 between Vanderhoof and Priestly Hill, 2011.

BONAZOUNTAS, Marc et al. A decision support system for managing forest fire casualties. Journal of Environmental Management, v. 84, n. 4, p. 412-418, 2007.

CASTRO, Ana Gabriela Pena de. Avaliação da vulnerabilidade e da capacidade adaptativa às mudanças climáticas das cidades da Região dos Inconfidentes-Minas Gerais. 2021.

CIRIANNI, Francis et al. Analysis of lifelines transportation vulnerability. Procedia-Social and Behavioral Sciences, v. 53, p. 29-38, 2012.

DNIT. Relatório de Atualização do PROSEFER Metodologia. 2019. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/ferrovias/prosefer/rel_metodologia.pdf

DNIT. Parâmetros Indicadores de intervenções em Áreas Urbanas - DNIT. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/ferrovias/instrucoes-e-procedimentos/parametros-indicadores-de-intervencoes-em-areas-urbanas-pn/parametros-indicadores-de-intervencoes-em-areas-urbanas.pdf> >.

DNIT. Glossário de Termos Ferroviários. 2016. Disponível em : <Glossário.doc (www.gov.br)>.

DNIT. Plano Básico Ambiental – PBA. 2014. Disponível em: Rodovias [Federais - Obras Públicas - Estudos — Português \(Brasil\) \(www.gov.br\)](https://www.gov.br/rodovias/pt-br/obras-publicas-estudos-portugues-brasil)>.

EMBRAPA. Metodologia para Avaliação de Impactos de Mudanças Climáticas na Demanda de Água para a Agricultura Irrigada em Nível de Bacia Hidrográfica, 2011. Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/917394/1/DOC11012.pdf>>.

ERTMAN, S., Ertman, J., & Zakharov, D. (2016). Adaptation of urban roads to changing of transport demand. In E3S Web of Conferences (Vol. 6, p. 01013). EDP Sciences.

ESPINET, Xavier et al. Planning resilient roads for the future environment and climate change: Quantifying the vulnerability of the primary transport infrastructure system in Mexico. Transport Policy, v. 50, p. 78-86, 2016.

FAUSTINO, Jenifer Cicera dos Santos. Capacidade adaptativa: um estudo sobre as comunidades rurais localizadas em áreas suscetíveis à desertificação no semiárido da Paraíba. 2016. 109 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

FEAM. Estudo de Vulnerabilidade Regional às Mudanças Climáticas de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014. 139 p.

FERREIRA, Daniele Gomes; ASSIS, Eleonora Sad de; KATZSCHNER, Lutz. Construção de um mapa climático analítico para a cidade de Belo Horizonte, Brasil. Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 9, p. 255-270, 2017.

GIZ, EURAC & UNU-EHS. Climate Risk Assessment for Ecosystem-based Adaptation – A guidebook for planners and practitioners. Bonn: GIZ, 2018.

HACON, S. et al. (2016). Vulnerabilidade, riscos e impactos das mudanças climáticas sobre a saúde no Brasil. Modelagem climática e vulnerabilidades Setoriais à mudança do clima no Brasil. Brasília, DF, Brasil: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil: Primeira Aproximação. 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101684>

ISHTIAQUE, Asif et al. IPCC's current conceptualization of 'vulnerability' needs more clarification for climate change vulnerability assessments. Journal of Environmental Management, v. 303, p. 114246, 2022.

IPCC, 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. International Panel on Climate Change.

IPCC WGII. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, 2014.

KNOTT, Jayne F. et al. Adaptation planning to mitigate coastal-road pavement damage from groundwater rise caused by sea-level rise. Transportation Research Record, v. 2672, n. 2, p. 11-22, 2018.

KNOTT, Jayne F. et al. A framework for introducing climate-change adaptation in pavement management. Sustainability, v. 11, n. 16, p. 4382, 2019.

KOETSE, Mark J.; RIETVELD, Piet. The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 14, n. 3, p. 205-221, 2009.

LI, Xing et al. GIS-based methodology for erosion risk assessment of the muddy coast in the Yangtze Delta. Ocean & Coastal Management, v. 108, p. 97-108, 2015.

JHA, Dilip Kumar et al. Indicator based assessment of integrated flood vulnerability index for Brunei Darussalam. International Journal of Disaster Risk Management, v. 2, n. 2, p. 47-70, 2020.

LEITE, D. F., et al. Indicadores Para Avaliação de Desempenho Ambiental de Rodovias Concessionadas. 32º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte (ANPET), 2018.

MARTINS, Karoline Angélica et al. The influence of climate change on coastal erosion vulnerability in northeast Brazil. Coastal Engineering Journal, v. 59, n. 2, p. 1740007-1-1740007-25, 2017.

MDR (2017). Adaptação às Mudanças Climáticas na Mobilidade Urbana. Estudo Técnico.

MINFRA. (2019). Rodovias Federais. Disponível em: <https://antigo.infraestrutura.gov.br/rodovias-brasileiras.html>

MMA. Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais relacionados às secas no contexto da mudança do clima / Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Integração Nacional, WWF-Brasil. – Brasília, DF: MMA, 2017.

MMA. 2013. Portaria Interministerial MMA/MT nº 288/ 2013, que instituiu o Programa de Rodovias Federais Ambientalmente Sustentáveis – PROFAS. Disponível em: <[portaria2882013-pdf\(www.gov.br\)](http://portaria2882013-pdf(www.gov.br))>.

MMA. Portal Nacional de Licenciamento Ambiental PNLA. 2005. Disponível em: <[Etapas do licenciamento - PNLA - Portal Nacional de Licenciamento Ambiental \(mma.gov.br\)](http://Etapas_do_licenciamento_-_PNLA_-_Portal_Nacional_de_Licenciamento_Ambiental(mma.gov.br))>.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportation: Special Report 290. Washington, DC: The National Academies Press, 2008. doi:10.17226/12179

NEDER, E. A. et al. Urban adaptation index: assessing cities readiness to deal with climate change. Climatic Change, v. 166, n. 1–2, p. 16, 2021.

NEMRY, F. & H. DEMIREL. Impacts of Climate Change on Transport: A Focus on Road and Rail Transport Infrastructures. JRC Scientific and Policy Reports, European Commission, Joint Research Centre, and Institute for Prospective Technological Studies, Publications Office of the European Union, Luxembourg, Technological Studies, Publications Office of the European Union, Luxembourg, Luxembourg, 89 pp, 2012.

NEUMANN, James E. et al. Climate change risks to US infrastructure: impacts on roads, bridges, coastal development, and urban drainage. Climatic Change, v. 131, n. 1, p. 97-109, 2015. doi:10.1007/s10584-013-1037-4.

ONTL. Observatório Nacional de Logística e Transporte. Relatório de Definição do Conjunto de Painéis de Indicadores Produto 6.5–a, 151291-INE-00-XX-RP-PE-CN-A-021-P2, 99pp, 2018. Disponível em: <https://www.epl.gov.br/html/objects/downloadblob.php?cod_blob=6593>. Acesso em 10/12/2021.

PALIN, E. J., Stipanovic Oslakovic, I., Gavin, K., & Quinn, A. (2021). Implications of climate change for railway infrastructure. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 12(5), e728.

PARF - PLANO DE ADAPTAÇÃO DE RODOVIAS FEDERAIS E DESASTRES NATURAIS RECORRENTES. Monitoramento do Plano de Manutenção Rodoviária. Relatório Parcial - Volume II, 2017.

PBMC. Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. . [S.l.]: COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro. , 2014.

Pereira e Rodvalho (2020)

REID, C. E. et al. Mapping Community Determinants of Heat Vulnerability. 2009.

ROWAN, Emily et al. Indicator approach for assessing climate change vulnerability in transportation infrastructure. *Transportation Research Record*, v. 2459, n. 1, p. 18-28, 2014. doi:10.3141/2459-03

SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS - GOVERNO FEDERAL - REPÚBLICA DO BRASIL. Estudos do Projeto Brasil 2040. Resumo Executivo. Brasília, 2015.

SHARMA, Jagmohan; RAVINDRANATH, Nijavalli H. Applying IPCC 2014 framework for hazard-specific vulnerability assessment under climate change. *Environmental Research Communications*, v. 1, n. 5, p. 051004, 2019.

SZENDRŐ, G., Csete, M., & Török, Á. (2014). The sectoral adaptive capacity index of Hungarian road transport. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 22(2), 99-106.

TORRES, R. R.; MARENGO, J. A. Climate change hotspots over South America: from CMIP3 to CMIP5 multi-model datasets. *Theoretical and applied climatology*, v. 117, n. 3-4, p. 579–587, 2014.

TUCCI, Carlos EM. Gestão de águas pluviais urbanas. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005.

URS Adapting Energy, Transport, and Water Infrastructure to the Long-Term Impacts of Climate Change, Summary Report. Reference No. RMP/5456, Report by URS Corporation, Ltd. for the UK Government's cross-departmental Infrastructure and Adaptation Project, URS Corporation, Ltd., London, UK, 16 pp, 2010.

UDDIN, Md Nasir et al. Mapping of climate vulnerability of the coastal region of Bangladesh using principal component analysis. *Applied geography*, v. 102, p. 47-57, 20

WANG, Xiang; WANG, Chuntao; FANG, Haidong. Risk Assessment of Bridge Fire Based On The Theory Of Vulnerability. In: 2018 7th International Conference on Energy, Environment and Sustainable Development (ICEESD 2018). Atlantis Press, 2018. p. 1482-1489.19.

WILKS, Daniel S. Comparison of probabilistic statistical forecast and trend adjustment methods for North American seasonal temperatures. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, v. 53, n. 4, p. 935-949, 2014.

XIONG, Junnan et al. Application of the Levenburg–Marquardt back propagation neural network approach for landslide risk assessments. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 19, n. 3, p. 629-653, 2019.

ZACHOS, Louis G. et al. Flood vulnerability indices and emergency management planning in the Yazoo Basin, Mississippi. *International journal of disaster risk reduction*, v. 18, p. 89-99, 2016.

YIN, Jie et al. National assessment of coastal vulnerability to sea-level rise for the Chinese coast. *Journal of Coastal Conservation*, v. 16, n. 1, p. 123-133, 2012.

BIBLIOGRAFIA DA EXPOSIÇÃO DA INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA– PRODUTO 4 – ANÁLISE DE VULNERABILIDADE E EXPOSIÇÃO DA INFRAESTRUTURA FEDERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES

Indicador Temático de Exposição	Indicador Simples de Exposição	Impacto Biofísico que pode ser Relacionado	Referência bibliográfica
Eventos Naturais - Impactos Biofísicos	Zona de inundação de 100 anos	Alagamento/Inundação	Rowan et al. (2014)
	Zona de inundação de 500 anos	Alagamento/Inundação	Rowan et al. (2014)
	Profundidade da inundação causada pela tempestade em uma determinada área de estudo	Alagamento/Inundação	Knott (2018); Knott (2019); Rowan et al. (2014)
	Precipitação máxima para verificação da capacidade dos dispositivos de drenagem existentes para atender às alterações climáticas previstas	Alagamento/Inundação	Secretaria de assuntos estratégicos (2015)
	Inundação sob cenários de aumento do nível do mar	Alagamento/Inundação	Knott (2018); Knott (2019); Rowan et al. (2014)
	Percentual projetado de mudança na quantidade de chuva que cai 24 h em tempestade de 100 anos em uma determinada área de estudo	Alagamento/Inundação, Erosão/Assoreamento e Deslizamento	Rowan et al. (2014)
	Média da Precipitação diária anual na qual a degradação da rodovia é assumida como significativamente agravada	Alagamento/Inundação, Erosão/Assoreamento e Deslizamento	Arent et al. (2014); Nemry & Demirel (2012)
	Temperatura para verificação da resistência dos pavimentos asfálticos em relação às variações previstas	Impactos por Altas Temperaturas	Secretaria de Assuntos Estratégicos (2015)
	Identificação de hotspot climático, tendo como referência a temperatura e a precipitação para avaliação da infraestrutura de transporte rodoviário	Impactos por Altas Temperaturas	Secretaria de Assuntos Estratégicos (2015)
	Frequência de grupo de incêndios por área de estudo	Queimadas/Incêndios	Rowan et al. (2014)
Infraestrutura	Severidade de grupo de incêndios por área de estudo	Queimadas/Incêndios	Rowan et al. (2014)
	Porcentagem de ativos que estão em zonas / áreas conhecidas por terem exposição a ameaças	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Balijepalli & Oppong (2014)
	Avaliação da condição geral de ativos críticos em toda a região	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Balijepalli & Oppong (2014)
	Porcentagem de ativos críticos com capacidade adicional além da capacidade de demanda normal	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Balijepalli & Oppong (2014)
Características do Tráfego	Sobreposição de mapeamentos dos estressores climáticos projetados com relação ao sistema de transporte atual e futuro	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Secretaria de Assuntos Estratégicos (2015)
	Tráfego Médio Diário Anual - VMDA	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Balijepalli & Oppong (2014)
	Composição do tráfego	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Rowan et al. (2014); Balijepalli & Oppong (2014)

BIBLIOGRAFIA DA EXPOSIÇÃO DA INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA– PRODUTO 4 – ANÁLISE DE VULNERABILIDADE E EXPOSIÇÃO DA INFRAESTRUTURA FEDERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES

Indicador Temático de Exposição	Indicador Simples de Exposição	Impacto Biofísico que pode ser Relacionado	Referência bibliográfica
Eventos Naturais - Impactos Biofísicos	Exposição ao calor extremo	Impactos por Altas Temperaturas	Department of Transportation of United States of America, 2013
	Localização da via em áreas de inundação e alagamento frequente	Erosão/Assoreamento/Deslizamento	Department of Transportation of United States of America, 2013
	Localização da via em áreas sujeitas a erosão	Erosão/Assoreamento/Deslizamento	Department of Transportation of United States of America, 2013
	Localização da via em áreas de inundação frequente	Inundação/ Enchente / Alagamento	Department of Transportation of United States of America, 2013
	Umidade elevada nas camadas de fundação da ferrovia (mesmo sem a presença de inundação)	Erosão/Assoreamento/Deslizamento	Department of Transportation of United States of America, 2013
	Elevação do nível do mar em qualquer nível acima das condições normais	Erosão/Assoreamento/Deslizamento	Department of Transportation of United States of America, 2013
	Ventos fortes em área com vegetação arbórea próxima à via permanente	Erosão/Deslizamento	Department of Transportation of United States of America, 2013
	Localização da ferrovia próximo à áreas de queimadas e incêndio.	Impactos por Altas Temperaturas	Department of Transportation of United States of America, 2013
Infraestrutura	Localização da via em locais com enchentes	Erosão/Assoreamento/Deslizamento	Department of Transportation of United States of America, 2013
Características do Tráfego	Volume de veículos	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Balijepalli & Oppong (2014)

**BIBLIOGRAFIA DA SENSIBILIDADE DO MEIO BIOFÍSICO – PRODUTO 4 – ANÁLISE DE VULNERABILIDADE E EXPOSIÇÃO DA INFRAESTRUTURA
FEDERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES**

Impacto Biosférico que pode ser Relacionado	Indicador Simples de Exposição	Referência bibliográfica
Inundação/ Alagamento	% de cobertura florestal da área geográfica total	Jha et al. (2020)
	Proximidade média ao rio de diferentes distritos em um estado	Jha et al. (2020)
	Frequência de inundação em uma inundação repentina	Jha et al. (2020)
	Inundação de tempestade (do inglês, Storm surge inundation)	Uddin et al. (2019)
	Comprimento do litoral	Jha et al. (2020)
	Mapa de inundação de 24 horas	Uddin et al. (2019)
	Nº de ciclones nos últimos 15 anos	Jha et al. (2020)
	Duração da inundação	Jha et al. (2020)
	Uso e cobertura do solo	Zachos et al. (2016)
	Mapa de taxas de seguro contra inundações	Zachos et al. (2016)
	Mapa de suscetibilidade a inundações	Uddin et al. (2019); Jha et al. (2020)
Erosão/ Assoreamento	Histórico de erosão de maciços (aterros, bermas, cortes)	<i>British Columbia (2011)</i>
	Uso e Cobertura do Solo	Yin (2012)
	Erosão da linha costeira por ano	Yin (2012); Li et al. (2015); Martins et al. (2017); Uddin et al. (2019)
	Acreção da linha costeira por ano	Uddin et al. (2019)
	Largura da zona de vegetação intertidal	Li et al. (2015)
	Extensão pós-praia	Martins et al. (2017)
	Inclinação costeira	Yin (2012); Li et al. (2015)

	Elevação costeira	Yin (2012); Li et al. (2015); Uddin et al. (2019)
Deslizamento	Declividade	Xiong et al. (2019)
	Mudança de perfil topográfico	Xiong et al. (2019)
	Nível de atividade dos deslizamentos (ativo, dormente, relíquia)	Cirianni et al. (2012)
	Destrutividade do deslizamento	Cirianni et al. (2012)
	Índice de vegetação com diferença normalizada	Xiong et al. (2019)
	Índice de água com diferença normalizada	Xiong et al. (2019)
	Litologia	Xiong et al. (2019)
	Distância da falha	Xiong et al. (2019)
	Histórico de prejuízo no estabilidade de maciços	<i>British Columbia (2011)</i>
	Mapa de suscetibilidade a deslizamentos	Arent et al. (2014) / National Research Council (2008)
Queimada/Incêndio	Mapa de suscetibilidade a incêndios florestais que ameaçam a infraestrutura de transporte diretamente	Arent et al. (2014) / National Research Council (2008)
	Regiões com foco de incêndios	BONAZOUNTAS et al. (2007)
	Pior cenário de incêndio	Wang, Wang & Fang (2018)

BIBLIOGRAFIA DA SENSIBILIDADE DA INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA – PRODUTO 4 – ANÁLISE DE VULNERABILIDADE E EXPOSIÇÃO DA INFRAESTRUTURA FEDERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES			
Indicador Temático de Vulnerabilidade	Indicador Simples de Sensibilidade e Capacidade Adaptativa	Impacto Biofísico que pode ser Relacionado	Referência bibliográfica
Rodovia	Redução da vida útil da estrutura do pavimento	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	<i>British Columbia (2011); Knott (2018)</i>
	Tolerância dos Ativos	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Secretaria de Assuntos Estratégicos (2015)
	Resistência dos Ativos	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Secretaria de Assuntos Estratégicos (2015)
	Perda de capacidade de carga (pontes, pavimentos, etc.)	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	<i>British Columbia (2011); Knott (2018)</i>
	Percentual de falhas da infraestrutura relacionada com o clima	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Arent et al. (2014); Koetse & Rietveld (2009)
	Histórico de Fissuração e deterioração (pontes, pavimentos, etc.)	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	<i>British Columbia (2011)</i>
	Avaliação do impacto na infraestrutura conforme o desempenho da funcionalidade	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	URS (2010)
	Mensuração do impacto conforme nível de severidade	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	URS (2010)
	Se o ativo é pavimentado	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Rowan et al. (2014); Chinowsky & Arndt (2012)
	Idade do ativo	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Knott (2018); Rowan et al. (2014)
	Se um ativo inundou no passado devido a eventos de marés	Alagamento/Inundação	Knott (2018); Knott (2019); Rowan et al. (2014)
	Tendência de empoçamento do ativo	Alagamento/Inundação	PARF (2017)
	Elevação do ativo em relação às áreas circundantes	Alagamento/Inundação	Knott (2018); Knott (2019); Rowan et al. (2014)
	Quantidade de superfície impermeável ao redor de um ativo	Alagamento/Inundação	Knott (2018); Rowan et al. (2014)
	Se o ativo foi danificado por alagamento no passado por causa de chuva intensa	Alagamento/Inundação	Knott (2018); Knott (2019); PARF (2017)
	Maior frequência e intensidade das inundações de rodovias, ferrovias e túneis subterrâneos	Alagamento/Inundação	Arent et al. (2014); National Research Council (2008)
	Categoria de danos à infraestrutura rodoviária conforme o volume de precipitação	Alagamento/Inundação, Erosão/Assoreamento e Deslizamento	Arent et al. (2014); Nemry & Demirel (2012)

	Se o ativo foi danificado no passado por causa da tempestade	Alagamento/Inundação, Erosão/Assoreamento e Deslizamento	Knott (2018); Knott (2019); Rowan et al. (2014)
	Histórico de Desgaste do revestimento (IPR)	Erosão/Assoreamento	Secretaria de Assuntos Estratégicos (2015)
	Maior frequência e intensidade de erosão de estradas	Erosão/Assoreamento	Arent et al. (2014); National Research Council (2008)
	Capacidade de resistência dos materiais do ativo a incêndios	Queimada/Incêndio	Rowan et al. (2014)
	Se o pavimento sofreu sulcos (ou mostrou outros sinais de danos) no passado devido às altas temperaturas	Impactos diretos por Altas Temperaturas	Knott (2018); Rowan et al. (2014)
	Histórico de Fadiga (pontes, pavimentos, etc.)	Impactos diretos por Altas Temperaturas	<i>British Columbia (2011); Secretaria de Assuntos Estratégicos (2015); Knott (2018)</i>
	Histórico de Deflexão (pontes, pavimentos, etc.)	Impactos diretos por Altas Temperaturas	British Columbia (2011); Knott (2018)
Ponte	Classificação da condição estrutural da ponte	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Rowan et al. (2014)
	Classificação das pontes	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Nemry & Demirel (2012); Arent et al. (2014)
	Altura da ponte	Alagamento/Inundação	Rowan et al. (2014)
	Pontes expostas a um aumento na descarga fluvial de 100 anos	Alagamento/Inundação	Arent et al. (2014); Nemry & Demirel (2012)
	Frequência que a água passa sobre uma ponte	Alagamento/Inundação	Rowan et al. (2014)
	Histórico de Descalçamento de pilares de pontes por erosão	Erosão/Assoreamento	Arent et al. (2014); National Research Council (2008)
	Elevação do risco de instabilidade de tabuleiro de pontes	Alagamento/Inundação, Erosão/Assoreamento e Deslizamento	Arent et al. (2014); National Research Council (2008)
	Índice para para avaliação da sensibilidade da fundação das pontes tendo como parâmetro a caracterização geotécnica do fundo do leito do rio (subleito)	Alagamento/Inundação, Erosão/Assoreamento e Deslizamento	Nemry & Demirel (2012); Arent et al. (2014)
	Expansão térmica das juntas de dilatação de pontes e superfícies pavimentadas	Impactos diretos por Altas Temperaturas	Arent et al. (2014); National Research Council (2008)
	Se a estrutura de drenagem está limpa e sem bloqueios	Alagamento/Inundação, Erosão/Assoreamento e Deslizamento	Secretaria de Assuntos Estratégicos (2015)
	Se há atualização dos critérios de projeto de drenagem atuais	Alagamento/Inundação, Erosão/Assoreamento e Deslizamento	Secretaria de Assuntos Estratégicos (2015)

Sistemas de drenagem	Erosão ao longo de corpos hídricos (rios, córregos, etc.) e canais de drenagem	Erosão/Assoreamento	<i>British Columbia (2011)</i>
	Transporte de sedimentos e obstrução dos dispositivos de drenagem	Erosão/Assoreamento	<i>British Columbia (2011)</i>
	Histórico de Sobrecarga dos sistemas de drenagem, causando inundações nas vias	Alagamento/Inundação	Arent et al. (2014); National Research Council (2008)

BIBLIOGRAFIA DA SENSIBILIDADE DA INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA – PRODUTO 4 – ANÁLISE DE VULNERABILIDADE E EXPOSIÇÃO DA INFRAESTRUTURA FEDERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES			
Indicador Temático de Vulnerabilidade	Indicador Simples de Sensibilidade e Capacidade Adaptativa	Impacto Biofísico que pode ser Relacionado	Referência bibliográfica
	Maior frequência e intensidade nas inundações de ferrovias e túneis subterrâneos	Erosão/ Assoreamento	ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014) / National Research Council (2008)
	Descarrilamento provocado por defeito geométrico (flambagem do trilho)	Altas temperaturas	ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014) / National Research Council (2008)
	Diminuição da VMA - velocidade máxima autorizada da ferrovia	Altas temperaturas	ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014) / National Research Council (2008)
	Maior frequência e intensidade de erosão de estradas e danos às estruturas de suporte do pavimento ferroviário	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014) / National Research Council (2008)
	Expansão térmica das juntas de dilatação de pontes e superfícies pavimentadas	Altas temperaturas	ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014) / National Research Council (2008)
	Temperatura máxima do ar na qual é implementada restrições de velocidade na via permanente	Altas temperaturas	ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014) / Nemry & Demirel (2012)
	Os trilhos que atingem a temperatura limite para flambagem são mais propensos a "ceder" . O trilho soldado contínuo é particularmente suscetível à flambagem.	Altas temperaturas	Department of Transportation of United States of America, 2013
	Índice para avaliação da sensibilidade da fundação das pontes tendo como parâmetro a caracterização geotécnica do fundo do leito do rio (subleito)	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Nemry & Demirel (2012) / ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014)
	Classificação das pontes	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Nemry & Demirel (2012) / ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014)
	Temperatura ideal para as atividades de manutenção da via permanente	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Nemry & Demirel (2012) / ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014)
	Possibilidade de trincamento devido à SFT em baixas temperaturas	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Nemry & Demirel (2012) / ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014)
	Probabilidade para eventos com limite de velocidade	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Nemry & Demirel (2012) / ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014)
	Total de dias por ano para manutenção da via permanente	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Nemry & Demirel (2012) / ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014)
	Mudança no período viável para manutenção no futuro em relação ao cenário presente	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Nemry & Demirel (2012) / ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014)
	A via é mais estável quando o trilho está sob tensão em temperaturas abaixo da temperatura neutra.	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Nemry & Demirel (2012) / ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014)
	Estimativa de frequência de incidentes de flambagem	Altas temperaturas	Nemry & Demirel (2012) / ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014)
	Mudanças nas condições de fixação dos trilhos, adaptando as propriedades de resistência à dilatação para as temperaturas mais elevadas do verão	Altas temperaturas	Nemry & Demirel (2012) / ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014)
	Temperatura limites de operação da ferrovia para situações de flambagem: Strees free temperature (temperatura neutra)	Altas temperaturas	Nemry & Demirel (2012) / ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014)
	Média anual de número de dias que ultrapassam a T _{máx} no futuro diante da situação atual, para avaliação de flambagem do trilho	Altas temperaturas	Nemry & Demirel (2012) / ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014)
	Correlação considerando os fatores que geram a flambagem nos trilhos	Altas temperaturas	Nemry & Demirel (2012) / ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014)
	Tipo de dormente, peso do trilho, tipo de fixação, raio da curva, características do lastro	Altas temperaturas	Nemry & Demirel (2012) / ARENT, D. J. <i>et al.</i> (2014)

Infraestrutura: Ativo	Parâmetros de avaliação de ponte tendo como referência a mudança no fluxo fluvial	erosão/ Assoreamento	Nemry & Demirel (2012) / ARENT, D. J. et al. (2014)
	Identificação de áreas de risco permanente de inundação e áreas sob risco temporário	erosão/ Assoreamento	Nemry & Demirel (2012) / ARENT, D. J. et al. (2014)
	Flambagem dos trilhos devido à elevação de temperatura	Altas temperaturas	Research Council (2008) / Simpson et al. (2021) / Simpson & Trisos (2021)
	Maior frequência e intensidade de deslizamentos de terra e lama que danificam a via	Erosão/ Assoreamento	ARENT, D. J. et al. (2014) / National Research Council (2008)
	Temperatura máxima do ar	Altas temperaturas	ARENT, D. J. et al. (2014) / Ryley & Chapman (2012)
	Valores críticos de temperatura máxima para implantação de restrição de velocidade	Altas temperaturas	ARENT, D. J. et al. (2014) / Ryley & Chapman (2012)
	Deformação da geometria da via permanente (trilhos)	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	ARENT, D. J. et al. (2014) / National Research Council (2008)
	Descongelamento do permafrost	erosão/ Assoreamento	ARENT, D. J. et al. (2014) / National Research Council (2008)
	Descongelamento do permafrost, causando lixiviação e erosão em infraestrutura	erosão/ Assoreamento	ARENT, D. J. et al. (2014) / National Research Council (2008)
	Descalçamento de pilares de pontes por erosão	erosão/ Assoreamento	ARENT, D. J. et al. (2014) / National Research Council (2008)
	Inundação de rodovias e ferrovias em áreas costeiras	erosão/ Assoreamento	ARENT, D. J. et al. (2014) / National Research Council (2008)
	Expansão térmica das juntas de dilatação de pontes e superfícies pavimentadas	Altas temperaturas	ARENT, D. J. et al. (2014) / National Research Council (2008)
	Elevação do risco de estabilidade de tabuleiro de pontes	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	ARENT, D. J. et al. (2014) / National Research Council (2008)
	Desguarnecimento do lastro ocasionado por enchentes	erosão/ Assoreamento	ARENT, D. J. et al. (2014) / Ryley & Chapman (2012)
	Tempo de retorno de inundação de 100 anos será antecipado	erosão/ Assoreamento	ARENT, D. J. et al. (2014) / Ryley & Chapman (2012)
	Submersão rodoviária e ferroviária e inundação de passagem subterrânea	erosão/ Assoreamento	ARENT, D. J. et al. (2014) / Ryley & Chapman (2012)
	Aumento da colmatação do lastro (lastro contaminado)	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	ARENT, D. J. et al. (2014) / Ryley & Chapman (2012)
	Queda de folhas sobre os trilhos, uma das fontes de descarrilamento.	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	ARENT, D. J. et al. (2014) / Ryley & Chapman (2012)
	vulnerabilidade de pontes tendo como referência a mudança no fluxo fluvial	erosão/ Assoreamento	Wright et al. (2012)
	Critérios para determinar a vulnerabilidade de pontes atualmente deficientes fluvial	erosão/ Assoreamento	Wright et al. (2012)
		erosão/ Assoreamento	Wright et al. (2012)
	funcionalidade	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	URS (2010)
	Mensuração do impacto conforme nível de severidade	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	URS (2010)

	Aterros com menos de 30 anos	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	URS (2010)
	Trilhos, dormentes e lastro (ou seja, a via permanente)	Altas temperaturas	URS (2010)
	Maior probabilidade de falhas da infraestrutura	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	ARENT, D. J. et al. (2014) / National Research Council (2008)
	A degradação do permafrost e aumentos relacionados na camada permafrost ativa	Altas temperaturas	Mills & Andrey (2002)
	Pontes expostas a um aumento na descarga fluvial de 100 anos	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	ARENT, D. J. et al. (2014) / Nemry & Demirel (2012)
	Se o ativo foi danificado no passado por causa da tempestade	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Knott (2018) / Knott (2019) / ROWAN et al. (2014)
	Se o ativo está protegido contra ondas de tempestade	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Knott (2018) / Knott (2019) / ROWAN et al. (2014)
	Se um ativo inundou no passado devido a eventos de marés	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	Knott (2018) / Knott (2019) / ROWAN et al. (2014)
	Velocidade de vento projetada para o ativo	Erosão/ Assoreamento	ROWAN et al. (2014)
Infraestrutura: Pontes	Altura da ponte	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	ROWAN et al. (2014)
	Expansão térmica das juntas de dilatação de pontes e superfícies pavimentadas	Altas temperaturas	ARENT, D. J. et al. (2014) / National Research Council (2008)
	Altura da ponte	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	ROWAN et al. (2014)
	Classificação da condição estrutural da ponte	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	ROWAN et al. (2014)
	Se a ponte é móvel	Pode ser considerado em todos os impactos biofísicos	ROWAN et al. (2014)
	Frequência que a água passa sobre uma ponte	Erosão/ Assoreamento	ROWAN et al. (2014)
	Frequência que a água passa sobre uma ponte	Erosão/ Assoreamento	ROWAN et al. (2014)
Infraestrutura: Sistemas de drenagem	Se a estrutura de drenagem está limpa e sem bloqueios	Erosão/ Assoreamento	Secretaria de assuntos estratégicos (2015)
	Se há atualização dos critérios de projeto de drenagem atuais	Erosão/ Assoreamento	Secretaria de assuntos estratégicos (2015)

BIBLIOGRAFIA DA CAPACIDADE ADAPTATIVA – PRODUTO 4 – ANÁLISE DE VULNERABILIDADE E EXPOSIÇÃO DA INFRAESTRUTURA FEDERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES			
Indicador Temático de Vulnerabilidade	Indicador Simples de Capacidade Adaptativa	Impacto Biofísico que pode ser Relacionado	Referência bibliográfica
Medidas Estruturais	Manutenção da drenagem - Existência de obstruções no sistema de drenagem	Erosão/ Assoreamento/ Alagamento	Leite et al. (2018) National Research Council (2008)
	Intervenções físicas frente à ocorrência de evento extremo	Altas temperaturas/ Erosão/ Assoreamento	ARENT et al. (2014) / National Research Council (2008)
	Manutenção de rodovias	Todos	Leite et al. (2018)
	Acesso alternativo	Todos	ANTAQ (2021)
	Sistemas de drenagem	Erosão/ Assoreamento/ Alagamento	ANTAQ (2021)
Medidas Não-Estruturais: planejamento e gestão	Estudo de Impacto Ambiental (EIA)/Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) - Existência de EIA/RIMA	N/A	Leite et al. (2018)
	Licenças ambientais - Existência de todas as licenças necessárias/ Proteção ambiental	N/A	Leite et al. (2018) Neder et al. (2021)
	Fiscalização Ambiental Indicadores: Número de irregularidades ambientais diárias encontradas em canteiro de obras	N/A	Leite et al. (2018)
	Índice de Desempenho Ambiental – IDA	N/A	ANTT (2021)
	Plano de gerenciamento ambiental - ABNT NBR ISO 14001:2004	N/A	Leite et al. (2018) ABNT (2015)
	Possui planejamento específico para mudança climática	Todos	ANTAQ (2012)
	Registros de impactos associados às mudanças climáticas	Todos	ANTAQ (2021)
	Planos de ação emergencial/ Plano de redução de riscos/ Protocolo de evacuação	Todos	ANTAQ (2021) NEDER et al. (2021)
	Monitoramento meteorológico contínuo	Todos	ANTAQ (2022)
	Aborda mudança do clima no plano estratégico/ Adaptação e mitigação	Todos	ANTAQ (2021) NEDER et al. (2021)
	Comitê de crise/ Reuniões regulares para discutir adaptação (Plano de Adaptação)	Todos	ANTAQ (2021)
	- Programa de Manutenção Rodoviária (Atlas de manutenção); - Programa PATO (Plano Anual de Trabalho e Orçamento);	N/A	DNIT (2018)
	- Indicador de Qualidade das Rodovias Federais; - Índice de Condição da Manutenção (ICM) /km; (condições do pavimento, Índice de Capacidade Adaptativa (Modo rodoviário)/ sectoral adaptive capacity index	N/A	(DNIT) Manutenção das Rodovias Szendrő, Csete & Török, Á. (2014)
Outros	Capacidade adaptativa (desertificação)	Seca	Faustino (2016)
	Implicações das mudanças climáticas para a infraestrutura ferroviária/ Implications of climate change for railway	Variação de temperatura/ variação de precipitação	Palin et al. (2021)
	Índice de Capacidade (rodoviário)/Adaptation of urban roads to changing of transport demand	N/A	Ertman et al. (2016)

(*) N/A: Não aplicável.

HISTÓRICO DE CONSULTAS DO MODO RODOVIÁRIO– PRODUTO 4 – ANÁLISE DE VULNERABILIDADE E EXPOSIÇÃO DA INFRAESTRUTURA FEDERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES						
Instituição	Fonte de Dados	Conteúdo	Formato	Abrangência Temporal	Link	Incluído? Se não, por que?
DNIT	Contagem de Tráfego	Dados do Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT), contendo a modelagem do volume médio anual de veículos.	Planilha	2020	https://dados.gov.br/dataset/contagem-de-trafego	NÃO. Sobre as contagens de tráfego, a base de dados da base do VGEO está mais completa.
	Controle de Velocidade	contemplando UF, rodovia, km, tipo e situação do equipamento utilizado, quantidade de faixas de tráfego controladas, entre outras informações técnicas.	Planilha	2020	https://dados.gov.br/dataset/control-de-velocidade	NÃO. Link Incorreto.
	Pesagem	Dados obtidos de extratos oriundos das Unidades Móveis Operacionais (UMOs), por Unidade da Federação - UF.	Planilha	2020	https://dados.gov.br/dataset/pesagem	NÃO. A localização de alguns pontos de pesagem não são válidos e coordenadas incorretas.
	Andamento de Obras	(SUPRA), contemplando trechos em andamento e concluídos; situação de riscos e interferências; diário de obras e demais informações relativas ao andamento das obras e dos contratos.	Planilha	2011 - 2020	https://dados.gov.br/dataset/andamento-de-obras	NÃO. Não é possível georreferenciar este dado.
	Jurisdição de Vias	Dados do Sistema Nacional de Viação (SNV), contendo o cadastro da malha rodoviária federal.	Planilha	2020 - 2021	https://dados.gov.br/dataset/juris-dicao-de-vias	NÃO. Dados equivalentes ao VGEO, que foram utilizados.
	Condições do Pavimento	Mapas, por UF, com dados do Índice de Condição da Manutenção (ICM), contendo a avaliação das condições da manutenção do pavimento e da conservação das rodovias federais.	Planilha	2020 - 2021	https://dados.gov.br/dataset/condicoes-do-pavimento	NÃO. Depois de algumas tentativas, confirmamos que os dados da tabela de condições de pavimento não podem ser georreferenciados de forma adequada.
ANTT	Investimentos	Investimentos realizados nas rodovias federais concedidas.	Planilha	2010 - 2020	https://dados.gov.br/dataset/investimentos	NÃO. É possível georreferenciar este dado pelo nome das concessionárias. Entretanto, os dados são pouco representativos.
	Custos Operacionais	Custos operacionais realizados nas rodovias federais concedidas.	Planilha	2010 - 2020	https://dados.gov.br/dataset/custos-operacionais	NÃO. É possível georreferenciar este dado pelo nome das concessionárias. Entretanto, os dados são pouco representativos.
	Sinalização	Informações sobre a sinalização de proibido ultrapassar e de velocidade máxima das rodovias concedidas.	Planilha	2021	https://dados.gov.br/dataset/sinalizacao	NÃO. Trechos de rodovia não georreferenciados corretamente.
	Soluções de TI gerenciadas pela ANTT	Relação de soluções desenvolvidas e/ou administradas pela ANTT.	Planilha	Não cabe	https://dados.gov.br/dataset/solucoes-ti-gerenciadas	NÃO. Essa base contém apenas a nomenclatura de soluções desenvolvidas e/ou administradas pela ANTT.
	Infraestrutura Rodoviária	Há dados tabelados e/ou georreferenciados de sinalização de proibido ultrapassar, velocidade máxima autorizada, tráfego por praça de pedágio, receita por praça de pedágio e autos de infração de trânsito.	Planilha	Anos diversos dependendo do tipo de dado	https://dados.gov.br/dataset/infra-estrutura-rodoviaria	NÃO. Não foi possível baixar esses dados. Além disso, o conteúdo dificilmente poderia ser utilizado com um indicador de risco climático.

HISTÓRICO DE CONSULTAS DO MODO FERROVIÁRIO – PRODUTO 4 – ANÁLISE DE VULNERABILIDADE E EXPOSIÇÃO DA INFRAESTRUTURA FEDERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES						
Instituição	Fonte de Dados	Conteúdo	Formato	Abrangência Temporal	Link	Incluído? Se não, por que?
ANTT	Sistema de Acompanhamento do Desempenho Operacional das Concessionárias - SIADE	Histórico da movimentação mensal de cargas nas ferrovias federais concedidas.	Planilha	2006 - 2021	https://dados.gov.br/dataset/sistema-de-acompanhamento-do-desempenho-operacional-das-concessionarias-siade	Não. Esse dado é importante pois revela a carga transportada e a quantidade. É possível fazer uma georreferência por concessionárias. Também é possível fazer georreferencia por trecho ferroviário entre estações. No entanto, seria necessário ter o shapefile de estações.
	Relatório de Acompanhamento de Acidentes Ferroviários - RAAF	Conjunto de Informações de registros de acidentes ferroviários. Para cada acidente, a concessionária informa uma série de dados, como: local do acidente, gravidade, data, hora, causa, natureza, número de vítimas.	Planilha	2006 - 2019	https://dados.gov.br/dataset/relatorio-de-acompanhamento-de-acidentes-ferroviarios-raaf	Não, pois faltam os dados georreferenciados
	Transporte Ferroviário de Cargas e Passageiros	Para visualizar os Painéis de Dados Abertos do Transporte Ferroviário de Cargas e Passageiros acesse https://dados.gov.br/dataset/transporte-ferroviario-de-cargas-e-passageiros .	Planilha		https://dados.gov.br/dataset/transporte-ferroviario-de-cargas-e-passageiros	Não, pois faltam os dados georreferenciados
Observatório Nacional de Transporte e Logística	Plano Nacional de Logística 2035	Plano Nacional de Logística	PDF		https://ontl.epl.gov.br/planejamento-pnl-2035/	Sim
Adaptation Clearinghouse	Transportation Climate Change Sensitivity Matrix	Conjunto de informações sobre as mudanças climáticas, bibliografia	Planilha		https://www.adaptationclearinghouse.org/resources/transportation-climate-change-	Sim
Concessionárias	ANTT	Declaração de Rede RMS, RMP, RMO, RMC, MRS, FTC, FNSTN, EFPO, EFVM, EFC	Planilha	2021	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo
		NOTA TÉCNICA RMS, RMP, RMN, MRS, FTC, FTL, FNSTN, FNSTC, FCA, EFVM, EFPO, EFC	PDF	2020	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois é um arquivo em PDF, sem a localização dos ativos mencionados
		Declaração de Rede RMS, RMP, RMO, RMN, MRS, FTL, FTC, FNSTN, FNSTC, EFPO, EFVM, EFC, FCA	Planilha	2020	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo
		Declaração de Rede RMP, RMO, RMN, MRS, FTL, FTC, FNSTN, FNSTC, EFPO, EFVM, EFC, FCA	Planilha	2019	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo
		Declaração de Rede RMS, RMP, RMO, RMN, MRS, FTL, FTC, FNSTN, FNSTC, EFPO, EFVM, EFC, FCA	Planilha	2018	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo
		Definição de Termos de Declaração de Rede	PDF	2017	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois é um arquivo extenso e em pdf o que dificulta a avaliação dos dados, além da falta os dados com a localização do ativo
		Terminologia do arquivo shp	PDF	2017	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Sim
		Malha Ferroviária Georreferenciada	SHP	2017	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Sim
		Declaração de Rede Ferroeste, EFVM	PDF	2015	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois é um arquivo extenso e em pdf o que dificulta a avaliação dos dados, além da falta os dados com a localização do ativo
		Declaração de Rede ALLMN, ALLMO, ALLMP, ALLMS, EFPO, EFVM, FCA, FNS, FNSTC, FTC, FTL	Planilha	2015	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo
		Declaração de Rede ALLMN, ALLMO, ALLMP, ALLMS, EFPO, EFVM, FCA, FNS, FNSTC, FTC, FTL	Planilha	2014	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo
		Declaração de Rede ALLMN, ALLMO, ALLMP, ALLMS, EFPO, EFVM, FCA, FNS, FNSTC, FTC, FTL	Planilha	2013	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo
		CoordenadasVP	Planilha	2021	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois não são representativos.
		Plano de manutenção de via Permanente	PDF	2021	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois não são representativos.
		Cadastro de Obras de Arte Especiais contendo informações sobre a qualidade estrutural do ativo- FTC	Planilha	2021	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois não são representativos.

	Conceitos de Conserva (.pdf)	PDF	2021	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo
	Especificações técnicas para serviços de via permanente (.pdf)	PDF	2021	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo
	Metodologia de manutenção superestrutura (pdf)	PDF	2021	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo
	Plano de man. de Obra de Artes especiais (pdf)	PDF	2021	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo
	Metodologia de manutenção superestrutura EFVM (pdf)	PDF	2021	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo
	Estratégia de manutenção 2021-2025 para Infraestrutura EFVM (pdf)	PDF	2021	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo
	Estratégia de manutenção 2021-2025 para EFOM (pdf)	PDF	2021	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo
	Tabela de parâmetros limites para bitola larga - rumo (xlsx)	Planilha	2021	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois não são representativos.
	Frequência Ultrassom (xlsx)	XLSX	2021	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois não são representativos.
	Plano de manutenção VP MRS Logística S.A. (pdf)	PDF	2021	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo
	Limites geométricos de segurança da superestrutura ferroviária (pdf)	PDF	2021	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo
	Conceito e conservação e manutenção (pdf)	PDF	2021	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo
	Especificação técnica para a execução dos serviços de via permanente – Contratos de manutenção (pdf)	PDF	2020	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yK06Ror7mLW1WGWQNB6Ob8u17bwOX-	Não, pois faltam os dados com a localização do ativo

Questionário prévio às oficinas com especialistas - RODOVIAS - Etapa 4

Estudo “Levantamento de impactos e riscos climáticos sobre a infraestrutura federal de transporte terrestre (rodoviário e ferroviário) existente e projetada” (ou “Estudo AdaptaVias”).

Etapa 4: Identificação e análise das vulnerabilidades existentes e do grau de exposição da infraestrutura de transporte terrestre brasileira.

*Obrigatório

1. E-mail *

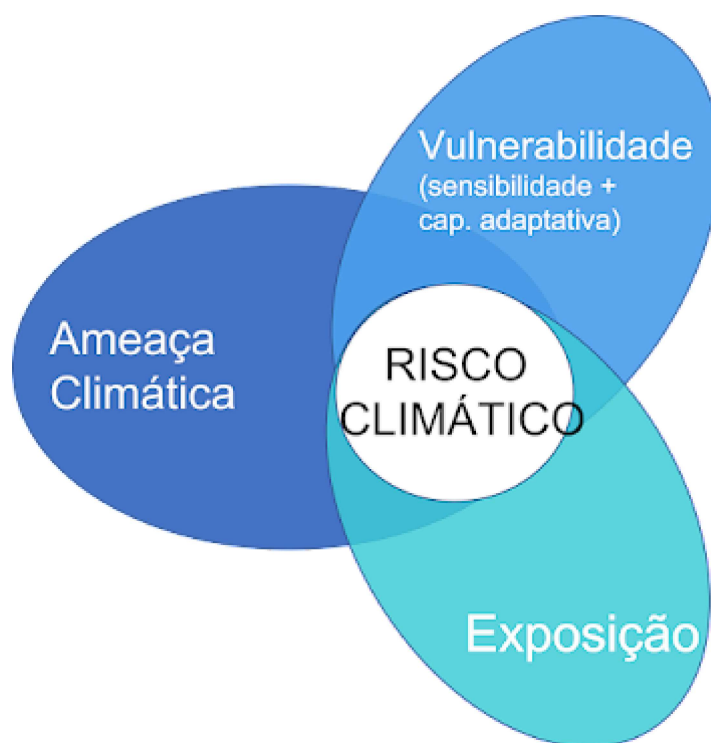
Prezado especialista em infraestrutura rodoviária, o tempo estimado para o preenchimento deste questionário é de 30 minutos, aproximadamente. Pedimos, por gentileza, que leia com atenção todos os campos e responda às perguntas (seção 4), pois as respostas serão analisadas pela equipe de consultoria GITEC/COPPE/UFRJ e os resultados servirão como insumos para a oficina a ser realizada no dia 11/03 - sexta-feira às 10:00h.

1. Apresentação

Diante do atual cenário de condições climáticas desfavoráveis, medidas de adaptação são necessárias para reduzir os riscos e minimizar os impactos, especialmente sobre a infraestrutura de transportes. Existem diversas estratégias de adaptação, com opções de engenharia e não-engenharia, mas que dependem, para uma escolha técnica apropriada, de um profundo conhecimento dos riscos climáticos e dos fatores que os influenciam.

Assim, a análise de risco climático é um instrumento essencial para identificar os fatores de risco e as oportunidades atuais e futuras, bem como nortear as medidas de adaptação a serem implementadas. O conceito de risco climático introduzido no quinto relatório de avaliação (AR5) pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC na sigla inglesa), define: Risco como o potencial para consequências (impactos), onde algo de valor está em jogo e onde o resultado é incerto (IPCC, 2014). O risco de impactos relacionados ao clima resulta da interação entre os componentes do risco: Ameaça climática, Exposição e Vulnerabilidade (sensibilidade e capacidade adaptativa) de sistemas humanos e naturais, conforme identificados na Figura 1.

Figura 1 – Quadro conceitual de risco climático.



AdaptaVias - MInfra

Nesse contexto, o estudo “Levantamento de impactos e riscos climáticos sobre a infraestrutura federal de transporte terrestre (rodoviário e ferroviário) existente e projetada” (ou “Estudo AdaptaVias”) tem como objetivo levantar informações que sirvam de subsídio para o desenvolvimento de estratégias de adaptação à mudança do clima para o setor, no âmbito do Projeto “Apoio ao Brasil na Implantação da Agenda Nacional de Adaptação à Mudança do Clima - PROADAPTA”.

O estudo tem como objetivo geral realizar um levantamento dos impactos e riscos da mudança do clima sobre a infraestrutura federal de transportes terrestres (rodovias e ferrovias) existente e projetada, como subsídio para o desenvolvimento de estratégias de adaptação para o setor.

Metodologia

A metodologia do Projeto AdaptaVias consiste em seis etapas e para cada etapa foram definidas atividades correspondentes, a saber:

- Etapa 1 - Consiste no levantamento de dados e estudos existentes, e descreve a lógica empregada para o planejamento do estudo e a realização da revisão bibliográfica;
- Etapa 2 - Busca identificar os impactos do clima na infraestrutura federal de transporte terrestre (rodoviário e ferroviário) brasileira, com base na análise de dados e séries históricas;
- Etapa 3 - Visa identificar as ameaças climáticas aplicáveis à realidade da infraestrutura de transporte terrestre brasileira;
- Etapa 4 - Consiste na identificação e análise das vulnerabilidades existentes e do grau de exposição da infraestrutura de transporte terrestre brasileira;
- Etapa 5 - Visa analisar o risco climático, com o detalhamento de suas informações, para munir os tomadores de decisão de dados atualizados;
- Etapa 6 - É uma etapa de fechamento, onde serão elencadas as medidas de adaptação necessárias considerando-se os diferentes impactos e as ameaças.

O estudo conta com a realização de oficinas participativas com atores-chaves, as quais têm como objetivo definir o escopo técnico, aquisição de dados e informações, validar os resultados obtidos (indicadores, limiares, índices) e alinhar as etapas subsequentes. A análise de risco considerou a metodologia de desenvolvimento de cadeias de impacto, que consiste numa sequência lógica de causa e efeito entre os fatores de risco e os impactos em vários níveis, ou seja, essa definição incluem explicitamente os elementos dos componentes de risco e impactos em diferentes níveis, sendo que podem existir impactos subsequentes dos sinais climáticos, bem como impactos intermediários que são influenciados pela vulnerabilidade (sensibilidade e capacidade adaptativa).

Contextualização (onde estamos)

A Etapa 4 do Estudo AdaptaVias, consiste na identificação e análise das vulnerabilidades existentes e do grau de exposição da infraestrutura de transporte terrestre brasileira. Para cada etapa são consideradas algumas “Perguntas norteadoras”, que são elementos-chave para nortear o desenvolvimento das etapas/atividades e a entrega de cada produto.

2. Objetivo do questionário

O objetivo desse formulário é levantar a relevância de indicadores existentes para representar os impactos da mudança do clima no transporte rodoviário, mais especificamente os indicadores de Exposição e Sensibilidade da estrutura de risco do IPCC (ver Figura 1).

3. Orientações para o preenchimento do questionário

Este questionário tem como objetivo avaliar os indicadores selecionados na Etapa 4 do estudo pela equipe de consultoria GITEC/COPPE/UFRJ e a ponderação destes frente às ameaças climáticas e impactos biofísicos considerados.

O questionário possui um número total de 30 indicadores de exposição e sensibilidade da Infraestrutura a serem avaliados para a infraestrutura de transporte terrestre rodoviária a partir do risco para os impactos:

- Alagamento e inundação;
- Erosão/ Assoreamento;
- Deslizamento;
- Incêndios/queimadas; e
- Altas temperaturas.

Altos volumes pluviométricos contribuem para a ocorrência de alagamentos e inundações, bem como outros fatores como a drenagem subdimensionada e entupida devido à falta de planejamento e manutenção, a impermeabilidade do solo e o uso indevido em áreas de retenção natural e regulação hídrica. Também contribuem para estes impactos a vegetação degradada, que reduz o potencial de infiltração de água no solo e, em muitos casos, é causada por mal planejamento e manejo da vegetação reduzida. Os elementos de infraestrutura rodoviária expostos a alagamentos e inundações (plataforma, pontes, viaduto e drenagem) podem sofrer danos ou até colapso porque o método construtivo, o material usado e a vida útil prevista não estão adequados devido à falta de manutenção, de diagnósticos e de conhecimento aprofundado, além de falta de normas e processos que norteiam melhor as construções em relação a eventos extremos desse tipo.

Os danos e prejuízos na infraestrutura rodoviária devido à erosão e ao assoreamento são principalmente desencadeados por chuvas extremas, tanto de altos volumes pluviométricos, quanto de dias consecutivos de chuva. A erosão é um processo natural que está sendo agravado por sensibilidades ambientais como a vegetação degradada ou inadequada, e a topografia favorável aos processos erosivos. Essas sensibilidades, em muitos casos, têm como agentes causais desafios de gestão, planejamento e manejo. Os vários elementos da infraestrutura rodoviária que estão expostos às diferentes formas de erosão e seus impactos intermediários, tal qual o assoreamento, podem sofrer danos ou até colapso. Já o assoreamento pode ser agravado por sensibilidades ambientais, como a vegetação degradada ou inadequada, a geologia do terreno, e sensibilidades relacionadas à infraestrutura, conforme a ausência ou mal funcionamento de sistemas de drenagem e tipo de asfalto. A falta de capacidade adaptativa, como manejo da vegetação inadequado, práticas de reconformação do terreno não aplicadas, falta de instrumentação ou monitoramento, é um aspecto que pode intensificar os impactos no sistema biofísico, como carregamento de sedimentos e, na infraestrutura rodoviária, perda da capacidade de suporte do pavimento rodoviário e geração de patologias no revestimento.

Os deslizamentos de solo e rocha, acarretados por alto volume de precipitação em pouco tempo ou dias consecutivos de chuva, também configuram-se como um preocupante impacto biofísico para as rodovias, podendo causar, por exemplo, ruptura de talude (corte ou aterro) e de estrutura de contenção, obstrução ou danos no sistema de drenagem e, em piores casos, afundamento da plataforma rodoviária e colapso de corpo estradal. Estes impactos são intensificados por sensibilidades como supressão da vegetação nas encostas, solos rasos, alta declividade e cortes em taludes por construções e infraestrutura, bem como falta de capacidades como inexistência ou inadequação dos planos de monitoramento de deslizamentos, fiscalização do uso e ocupação do solo reduzido e não recuperação de cobertura vegetal de áreas degradadas, e falta de uma visão sistêmica.

Por sua vez, os incêndios/queimadas, que são acarretados por altas temperaturas máximas e médias, dias consecutivos sem precipitação e ondas de calor, impactam negativamente nas rodovias causando prejuízos como danos em proteção vegetal de talude, incêndio em faixa de domínio, podendo afetar a operação da via, e problemas de instabilidade na infraestrutura. Isso é intensificado por sensibilidades como vegetação degradada/uso indevido do solo, infraestrutura rodoviária frágil, qualidade e tipo dos materiais empregados e método construtivo, bem como ausência de capacidades adaptativas como inexistência ou inadequação dos planos de monitoramento de incêndios/ queimadas, fiscalização do uso e ocupação do solo reduzida, ausência de preservação de faixa de domínio e falta de diagnóstico e conhecimento.

Sobre os potenciais impactos das altas temperaturas e ondas de calor nas rodovias, tem-se como exemplos: (I) Impactos nas obras de construção de rodovias e estruturas de concreto; (ii) Expansão térmica em juntas de dilatação de pontes e superfícies pavimentadas, principalmente de concreto de cimento Portland; (iii) Danos à integridade do pavimento em virtude de danos tais como deflexões

elevadas, fissuras transversais, redução da taxa de deformação do pavimento asfáltico e deformação permanente ; (iv) Maior sensibilidade em alguns tipos de ligantes asfálticos, particularmente quando combinado com tráfego de veículos com alta solicitação de carga por eixo.

A avaliação a ser realizada para o modo rodoviário será a partir dos indicadores de sensibilidade da infraestrutura (15 indicadores) e exposição da infraestrutura (15 indicadores), totalizando 30 indicadores. O tempo estimado para o preenchimento deste questionário é de 30 minutos, aproximadamente. A avaliação pelo especialista consistirá em atribuir uma relevância (ponderação) para cada indicador (muito alta, alta, média, baixa, muito baixa ou não estou apto a responder) considerando o descritivo, o objetivo e a relevância (apresentados) do indicador em relação à sua dimensão de risco de impacto climático e à ameaça climática em que o mesmo se situa na avaliação.

4. Indicadores

Os critérios e definições adotadas para a seleção dos indicadores, com base no AdaptaBrasil, são apresentados a seguir:

- Indicadores de exposição - analisam o nível, duração e/ou extensão, em que o sistema está sujeito ao contato com a ameaça climática/impacto biofísico, sendo uma relação entre o ambiente de análise e a ameaça/impacto biofísico; e
 - Indicadores de vulnerabilidade - compreendem o aspecto intrínseco e a priori em que um sistema socioecológico está propenso a ser afetado por ameaças climáticas/impactos biofísicos, podendo ser dividido em indicadores de sensibilidade e de capacidade adaptativa.
- Indicadores de sensibilidade - analisam o grau de alteração que o sistema pode sofrer, direta ou indiretamente, quando estiver em contato com a ameaça climática/impacto biofísico; e
- Indicadores de capacidade adaptativa - exploram o grau em que os elementos do sistema estão preparados para resistir ao possível impacto climático, lidando com oportunidades ou respondendo às consequências (capacidade de resposta).

4.1 Indicadores de Exposição

2. 4.1.1 Eixo Central da Rodovia *

Rodovia é um caminho público, construído de acordo com certos requisitos técnicos, destinado à circulação de veículos rodoviários. Acredita-se que as rodovias são mais expostas aos impactos biofísicos, dependendo de sua localização geográfica. Dessa forma, qual a relevância do indicador Eixo Central da Rodovia para a EXPOSIÇÃO das Rodovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Alagamento/Inundação	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Erosão e Assoreamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Queimadas/Incêndios	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Impacto direto à Altas Temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

3. 4.1.2 Localização das Obras de Arte Especiais - OAEs *

As OAEs são obras que pertencem ao conjunto de itens da infraestrutura rodoviária que basicamente se define como Pontes, Viadutos e Túneis. Estas obras são executadas de modo a realizar a transposição da Via Permanente perante rodovias e desníveis do solo (declives íngremes), também se aplica a construção de pontes sempre quando um curso d'água não consegue ser desviado ou suprimido através do processo de drenagem. Acredita-se que as OAEs são mais expostas aos impactos biofísicos, dependendo de sua localização geográfica. Dessa forma, qual a relevância do indicador Localização das OAEs para a EXPOSIÇÃO das Rodovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Alagamento/Inundação	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Erosão/Assoreamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Queimadas/Incêndios	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Impacto direto Altas temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

4. 4.1.3 Volume Médio Diário Anual (VMDA) *

O VMDA representa o total de veículos que trafegam em um ano dividido por 365 dias (DNIT, 2006). Esse volume, que melhor representa a utilização ou serviço prestado pela via, é usado para indicar a necessidade de novas vias ou melhorias das existentes, determinar as prioridades de investimentos, etc. A maior circulação de veículos sobre as rodovias tende a tornar a operação e a infraestrutura rodoviária (degradação de pavimentos) mais expostas aos impactos de um dado impacto biofísico (Medina & Motta, 2015). Dessa forma, qual a relevância do indicador VMDA para a EXPOSIÇÃO das Rodovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Alagamento/Inundação	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Erosão/Assoreamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Queimadas/Incêndios	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Impacto direto Altas Temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

4.2 Indicador de Vulnerabilidade - Sensibilidade da Infraestrutura

5. 4.2.1 Índice da Condição da Superfície (ICS) *

O Índice da Condição da Superfície (ICS) reflete a situação funcional dos pavimentos. Para a classificação do ICS, são relacionadas faixas de valores correspondentes do Índice de Gravidade Global – IGG e do International Roughness Index – IRI (sigla em Inglês). O IGG quantifica e pondera os defeitos encontrados nos pavimentos, conforme Norma DNIT PRO-006/2003, enquanto que o IRI representa o nível de conforto ao rolamento, dado pelo somatório das imperfeições dos pavimentos acumulados em 1 quilômetro (DNIT, 2018). Acredita-se que como o ICS é desenvolvido considerando dois importantes indicadores de qualidade de pavimentos, quanto pior for esta qualidade, mais sensível a rodovia estará dos impactos biofísicos. Dessa forma, qual a relevância do indicador ICS para a SENSIBILIDADE das Rodovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Alagamento/Inundação	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Erosão/Assoreamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Queimadas/Incêndios	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Impacto direto à Altas Temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

6. 4.2.2 Tipo de Rodovia *

As rodovias federais podem ser separadas nos seguintes tipos: (i) Rodovias Pavimentadas - Rodovia com revestimento superior de pavimento asfáltico, de concreto cimento ou de alvenaria poliédrica; (ii) Rodovias não pavimentadas - Rodovias que apresentam superfície de rolamento sem pavimentação. Estas rodovias normalmente apresentam sua superfície em revestimento primário e permitem tráfego o ano todo; e (iii) Rodovias Planejadas - Rodovias fisicamente inexistentes, mas para as quais são previstos pontos de passagem que estabelecem uma diretriz destinada a atender uma demanda potencial de tráfego. Estes pontos de passagem não são obrigatórios até que a realização de estudos e/ou projetos estabeleçam o traçado definitivo da rodovia (DNIT, 2007). A maior parte das rodovias pavimentadas é de pista simples (92,7%), de acordo com dados da Confederação do Transporte (CNT). Segundo a Confederação, que avalia toda a malha federal pavimentada e os principais trechos estaduais também pavimentados, 61,8% das vias pesquisadas apresentam algum tipo de problema sendo classificadas como regular, ruim ou péssima. O pavimento apresenta problemas em metade dos trechos. Já a sinalização e a geometria da via têm classificação regular, ruim ou péssima, com índices de 59,2% e de 77,9%, respectivamente (CNT, 2018). Para o estudo AdaptaVias as rodovias foram consideradas como Pavimentadas e Não Pavimentadas. Entende-se que, as Rodovias Planejadas, por se tratarem muitas vezes de vias ou pontos de passagem não pavimentada ou até mesmo inexistentes, serão tratadas separadamente. Acredita-se que quando uma rodovia apresenta revestimento superior, seja este de pavimento asfáltico, de concreto cimento ou de alvenaria poliédrica, está menos sensível aos impactos biofísicos que rodovias não pavimentadas ou planejadas. Dessa forma, qual a relevância do indicador Tipo de Rodovias para a SENSIBILIDADE das Rodovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Alagamento/Inundação	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Erosão/Assoreamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Queimadas/Incêndios	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Impacto direto à Altas Temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

7. 4.2.3 Peso da Carga *

O peso da carga é o peso somado de tudo aquilo que o veículo transportou. Este indicador pode ser utilizado para representar o nível de solicitação de carga nos pavimentos e vem expresso em toneladas por tipo de carga e o total, ambos por trecho. Acredita-se que quanto maior for o peso da carga transportada pelos veículos em uma rodovia maior será a solicitação de carga no pavimento e, consequentemente, mais sensível ele estará aos impactos biofísicos. Dessa forma, qual é a relevância do indicador Peso da Carga para a SENSIBILIDADE das Rodovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Alagamento/Inundação	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Erosão/Assoreamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Queimadas/Incêndios	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Impacto direto à Altas Temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

8. 5. Identificação - Nome completo/ Instituição (opcional):

6. Referências

Bierkandt, R.; Sterzel, T.; Kudaiberdieva, N.; Kadyraliev, A.; Gettueva, D. Protecting economic growth against climate change in Kyrgyzstan: Piloting Climate Risk and Vulnerability Assessments in transport and tourism. Berlin/Bishkek, 2020. Disponível em: https://www.adelphi.de/en/system/files/mediathek/bilder/Report-Adelphi-CRVA-EN_final.pdf. Acesso em: 27 jul. 2021.

Confederação Nacional de Transporte - CNT. Anuário CNT do Transporte 2018, 2018. Disponível em: <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2018/>.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. Índice da Condição da Superfície - ICS. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/planejamento/evolucao-da-malha-rodoviaria/ndicedaCondiçãodaSuperfície.pdf>.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. Manual de estudos de tráfego. Rio de Janeiro, 2006. 384 p. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5068343/mod_resource/content/0/DNIT%202006_manual_estudos_trafego.pdf.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. Terminologias Rodoviárias Usualmente Utilizadas, 2007. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/download/rodovias/rodovias-federais/terminologias-rodoviaras/terminologias-rodoviaras-versao-11.1.pdf>.

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC.. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B. et al. (eds.)]. Cambridge & New York, 2014.

Medina, J., Motta, L. M. G., Mecânica dos Pavimentos, 3 ed., Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2015

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Questionário prévio às oficinas com especialistas - RODOVIAS - Etapa 4

Estudo “Levantamento de impactos e riscos climáticos sobre a infraestrutura federal de transporte terrestre (rodoviário e ferroviário) existente e projetada” (ou “Estudo AdaptaVias”).

Etapa 4: Identificação e análise das vulnerabilidades existentes e do grau de exposição da infraestrutura de transporte terrestre brasileira.

*Obrigatório

1. E-mail *

4. Indicadores

Os critérios e definições adotadas para a seleção dos indicadores, com base no AdaptaBrasil, são apresentados a seguir:

- Indicadores de exposição - analisam o nível, duração e/ou extensão, em que o sistema está sujeito ao contato com a ameaça climática/impacto biofísico, sendo uma relação entre o ambiente de análise e a ameaça/impacto biofísico; e
- Indicadores de vulnerabilidade - compreendem o aspecto intrínseco e a priori em que um sistema socioecológico está propenso a ser afetado por ameaças climáticas/impactos biofísicos, podendo ser dividido em indicadores de sensibilidade e de capacidade adaptativa.
 - Indicadores de sensibilidade - analisam o grau de alteração que o sistema pode sofrer, direta ou indiretamente, quando estiver em contato com a ameaça climática/impacto biofísico; e
 - Indicadores de capacidade adaptativa - exploram o grau em que os elementos do sistema estão preparados para resistir ao possível impacto climático, lidando com oportunidades ou respondendo às consequências (capacidade de resposta).

4.1 Indicadores de Exposição

2. 4.1.1 Eixo Central da Rodovia *

Rodovia é um caminho público, construído de acordo com certos requisitos técnicos, destinado à circulação de veículos rodoviários. Acredita-se que as rodovias são mais expostas aos impactos biofísicos, dependendo de sua localização geográfica. Dessa forma, qual a relevância do indicador Eixo Central da Rodovia para a EXPOSIÇÃO das Rodovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Erosão e Assoreamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐

3. 4.1.2 Localização das Obras de Arte Especiais - OAEs *

As OAEs são obras que pertencem ao conjunto de itens da infraestrutura rodoviária que basicamente se define como Pontes, Viadutos e Túneis. Estas obras são executadas de modo a realizar a transposição da Via Permanente perante rodovias e desníveis do solo (declives íngremes), também se aplica a construção de pontes sempre quando um curso d'água não consegue ser desviado ou suprimido através do processo de drenagem. Acredita-se que as OAEs são mais expostas aos impactos biofísicos, dependendo de sua localização geográfica. Dessa forma, qual a relevância do indicador Localização das OAEs para a EXPOSIÇÃO das Rodovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Queimadas/Incêndios	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Impacto direto Altas temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

4. 4.1.3 Volume Médio Diário Anual (VMDA) *

O VMDA representa o total de veículos que trafegam em um ano dividido por 365 dias (DNIT, 2006). Esse volume, que melhor representa a utilização ou serviço prestado pela via, é usado para indicar a necessidade de novas vias ou melhorias das existentes, determinar as prioridades de investimentos, etc. A maior circulação de veículos sobre as rodovias tende a provocar uma degradação mais acelerada da infraestrutura (pavimento), que as tornam mais expostas aos impactos biofísicos (Medina & Motta, 2015). Dessa forma, qual a relevância do indicador VMDA para a EXPOSIÇÃO das Rodovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Alagamento/Inundação	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Erosão/Assoreamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Queimadas/Incêndios	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Impacto direto Altas Temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

4.2 Indicador de Vulnerabilidade - Sensibilidade da Infraestrutura

5. 4.2.1 Índice da Condição da Superfície (ICS) *

O Índice da Condição da Superfície (ICS) reflete a situação funcional dos pavimentos. Para a classificação do ICS, são relacionadas faixas de valores correspondentes do Índice de Gravidade Global – IGG e do International Roughness Index – IRI (sigla em Inglês). O IGG quantifica e pondera os defeitos encontrados nos pavimentos, conforme Norma DNIT PRO-006/2003, enquanto que o IRI representa o nível de conforto ao rolamento, dado pelo somatório das imperfeições dos pavimentos acumulados em 1 quilômetro (DNIT, 2018). Acredita-se que como o ICS é desenvolvido considerando dois importantes indicadores de qualidade de pavimentos, quanto pior for esta qualidade, mais sensível a rodovia estará dos impactos biofísicos. Dessa forma, qual a relevância do indicador ICS para a SENSIBILIDADE das Rodovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Alagamento/Inundação	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Erosão/Assoreamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Queimadas/Incêndios	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Impacto direto à Altas Temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

6. 4.2.2 Tipo de Rodovia *

As rodovias federais podem ser separadas nos seguintes tipos: (i) Rodovias Pavimentadas - Rodovia com revestimento superior de pavimento asfáltico, de concreto cimento ou de alvenaria poliédrica; (ii) Rodovias não pavimentadas - Rodovias que apresentam superfície de rolamento sem pavimentação. Estas rodovias normalmente apresentam sua superfície em revestimento primário e permitem tráfego o ano todo; e (iii) Rodovias Planejadas - Rodovias fisicamente inexistentes, mas para as quais são previstos pontos de passagem que estabelecem uma diretriz destinada a atender uma demanda potencial de tráfego. Estes pontos de passagem não são obrigatórios até que a realização de estudos e/ou projetos estabeleçam o traçado definitivo da rodovia (DNIT, 2007). A maior parte das rodovias pavimentadas é de pista simples (92,7%), de acordo com dados da Confederação do Transporte (CNT). Segundo a Confederação, que avalia toda a malha federal pavimentada e os principais trechos estaduais também pavimentados, 61,8% das vias pesquisadas apresentam algum tipo de problema sendo classificadas como regular, ruim ou péssima. O pavimento apresenta problemas em metade dos trechos. Já a sinalização e a geometria da via têm classificação regular, ruim ou péssima, com índices de 59,2% e de 77,9%, respectivamente (CNT, 2018). Para o estudo AdaptaVias as rodovias foram consideradas como Pavimentadas e Não Pavimentadas. Entende-se que, as Rodovias Planejadas, por se tratarem muitas vezes de vias ou pontos de passagem não pavimentada ou até mesmo inexistentes, serão tratadas separadamente. Acredita-se que quando uma rodovia apresenta revestimento superior, seja este de pavimento asfáltico, de concreto cimento ou de alvenaria poliédrica, está menos sensível aos impactos biofísicos que rodovias não pavimentadas ou planejadas. Dessa forma, qual a relevância do indicador Tipo de Rodovias para a SENSIBILIDADE das Rodovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Alagamento/Inundação	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Queimadas/Incêndios	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Impacto direto à Altas Temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

7. 4.2.3 Peso da Carga *

O peso da carga é o peso somado de tudo aquilo que o veículo transportou. Este indicador pode ser utilizado para representar o nível de solicitação de carga nos pavimentos e vem expresso em toneladas por tipo de carga e o total, ambos por trecho. Acredita-se que quanto maior for o peso da carga transportada pelos veículos em uma rodovia maior será a solicitação de carga no pavimento e, consequentemente, mais sensível ele estará aos impactos biofísicos. Dessa forma, qual é a relevância do indicador Peso da Carga para a SENSIBILIDADE das Rodovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Alagamento/Inundação	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Erosão/Assoreamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Queimadas/Incêndios	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Impacto direto à Altas Temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

8. 5. Identificação - Nome completo/ Instituição (opcional):

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Questionário prévio às oficinas com especialistas - Ferrovias - Etapa 4

Estudo “Levantamento de impactos e riscos climáticos sobre a infraestrutura federal de transporte terrestre (rodoviário e ferroviário) existente e projetada” (ou “Estudo AdaptaVias”).

Etapa 4: Identificação e análise das vulnerabilidades existentes e do grau de exposição da infraestrutura de transporte terrestre brasileira.

*Obrigatório

1. E-mail *

Prezado especialista em infraestrutura ferroviária, o tempo estimado para o preenchimento deste questionário é de 30 minutos, aproximadamente. Pedimos, por gentileza, que leia com atenção todos os campos e responda às perguntas (seção 4), pois as respostas serão analisadas pela equipe de consultoria GITEC/COPPE/UFRJ e os resultados servirão como insumos para a oficina a ser realizada no dia 11/03 - sexta-feira às 14:00h.

1. Apresentação

Diante do atual cenário de condições climáticas desfavoráveis, medidas de adaptação são necessárias para reduzir os riscos e minimizar os impactos, especialmente sobre a infraestrutura de transportes. Existem diversas estratégias de adaptação, com opções de engenharia e não-engenharia, mas que dependem, para uma escolha técnica apropriada, de um profundo conhecimento dos riscos climáticos e dos fatores que os influenciam.

Assim, a análise de risco climático é um instrumento essencial para identificar os fatores de risco e as oportunidades atuais e futuras, bem como nortear as medidas de adaptação a serem implementadas. O conceito de risco climático introduzido no quinto relatório de avaliação (AR5) pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC na sigla inglesa), define: Risco como o potencial para consequências (impactos), onde algo de valor está em jogo e onde o resultado é incerto (IPCC, 2014). O risco de impactos relacionados ao clima resulta da interação entre os componentes do risco: Ameaça climática, Exposição e Vulnerabilidade (sensibilidade e capacidade adaptativa) de sistemas humanos e naturais, conforme identificados na Figura 1.

Figura 1 – Quadro conceitual de risco climático.



AdaptaVias - MInfra

Nesse contexto, o estudo “Levantamento de impactos e riscos climáticos sobre a infraestrutura federal de transporte terrestre (rodoviário e ferroviário) existente e projetada” (ou “Estudo AdaptaVias”) tem como objetivo levantar informações que sirvam de subsídio para o desenvolvimento de estratégias de adaptação à mudança do clima para o setor, no âmbito do Projeto “Apoio ao Brasil na Implantação da Agenda Nacional de Adaptação à Mudança do Clima - PROADAPTA”.

O estudo tem como objetivo geral realizar um levantamento dos impactos e riscos da mudança do clima sobre a infraestrutura federal de transportes terrestres (rodovias e ferrovias) existente e projetada, como subsídio para o desenvolvimento de estratégias de adaptação para o setor.

Metodologia

A metodologia do Projeto AdaptaVias consiste em seis etapas e para cada etapa foram definidas atividades correspondentes, a saber:

- Etapa 1 - Consiste no levantamento de dados e estudos existentes, e descreve a lógica empregada para o planejamento do estudo e a realização da revisão bibliográfica;
- Etapa 2 - Busca identificar os impactos do clima na infraestrutura federal de transporte terrestre (rodoviário e ferroviário) brasileira, com base na análise de dados e séries históricas;
- Etapa 3 - Visa identificar as ameaças climáticas aplicáveis à realidade da infraestrutura de transporte terrestre brasileira;
- Etapa 4 - Consiste na identificação e análise das vulnerabilidades existentes e do grau de exposição da infraestrutura de transporte terrestre brasileira;
- Etapa 5 - Visa analisar o risco climático, com o detalhamento de suas informações, para munir os tomadores de decisão de dados atualizados;
- Etapa 6 - É uma etapa de fechamento, onde serão elencadas as medidas de adaptação necessárias considerando-se os diferentes impactos e as ameaças.

O estudo conta com a realização de oficinas participativas com atores-chaves, as quais têm como objetivo definir o escopo técnico, aquisição de dados e informações, validar os resultados obtidos (indicadores, limiares, índices) e alinhar as etapas subsequentes. A análise de risco considerou a metodologia de desenvolvimento de cadeias de impacto, que consiste numa sequência lógica de causa e efeito entre os fatores de risco e os impactos em vários níveis, ou seja, essa definição incluem explicitamente os elementos dos componentes de risco e impactos em diferentes níveis, sendo que podem existir impactos subsequentes dos sinais climáticos, bem como impactos intermediários que são influenciados pela vulnerabilidade (sensibilidade e capacidade adaptativa).

Contextualização (onde estamos)

A Etapa 4 do Estudo AdaptaVias, consiste na identificação e análise das vulnerabilidades existentes e do grau de exposição da infraestrutura de transporte terrestre brasileira. Para cada etapa são consideradas algumas “Perguntas norteadoras”, que são elementos-chave para nortear o desenvolvimento das etapas/atividades e a entrega de cada produto.

2. Objetivo do questionário

O objetivo desse formulário é levantar a relevância de indicadores existentes para representar os impactos da mudança do clima no transporte ferroviário, mais especificamente os indicadores de Exposição e Sensibilidade da estrutura de risco do IPCC (ver Figura 1).

3. Orientações para o preenchimento do questionário

Este questionário tem como objetivo avaliar os indicadores selecionados na Etapa 4 do estudo pela equipe de consultoria GITEC/COPPE/UFRJ e a ponderação destes frente às ameaças climáticas consideradas. O questionário possui um número total de 12 indicadores de exposição e sensibilidade da Infraestrutura a serem avaliados para a infraestrutura de transporte terrestre ferroviário a partir do risco para os impactos:

- Erosão/ Assoreamento;
- Deslizamento; e
- Altas Temperaturas - Impactos diretos nos trilhos (expansão térmica, flambagem nos trilhos, entre outros impactos no sistema).

Em relação a erosão/assoreamento, nota-se uma contribuição significativa das chuvas (altos volumes pluviométricos e dias consecutivos de chuva) para a ocorrência de impactos na infraestrutura ferroviária, agravados por sensibilidades como superfície vegetal degradada e áreas como erosão aparentes, mas não tratadas. Além disso, destaca-se que a falta de capacidades como práticas de proteção de talude inexistentes ou ineficazes, frequência de manutenção das ferrovias reduzida e falta de controle de uso e ocupação de solo são fatores agravantes para intensificação de impactos, como aumento das enxurradas, colmatação do lastro, desguarnecimento do lastro e até mesmo colapso da plataforma ferroviária.

Deslizamentos de solo e rocha, como um dos impactos biofísicos mais relevantes nas ferrovias, são principalmente desencadeados por eventos de precipitação intensos em curto intervalo de tempo e/ou dias consecutivos de chuva. Além desses eventos climáticos, fatores ecológicos - como a vegetação suprimida em lugares onde poderia contribuir para a regulação hídrica e a estabilização de taludes - são agentes causais dos deslizamentos, como também fatores de engenharia - como a impermeabilização do solo e a drenagem inadequada, que direcionam mais água ainda para locais suscetíveis a movimentos de massa, e cortes em taludes por infraestrutura linear. Esses fatores são, em muitos casos, fruto de redução de atividades de fiscalização, manutenção e planejamento. Os deslizamentos podem causar uma série de danos em elementos da infraestrutura ferroviária, como, entre outros, o sistema de drenagem, flambagem de trilhos ou até o colapso da plataforma.

Por sua vez, as altas temperaturas podem causar impactos diretos na infraestrutura ferroviária tais como flambagem do trilho (empenamento), superaquecimento de equipamentos elétricos e, em pontes/ viadutos, pode-se reduzir o tempo de vida útil de juntas de dilatação (elastômetro), e aparelho de apoio (neoprene). Isso pode ser agravado por sensibilidades como infraestrutura ferroviária frágil, qualidade e tipo dos materiais empregados e método construtivo, bem como falta de capacidades como inexistência ou inadequação dos planos de monitoramento de flambagem, falta de financiamento e falta de diagnóstico e conhecimento.

A avaliação a ser realizada para o modo ferroviário a partir dos indicadores de sensibilidade da infraestrutura (6 indicadores) e exposição da infraestrutura (6 indicadores). O tempo estimado para o preenchimento deste questionário é de 30 minutos, aproximadamente. A avaliação pelo especialista consistirá em atribuir uma relevância (ponderação) para cada indicador (muito alta, alta, média, baixa, muito baixa ou não estou apto(a) a responder) considerando o descritivo, o objetivo e a relevância apresentada do indicador em relação à sua dimensão de risco de impacto climático e à ameaça climática em que o mesmo se situa na avaliação.

4. Indicadores

Os critérios e definições adotadas para a seleção dos indicadores, conforme definições com base no AdaptaBrasil, são apresentados a seguir:

- Indicadores de exposição - analisam o nível, duração e/ou extensão, em que o sistema está sujeito ao contato com a ameaça climática/impacto biofísico, sendo uma relação entre o ambiente de análise e a ameaça/impacto biofísico; e
 - Indicadores de vulnerabilidade - compreendem o aspecto intrínseco e a priori em que um sistema socioecológico está propenso a ser afetado por ameaças climáticas/impactos biofísicos, podendo ser dividido em indicadores de sensibilidade e de capacidade adaptativa.
- Indicadores de sensibilidade - analisam o grau de alteração que o sistema pode sofrer, direta ou indiretamente, quando estiver em contato com a ameaça climática/impacto biofísico; e
- Indicadores de capacidade adaptativa - exploram o grau em que os elementos do sistema estão preparados para resistir ao possível impacto climático, lidando com oportunidades ou respondendo às consequências (capacidade de resposta).

4.1 Indicadores de Exposição

2. 4.1.1 Localização do Trecho Ferroviário *

As ferrovias ou estradas de ferro são um sistema de transporte sobre trilhos. Esse sistema é formado por várias partes, como a via férrea, estações e pátios, material rodante (locomotivas, carros e vagões) e equipamentos diversos. Acredita-se que as ferrovias são mais expostas aos impactos biofísicos, dependendo de sua localização geográfica. Dessa forma, qual é a relevância do indicador trecho ferroviário para a EXPOSIÇÃO das ferrovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Erosão/Assoreamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Impacto direto à Altas Temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

3. 4.1.2 Volume de veículos *

O Volume de veículos representa o total de veículos ferroviários que trafegam em um ano dividido por 365 dias. Esse volume, que melhor representa a utilização ou serviço prestado pela via. Acredita-se que as vias estão mais expostas aos impactos biofísicos, dependendo volume de veículos que ali trafegam. Dessa forma, qual a relevância do indicador Volume de veículos para a EXPOSIÇÃO das Ferrovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Erosão/Assoreamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Impacto direto Altas Temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

4.2 Indicador de Vulnerabilidade - Sensibilidade da Infraestrutura

4. 4.2.1 Tipo de Bitola *

As Bitolas são determinadas a partir da largura entre as faces interiores de dois trilhos de um trecho ferroviário. As bitolas podem ser separadas nos seguintes tipos: (i) Bitola Larga; (ii) Bitola Métrica; e (iii) Bitola Mista. Considerando o critério de estabilidade do material rodante assim como os pontos de mudança de via, entende-se que quando uma ferrovia apresenta Bitola Larga, este tipo de geometria ferroviária está menos sensível aos impactos biofísicos que as ferrovias de Bitola Métrica, que, por sua vez, são menos sensíveis que as ferrovias de Bitola Mista. Dessa forma, qual a relevância do indicador Tipo de Bitolas para a SENSIBILIDADE da Infraestrutura das ferrovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Erosão/Assoreamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Impacto direto à Altas Temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

5. 4.2.2 Peso da Carga *

O Peso da Carga trata do peso bruto transportado, ou seja, tanto da carga quanto do material rodante. Conforme os princípios da Mecânica dos Pavimentos (Medina & Motta, 2015), quanto maior for o peso da carga transportada pelos veículos em uma ferrovia maior será a solicitação de carga sobre a infraestrutura do trecho e, conseqüentemente, mais sensível ele estará aos impactos biofísicos. Dessa forma, qual a relevância do indicador Peso da Carga para a SENSIBILIDADE da Infraestrutura das ferrovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Erosão/Assoreamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Impacto direto à Altas Temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

6. 5. Identificação - Nome completo/ Instituição (opcional):

6. Referências

Medina, J., Motta, L. M. G., Mecânica dos Pavimentos, 3 ed., Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2015.

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC.. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B. et al. (eds.)]. Cambridge & New York, 2014.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Questionário oficinas com especialistas - Ferrovias - Etapa 4

Estudo “Levantamento de impactos e riscos climáticos sobre a infraestrutura federal de transporte terrestre (rodoviário e ferroviário) existente e projetada” (ou “Estudo AdaptaVias”).

Etapa 4: Identificação e análise das vulnerabilidades existentes e do grau de exposição da infraestrutura de transporte terrestre brasileira.

*Obrigatório

1. E-mail *

4. Indicadores

Os critérios e definições adotadas para a seleção dos indicadores, conforme definições com base no AdaptaBrasil, são apresentados a seguir:

- Indicadores de exposição - analisam o nível, duração e/ou extensão, em que o sistema está sujeito ao contato com a ameaça climática/impacto biofísico, sendo uma relação entre o ambiente de análise e a ameaça/impacto biofísico; e
 - Indicadores de vulnerabilidade - compreendem o aspecto intrínseco e a priori em que um sistema socioecológico está propenso a ser afetado por ameaças climáticas/impactos biofísicos, podendo ser dividido em indicadores de sensibilidade e de capacidade adaptativa.
- Indicadores de sensibilidade - analisam o grau de alteração que o sistema pode sofrer, direta ou indiretamente, quando estiver em contato com a ameaça climática/impacto biofísico; e
- Indicadores de capacidade adaptativa - exploram o grau em que os elementos do sistema estão preparados para resistir ao possível impacto climático, lidando com oportunidades ou respondendo às consequências (capacidade de resposta).

4.1 Indicadores de Exposição

2. 4.1.2 Volume de veículos *

O Volume de veículos representa o total de veículos ferroviários que trafegam em um ano dividido por 365 dias. Esse volume, que melhor representa a utilização ou serviço prestado pela via. Acredita-se que as vias estão mais expostas aos impactos biofísicos, dependendo volume de veículos que ali trafegam. Dessa forma, qual a relevância do indicador Volume de veículos para a EXPOSIÇÃO das Ferrovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Impacto direto Altas Temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

4.2 Indicador de Vulnerabilidade - Sensibilidade da Infraestrutura

3. 4.2.1 Tipo de Bitola *

As Bitolas são determinadas a partir da largura entre as faces interiores de dois trilhos de um trecho ferroviário. As bitolas podem ser separadas nos seguintes tipos: (i) Bitola Larga; (ii) Bitola Métrica; e (iii) Bitola Mista. Considerando o critério de estabilidade do material rodante assim como os pontos de mudança de via, entende-se que quando uma ferrovia apresenta Bitola Larga, este tipo de geometria ferroviária está menos sensível aos impactos biofísicos que as ferrovias de Bitola Métrica, que, por sua vez, são menos sensíveis que as ferrovias de Bitola Mista. Dessa forma, qual a relevância do indicador Tipo de Bitolas para a SENSIBILIDADE da Infraestrutura das ferrovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Impacto direto Altas Temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

4. 4.2.2 Peso da Carga *

O Peso da Carga trata do peso bruto transportado, ou seja, tanto da carga quanto do material rodante. Conforme os princípios da Mecânica dos Pavimentos (Medina & Motta, 2015), quanto maior for o peso da carga transportada pelos veículos em uma ferrovia maior será a solicitação de carga sobre a infraestrutura do trecho e, conseqüentemente, mais sensível ele estará aos impactos biofísicos. Dessa forma, qual a relevância do indicador Peso da Carga para a SENSIBILIDADE da Infraestrutura das ferrovias aos impactos listados a seguir?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	Não estou apto(a) a responder
Erosão/Assoreamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Deslizamento	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Impacto direto à Altas Temperaturas	☐	☐	☐	☐	☐	☐

5. 5. Identificação - Nome completo/ Instituição (opcional):

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

MODO RODOVIÁRIO

Tema do Impacto: Alagamento e inundação

Nível 1	Nível 2 (Índice final)	Nível 3 (Dimensões)	Nível 4	Nível 5 (Indicadores temáticos)	Nível 6 (indicadores simples) normalizado e ponderado ORIGINAL - CADEIAS	Nível 7 (base de dados)	Formato	Classificação	Subclassificação	Normalização
Modo Rodoviário	Índice de Risco de Alagamento e Inundação	Índice de Vulnerabilidade	Índice de Sensibilidade	Sensibilidade meio biofísico	Mapa de Vulnerabilidade a Inundações	Base de Dados da ANA	shapefile	Qualitativo	Ordinal	0,15 - Baixo; 0,50 - Médio; e 0,85 - Alto.
				Sensibilidade infraestrutura	Índice da Condição da Superfície (ICS) - Desenvolvido em função do IGG e do IRI	Base de Dados do DNIT	shapefile	Qualitativo/Quantitativo	Ordinal/Discreto	0,01 - Ótimo; 0,25 - Bom; 0,50 - Regular; 0,75- Ruim; 1,0 - Péssimo.
					Tipo de Rodovias	Base de Dados do DNIT	shapefile	Qualitativo	Nominal	0,2 - Pavimentada; 0,8 - Planejada e Não Pavimentada
					Peso da carga	Base de Dados do PNL	shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
		Índice de Exposição	N/A	Índice de Exposição da infraestrutura	Eixo central da Rodovia	Base de Dados do MINFRA	shapefile	Quantitativo	Contínuo	0,0 - Trecho não Rodoviário; 1,0 - Trecho Rodoviário
					Localização da OAE	Base de Dados do DNIT	shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					Volume Médio Diário Anual (VMDA)	Base de Dados do DNIT	shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
		Ameaça Climática	N/A	Precipitação intensa	R20mm	Produto 3	geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					RX1day	Produto 3	geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					CDW	Produto 3	geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado

Obs:

Deve-se salientar dois pontos: Os indicadores temáticos (Nível 4) são opcionais. Em relação aos dados brutos (nível 6), não será necessário qualquer preenchimento nas planilhas.

Em relação aos indicadores de ameaças climáticas (observado e projetado), os mesmos serão calculados de acordo com o levantamento de impactos da mudança do clima nos setores rodoviário e ferroviário (atividade 2 do TdR).

Capacidade Adaptativa
“capacidade de resposta”, ou capacidade adaptativa*

MODO RODOVIÁRIO										
Tema do Impacto: Erosão e Assoreamento										
Nível 1	Nível 2 (Índice final)	Nível 3 (Dimensões)	Nível 4	Nível 5 (Indicadores temáticos) opcional	Nível 6 (indicadores simples) normalizado e ponderado ORIGINAL - CADEIAS	Nível 7 (base de dados)	Formato	Classificação	Subclassificação	Normalização
Modo Rodoviário	Índice de Risco de Erosão	Índice de Vulnerabilidade	Índice de Sensibilidade	Sensibilidade meio biofísico	Erodibilidade/ Pedologia	Base de Dados do EMBRAPA	Shapefile	Qualitativo	Ordinal	0,10 - Muito Baixo; 0,25 - Baixo; 0,50 - Médio; 0,75 - Alto; e 1,0 - Muito Alto. Não se aplicam - Afloramento Rochoso, Corpos d'Água e Fase Erodida
					Declividade	Base de Dados do CPRM	Shapefile	Quantitativo	Ordinal	0,01 - Plano (de 0 a 3%); 0,25 - Suave Ondulado (de 3 a 8%); 0,50 - Ondulado (de 8 a 20%); 0,75 - Forte Ondulado (de 20 a 45%); e 1,00 - Montanhoso e Escarpado (maior que 45%)
					Uso e Cobertura do Solo	Base de Dados do IBGE	Shapefile	Qualitativo	Nominal	0,01 - Área Artificial/Corpos d'Água/Veg. Florestal; 0,25 - Silvicultura/Veg. Campestre/Área Úmida; 0,50 - Mosaico de Ocupações; 0,75 - Área Agrícola; e 1,0 - Pastagem com Manejo/Área Descoberta
				Sensibilidade infraestrutura	Índice da Condição da Superfície (ICS) - Desenvolvido em função do IGG e do IRI	Base de Dados do DNIT	Shapefile	Qualitativo/ Quantitativo	Ordinal/ Discreto	0,01 - Ótimo; 0,25 - Bom; 0,50 - Regular; 0,75- Ruim; 1,0 - Péssimo
					Tipo de Rodovias	Base de Dados do DNIT	shapefile	Qualitativo	Nominal	0,2 - Pavimentada; 0,8 - Planejada e Não Pavimentada
					Peso da carga	Base de Dados do PNL	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
		Índice de Exposição	N/A	Índice de Exposição da infraestrutura	Eixo central da Rodovia	Base de Dados do MINFRA	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	0,0 - Trecho não Rodoviário; 1,0 - Trecho Rodoviário
					Localização da OAE	Base de Dados do DNIT	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					Volume Médio Diário Anual (VMDA)	Base de Dados do DNIT	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
		Ameaça Climática	N/A	Precipitação intensa	R20mm	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					RX1day	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					SDII	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado

Deve-se salientar dois pontos: Os indicadores temáticos (Nível 4) são opcionais. Em relação aos dados brutos (nível 6), não será necessário qualquer preenchimento nas planilhas. Em relação aos indicadores de ameaças climáticas (observado e projetado), os mesmos serão calculados de acordo com o levantamento de impactos da mudança do clima nos setores rodoviário e ferroviário (atividade 2 do TdR).

Capacidade Adaptativa
“capacidade de resposta”, ou capacidade adaptativa*

MODO RODOVIÁRIO										
Tema do Impacto: Deslizamento										
Nível 1	Nível 2 (Índice final)	Nível 3 (Dimensões)	Nível 4	Nível 5 (Indicadores temáticos) opcional	Nível 6 (indicadores simples) normalizado e ponderado ORIGINAL - CADEIAS	Nível 7 (base de dados)	Formato	Classificação	Subclassificação	Normalização
Modo Rodoviário	Índice de Risco de Deslizamento	Índice de Vulnerabilidade	Índice de Sensibilidade	Sensibilidade meio biofísico	Pedologia	Base de Dados do IBGE	Shape	Qualitativo	Nominal	0,01 - Muito Baixa; 0,25 - Baixa; 0,50 - Média; 0,75 - Alta; e 1,0 - Muito Alta
					Declividade					
					Uso e Cobertura do Solo					
					Geologia (Províncias Estruturais)					
					Geomorfologia (Modelados)					
				Sensibilidade infraestrutura	Índice da Condição da Superfície (ICS) - Desenvolvido em função do IGG e do IRI	Base de Dados do DNIT	Shapefile	Qualitativo/Quantitativo	Ordinal/ Discreto	0,01 - Ótimo; 0,25 - Bom; 0,50 - Regular; 0,75- Ruim; 1,0 - Péssimo
					Tipo de Rodovias	Base de Dados do DNIT	shapefile	Qualitativo	Nominal	0,2 - Pavimentada; 0,8 - Planejada e Não Pavimentada
					Peso da carga	Base de Dados do PNL	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
		Índice de Exposição	N/A	Índice de Exposição da infraestrutura	Eixo central da Rodovia	Base de Dados do MINFRA	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	0,0 - Trecho não Rodoviário; 1,0 - Trecho Rodoviário
					Localização da OAE	Base de Dados do DNIT	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					Volume Médio Diário Anual (VMDA)	Base de Dados do DNIT	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
		Ameaça Climática	N/A	Precipitação intensa	R50mm	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					Rx5day	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					CWD	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado

Obs:

Deve-se salientar dois pontos: Os indicadores temáticos (Nível 4) são opcionais. Em relação aos dados brutos (nível 6), não será necessário qualquer preenchimento nas planilhas.

Em relação aos indicadores de ameaças climáticas (observado e projetado), os mesmos serão calculados de acordo com o levantamento de impactos da mudança do clima nos setores rodoviário e ferroviário (atividade 2 do TdR).

Capacidade Adaptativa
“capacidade de resposta”, ou capacidade adaptativa*

MODO RODOVIÁRIO										
Tema do Impacto: Queimada										
Nível 1	Nível 2 (Índice final)	Nível 3 (Dimensões)	Nível 4	Nível 5 (Indicadores temáticos) opcional	Nível 6 (indicadores simples) normalizado e ponderado ORIGINAL - CADEIAS	Nível 7 (base de dados)	Formato	Classificação	Subclassificação	Normalização
Modo Rodoviário	Índice de Risco de Queimadas	Índice de Vulnerabilidade	Índice de Sensibilidade	Sensibilidade meio biofísico	Focos de Incêndio	Base de Dados do INPE	Shapefile	Qualitativo/Quantitativo	Nominal/Contínuo	O indicador final será a média dos níveis que cada trecho rodoviário obteve ao longo dos anos da série analisada.
				Sensibilidade infraestrutura	Índice da Condição da Superfície (ICS) - Desenvolvido em função do IGG e do IRI	Base de Dados do DNIT	Shapefile	Qualitativo/Quantitativo	Ordinal/Discreto	0,01 - Ótimo; 0,25 - Bom; 0,50 - Regular; 0,75- Ruim; 1,0 - Péssimo.
					Tipo de Rodovias	Base de Dados do DNIT	shapefile	Qualitativo	Nominal	0,2 - Pavimentada; 0,8 - Planejada e Não Pavimentada
					Peso da carga	Base de Dados do PNL	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	0,01 - [0,000359 - 2.442.681,8]; 0,25 - [2.442.855,4 - 61.065.586,5]; 0,5 - [61.111.638,8 - 117.461.032,2]; 0,75 - [124.194.010,6 - 172.204.156,7]; 1,00 - 244.270.791,3
		Índice de Exposição	N/A	Índice de Exposição da infraestrutura	Eixo central da Rodovia	Base de Dados do MINFRA	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	0,0 - Trecho não Rodoviário; 1,0 - Trecho Rodoviário
					Localização da OAE	Base de Dados do DNIT	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	0 - Não Aplicável; 0,01 -]0 - 0,24]; 0,25 - [0,24 - 5,46]; 0,50 - [6,9 - 10,31]; 1,00 - [20,94 - 24,34]
					Volume Médio Diário Anual (VMDA)	Base de Dados do DNIT	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	0,01 - (389 - 32.802); 0,25 - (32.970 - 64.945); 0,50 - (65.876 - 96.141); 0,75 - (98.220 - 122.948); 1,00 - (130.674)
		Ameaça Climática	N/A	N/A	TXge30	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					HWDI	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					CDD	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado

Obs:

Deve-se salientar dois pontos: Os indicadores temáticos (Nível 4) são opcionais. Em relação aos dados brutos (nível 6), não será necessário qualquer preenchimento nas planilhas.

Em relação aos indicadores de ameaças climáticas (observado e projetado), os mesmos serão calculados de acordo com o levantamento de impactos da mudança do clima nos setores rodoviário e ferroviário (atividade 2 do TdR).

Capacidade Adaptativa

“capacidade de resposta”, ou capacidade adaptativa*

critério de administração/gestão

MODO RODOVIÁRIO

Tema do Impacto: Altas Temperaturas

Nível 1	Nível 2 (Índice final)	Nível 3 (Dimensões)	Nível 4	Nível 5 (Indicadores temáticos) opcional	Nível 6 (indicadores simples) normalizado e ponderado ORIGINAL - CADEIAS	Nível 7 (base de dados)	Formato	Classificação	Subclassificação	Normalização
Modo Rodoviário	Índice de risco de impactos diretos por Altas Temperaturas	Índice de Vulnerabilidade	Índice de Sensibilidade	Sensibilidade infraestrutura	Índice da Condição da Superfície (ICS) - Desenvolvido em função do IGG e do IRI	Base de Dados do DNIT	Shapefile	Qualitativo/Quantitativo	Ordinal/Discreto	0,01 - Ótimo; 0,25 - Bom; 0,50 - Regular; 0,75- Ruim; 1,0 - Péssimo.
					Tipo de Rodovias	Base de Dados do DNIT	shapefile	Qualitativo	Nominal	0,2 - Pavimentada; 0,8 - Planejada e Não Pavimentada
					Peso da carga	Base de Dados do PNL	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
		Índice de Exposição	N/A	Índice de Exposição da infraestrutura	Eixo central da Rodovia	Base de Dados do MINFRA	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	0,0 - Trecho não Rodoviário; 1,0 - Trecho Rodoviário
					Localização da OAE	Base de Dados do DNIT	Shapefile	Quantitativo	contínuo	Método min-max observado
					Volume Médio Diário Anual (VMDA)	Base de Dados do DNIT	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
		Ameaça Climática	N/A	Altas temperaturas	HWDI	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					Tx7day	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado

Obs:

Deve-se salientar dois pontos: Os indicadores temáticos (Nível 4) são opcionais. Em relação aos dados brutos (nível 6), não será necessário qualquer preenchimento nas planilhas.

Em relação aos indicadores de ameaças climáticas (observado e projetado), os mesmos serão calculados de acordo com o levantamento de impactos da mudança do clima nos setores rodoviário e ferroviário (atividade 2 do TdR).

Capacidade Adaptativa

“capacidade de resposta”, ou capacidade adaptativa*
critério de administração/gestão

MODO FERROVIÁRIO

Tema do Impacto: Erosão e Assoreamento

Nível 1	Nível 2 (Índice final)	Nível 3 (Dimensões)	Nível 4	Nível 5 (Indicadores temáticos) opcional	Nível 6 (indicadores simples) normalizado e ponderado ORIGINAL - CADEIAS	Nível 7 (base de dados)	Formato	Classificação	Subclassif icação	Normalização
Modo Ferroviário	Índice de Risco de Erosão	Índice de Vulnerabilidade	Índice de Sensibilidade	Sensibilidade meio biofísico	Erodibilidade/ Pedologia	Base de Dados do EMBRAPA	Shapefile	Qualitativo	Ordinal	0,10 - Muito Baixo; 0,25 - Baixo; 0,50 - Médio; 0,75 - Alto; e 1,0 - Muito Alto. Não se aplicam - Afloramento Rochoso, Corpos d'Água e Fase Erodida
					Declividade	Base de Dados do CPRM	Shapefile	Quantitativo	Ordinal	0,01 - Plano (de 0 a 3%); 0,25 - Suave Ondulado (de 3 a 8%); 0,50 - Ondulado (de 8 a 20%); 0,75 - Forte Ondulado (de 20 a 45%); e 1,00 - Montanhoso e Escarpado (maior que 45%)
					Uso e Cobertura do Solo	Base de Dados do IBGE	Shapefile	Qualitativo	Nominal	0,01 - Área Artificial/Corpos d'Água/Veg. Florestal; 0,25 - Silvicultura/Veg. Campestre/Área Úmida; 0,50 - Mosaico de Ocupações; 0,75 - Área Agrícola; e 1,0 - Pastagem com Manejo/Área Descoberta
				Sensibilidade infraestrutura	Bitolas	Base de Dados do MINFRA	Shapefile	Qualitativo	Ordinal	0,01 - Bitola Larga; 0,50 - Bitola Métrica; 1,00 - Bitola Mista
					Peso da carga	Base de Dados do PNL	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
				Índice de Exposição	N/A	Índice de Exposição da infraestrutura	Volume médio	Base de Dados do PNL	Shapefile	Quantitativo
		Trecho Ferroviário	Base de Dados do MINFRA				Shapefile	Quantitativo	Contínuo	0,0 - Trecho não Ferroviário; 1,0 - Trecho Ferroviário
		Ameaça Climática	N/A	Precipitação intensa	R20mm	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					RX1day	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					SDII	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado

Obs:

Deve-se salientar dois pontos: Os indicadores temáticos (Nível 4) são opcionais. Em relação aos dados brutos (nível 6), não será necessário qualquer preenchimento nas planilhas.

Em relação aos indicadores de ameaças climáticas (observado e projetado), os mesmos serão calculados de acordo com o levantamento de impactos da mudança do clima nos setores rodoviário e ferroviário (atividade 2 do TdR).

Capacidade Adaptativa

“capacidade de resposta”, ou capacidade adaptativa*

MODO FERROVIÁRIO

Tema do Impacto: Deslizamento

Nível 1	Nível 2 (Índice final)	Nível 3 (Dimensões)	Nível 4 (Categorias)	Nível 5 (Indicadores temáticos) opcional	Nível 6 (indicadores simples) normalizado e ponderado ORIGINAL - CADEIAS	Nível 7 (base de dados)	Formato	Classifica- ção	Subclassifi- cação	Normalização
Modo Ferroviário	Índice de Risco de Deslizamento	Índice de Vulnerabilidade	Índice de Sensibilidade	Sensibilidade meio biofísico	Pedologia	Base de Dados do IBGE	Shapefile	Qualitativo	Nominal	0,01 - Muito Baixa; 0,25 - Baixa; 0,50 - Média; 0,75 - Alta; e 1,0 - Muito Alta
					Declividade					
					Uso e Cobertura do Solo					
					Geologia (Províncias Estruturais)					
					Geomorfologia (Modelados)					
		Índice de Exposição	N/A	Índice de Exposição da infraestrutura	Bitolas	Base de Dados do MINFRA	Shapefile	Qualitativo	Ordinal	0,01 - Bitola Larga; 0,50 - Bitola Métrica; 1,00 - Bitola Mista
					Peso da carga	Base de Dados do PNL	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					Volume médio	Base de Dados do PNL	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
		Ameaça Climática	N/A	Precipitação intensa	Trecho Ferroviário	Base de Dados do MINFRA	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	0,0 - Trecho não Ferroviário; 1,0 - Trecho Ferroviário
					R50mm	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					Rx5day	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					CWD	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado

Obs:

Deve-se salientar dois pontos: Os indicadores temáticos (Nível 4) são opcionais. Em relação aos dados brutos (nível 6), não será necessário qualquer preenchimento nas planilhas.

Em relação aos indicadores de ameaças climáticas (observado e projetado), os mesmos serão calculados de acordo com o levantamento de impactos da mudança do clima nos setores rodoviário e ferroviário (atividade 2 do TdR).

Capacidade Adaptativa
“capacidade de resposta”, ou capacidade adaptativa*

MODO FERROVIÁRIO

Tema do Impacto: Altas Temperaturas

Nível 1	Nível 2 (Índice final)	Nível 3 (Dimensões)	Nível 4 (Categorias)	Nível 5 (Indicadores temáticos) opcional	Nível 6 (indicadores simples) normalizado e ponderado ORIGINAL -	Nível 7 (base de dados)	Formato	Classificação	Subclassificação	Normalização
Modo ferroviário	Índice de risco de impactos diretos por Altas Temperaturas	Índice de Vulnerabilidade	Índice de Sensibilidade	Sensibilidade infraestrutura	Bitola	Base de Dados do MINFRA	Shapefile	Qualitativo	Ordinal	0,01 - Bitola Larga; 0,50 - Bitola Métrica; 1,00 - Bitola Mista
					Peso da carga	Base de Dados do PNL	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
		Índice de Exposição	N/A	Índice de Exposição da infraestrutura	Trecho Ferroviário	Base de Dados do MINFRA	Shape	Quantitativo	Contínuo	0,0 - Trecho não Ferroviário; 1,0 - Trecho Ferroviário
					Volume de veículos	Base de Dados do PNL	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
		Ameaça Climática	N/A	Altas temperaturas	HWDI	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					Tx7day	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado

Obs:

Deve-se salientar dois pontos: Os indicadores temáticos (Nível 4) são opcionais. Em relação aos dados brutos (nível 6), não será necessário qualquer preenchimento nas planilhas.

Em relação aos indicadores de ameaças climáticas (observado e projetado), os mesmos serão calculados de acordo com o levantamento de impactos da mudança do clima nos setores rodoviário e ferroviário (atividade 2 do TdR).

Capacidade Adaptativa

“capacidade de resposta”, ou capacidade adaptativa*

MODO FERROVIÁRIO

Tema do Impacto: Queimada

Nível 1	Nível 2 (Índice final)	Nível 3 (Dimensões)	Nível 4 (Categorias)	Nível 5 (Indicadores temáticos) opcional	Nível 6 (indicadores simples) normalizado e ponderado ORIGINAL - CADEIAS	Nível 7 (base de dados)	Formato	Classificação	Subclassifi- cação	Normalização
Modo ferroviário	Índice de risco de impactos diretos por Altas Temperaturas	Índice de Vulnerabili- dade	Índice de Sensibilidade	Sensibilidade meio biofísico	Focos de Incêndio	Base de Dados do INPE	Shapefile	Qualitativo/ Quantitativo	Nominal/ Contínuo	O indicador final será a média dos níveis que cada trecho ferroviário obteve ao longo dos anos da série analisada.
				Sensibilidade infraestrutura	Bitola	Base de Dados do MINFRA	Shapefile	Qualitativo	Ordinal	0,01 - Bitola Larga; 0,50 - Bitola Métrica; 1,00 - Bitola Mista
					Peso da carga	Base de Dados do PNL	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
		Índice de Exposição	N/A	Índice de Exposição da infraestrutura	Trecho Ferroviário	Base de Dados do MINFRA	Shape	Quantitativo	Contínuo	0,0 - Trecho não Ferroviário; 1,0 - Trecho Ferroviário
					Volume de veículos	Base de Dados do PNL	Shapefile	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
		Ameaça Climática	N/A	N/A	TXge30	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					HWDI	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado
					CDD	Produto 3	Geotif	Quantitativo	Contínuo	Método min-max observado

Obs:

Deve-se salientar dois pontos: Os indicadores temáticos (Nível 4) são opcionais. Em relação aos dados brutos (nível 6), não será necessário qualquer preenchimento nas planilhas.

Em relação aos indicadores de ameaças climáticas (observado e projetado), os mesmos serão calculados de acordo com o levantamento de impactos da mudança do clima nos setores rodoviário e ferroviário (atividade 2 do TdR).

Capacidade Adaptativa

“capacidade de resposta”, ou capacidade adaptativa*

ANEXO V - Figuras dos Indicadores Hierarquizados

Indicadores Hierarquizados do modo Rodoviário

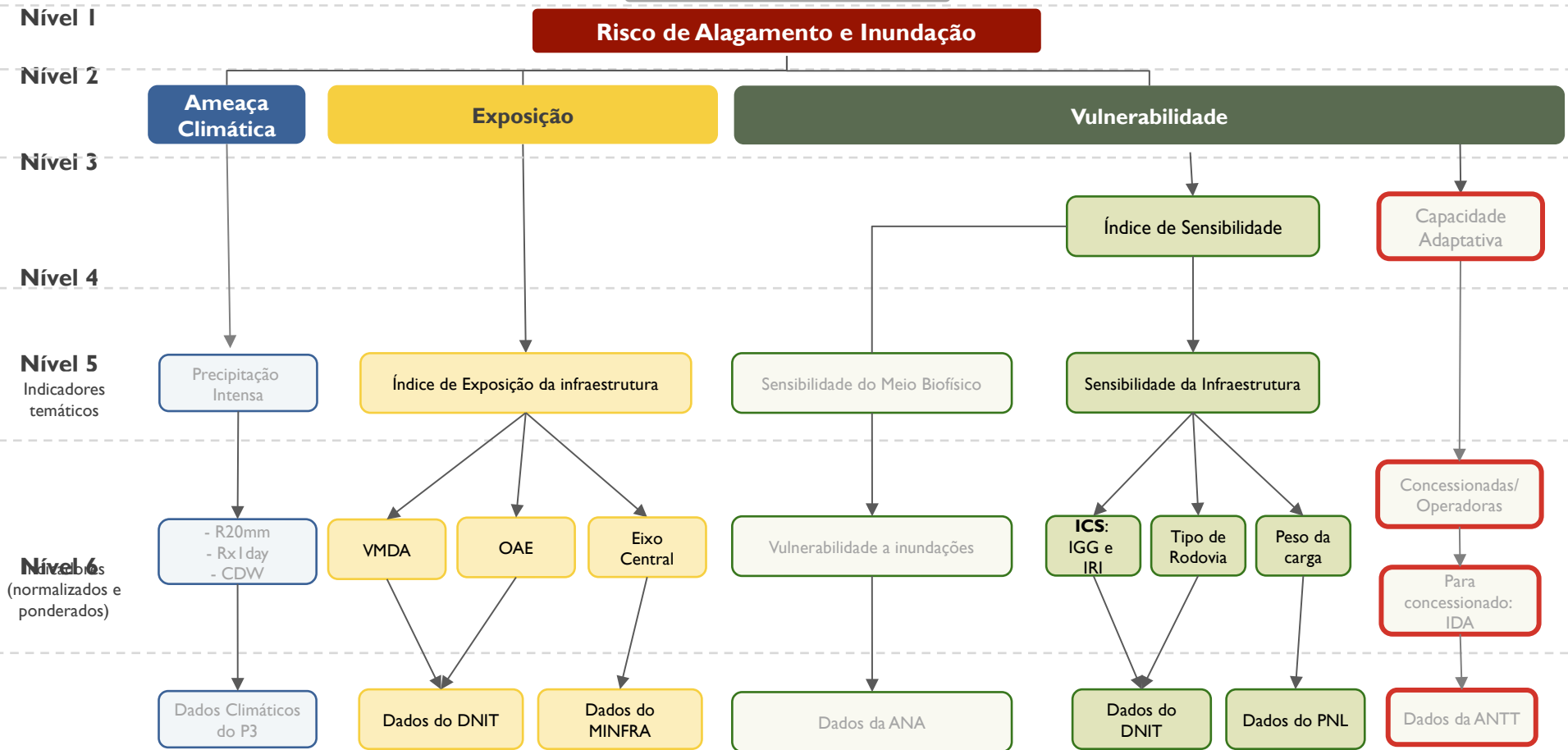
- Alagamento e inundações
- Erosão e Assoreamento
- Deslizamento
- Queimada
- Alta Temperatura

Indicadores Hierarquizados do modo Ferroviário

- Erosão
- Deslizamento
- Queimada
- Altas temperaturas

Infraestrutura Rodoviária

Risco de Alagamento e Inundação



Infraestrutura Rodoviária

Risco de Erosão/Assoreamento

Nível 1

Nível 2

Nível 3

Nível 4

Nível 5
Indicadores
temáticos

Nível 6
Indicadores
(normalizados e
ponderados)

Nível 7

Ameaça
Climática

Exposição

Vulnerabilidade

Índice de Sensibilidade

Capacidade
Adaptativa

Precipitação
Intensa

Índice de Exposição da infraestrutura

Sensibilidade do Meio Biofísico

Sensibilidade da Infraestrutura

- R20mm
- Rx I day
- SDII

VMDA

OAE

Eixo
Central

Erodibilidade

Declividade

Uso e
Cobertura do
Solo

ICS:
IGG e
IRI

Tipo de
Rodovia

Peso da
carga

Concessionadas/
Operadoras

Para
concessionado:
IDA

Dados Climáticos
do P3

Dados do DNIT

Dados do
MINFRA

Dados da
EMPRA

Dados do
CPMR

Dados do
IBGE

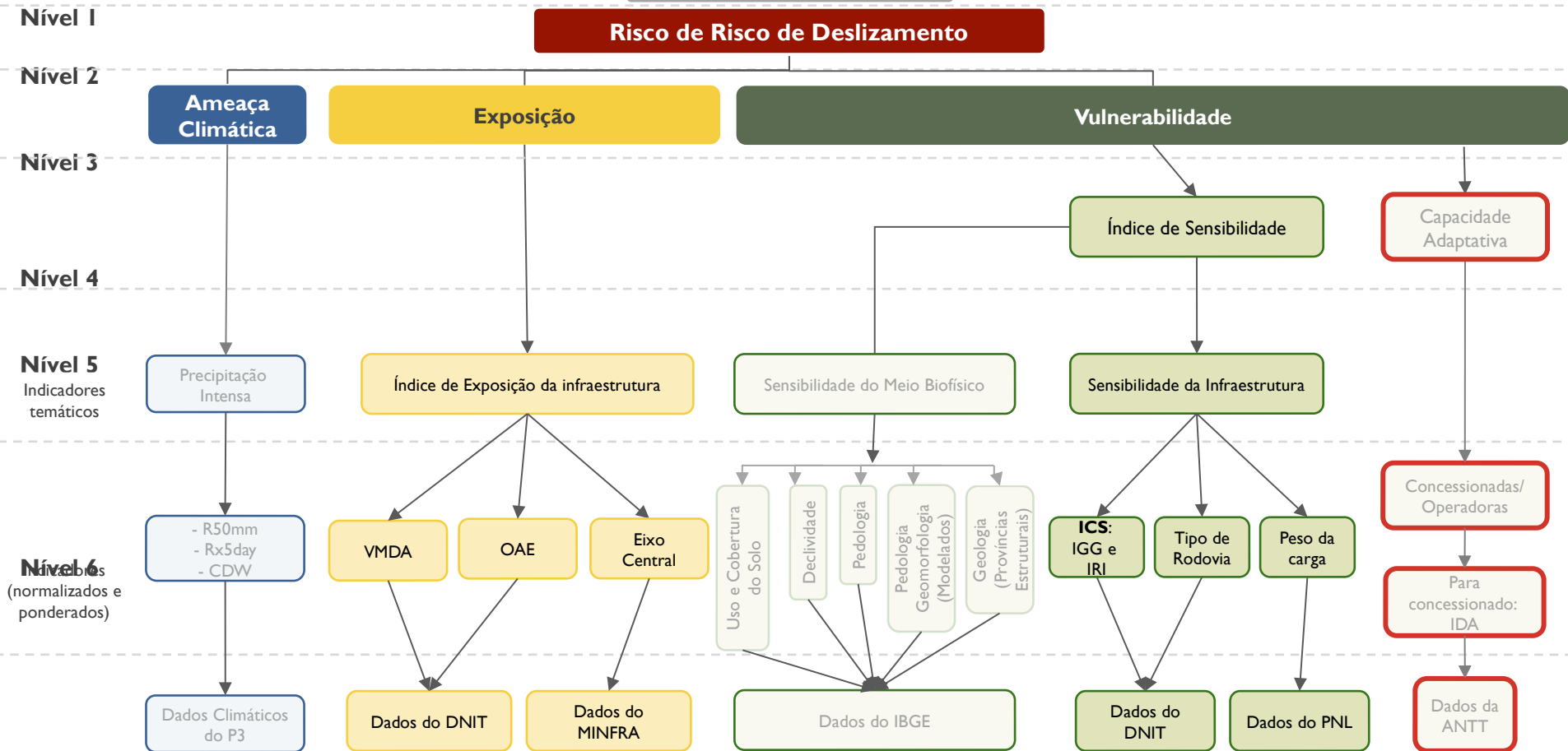
Dados do
DNIT

Dados do PNL

Dados da
ANTT

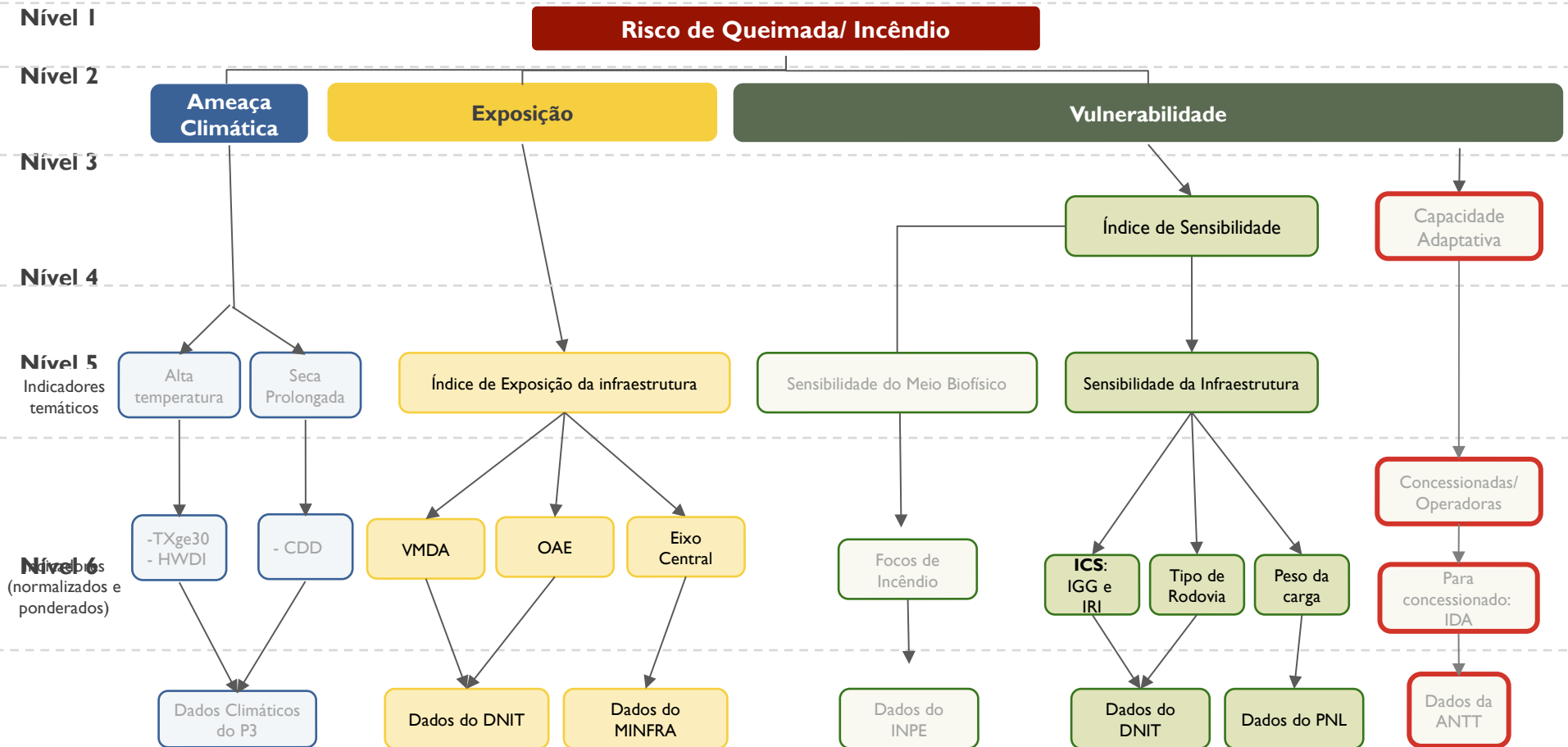
Infraestrutura Rodoviária

Risco de Risco de Deslizamento



Infraestrutura Rodoviária

Risco de Queimada/ Incêndio



Infraestrutura Rodoviária

Risco de Altas Temperaturas

Nível 1

Nível 2

Nível 3

Nível 4

Nível 5

Indicadores temáticos

Nível 6

Indicadores (normalizados e ponderados)

Nível 7

Ameaça Climática

Exposição

Vulnerabilidade

Índice de Sensibilidade

Capacidade Adaptativa

Alta Temperatura

Índice de Exposição da infraestrutura

Sensibilidade da Infraestrutura

Concessionadas/ Operadoras

- HWDI
- Tx7day

VMDA

OAE

Eixo Central

ICS:
IGG e
IRI

Tipo de Rodovia

Peso da carga

Para concessionado:
IDA

Dados Climáticos
do P3

Dados do DNIT

Dados do MINFRA

Dados do DNIT

Dados do PNL

Dados da ANTT

Figuras dos Indicadores Hierarquizados do modo Ferroviário

- Erosão
- Deslizamento
- Queimada
- Altas temperaturas

Infraestrutura Ferroviária

Risco de Erosão

Nível 1

Nível 2

Nível 3

Nível 4

Nível 5
Indicadores
temáticos

Nível 6
Indicadores
(normalizados e
ponderados)

Nível 7

Ameaça
Climática

Exposição

Vulnerabilidade

Índice de Sensibilidade

Capacidade
Adaptativa

Precipitação
Intensa

Exposição da infraestrutura

Sensibilidade do Meio Biofísico

Sensibilidade da Infraestrutura

- R20mm
- Rx I day
- SDII

Trecho Ferroviário

Volume dos
veículos

Erodibilidade

Declividade

Uso e
Cobertura do
Solo

Bitola

Peso da carga

Concessionadas/
Operadoras

Para
concessionado:
IDA

Dados Climáticos
do P3

Dados do
MINFRA

Dados do PNL

Dados da
EMPRA

Dados do
CPMR

Dados do
IBGE

Dados do
MINFRA

Dados do PNL

Dados da
ANTT

Infraestrutura Ferroviária

Risco de Risco de Deslizamento

Nível 1

Nível 2

Ameaça
Climática

Exposição

Vulnerabilidade

Nível 3

Índice de Sensibilidade

Capacidade
Adaptativa

Nível 4

Sensibilidade do Meio Biofísico

Sensibilidade da Infraestrutura

Nível 5
Indicadores
temáticos

Precipitação
Intensa

Exposição da infraestrutura

Nível 6
Indicadores
(normalizados e
ponderados)

- R50mm
- Rx5day
- CDW

Trecho Ferroviário

Volume dos
veículos

Uso e Cobertura
do Solo

Declividade

Pedologia

Pedologia
Geomorfologia
(Modelados)

Geologia
(Províncias
Estruturais)

Bitola

Peso da carga

Concessionadas/
Operadoras

Para
concessionado:
IDA

Dados da
ANTT

Dados Climáticos
do P3

Dados do
MINFRA

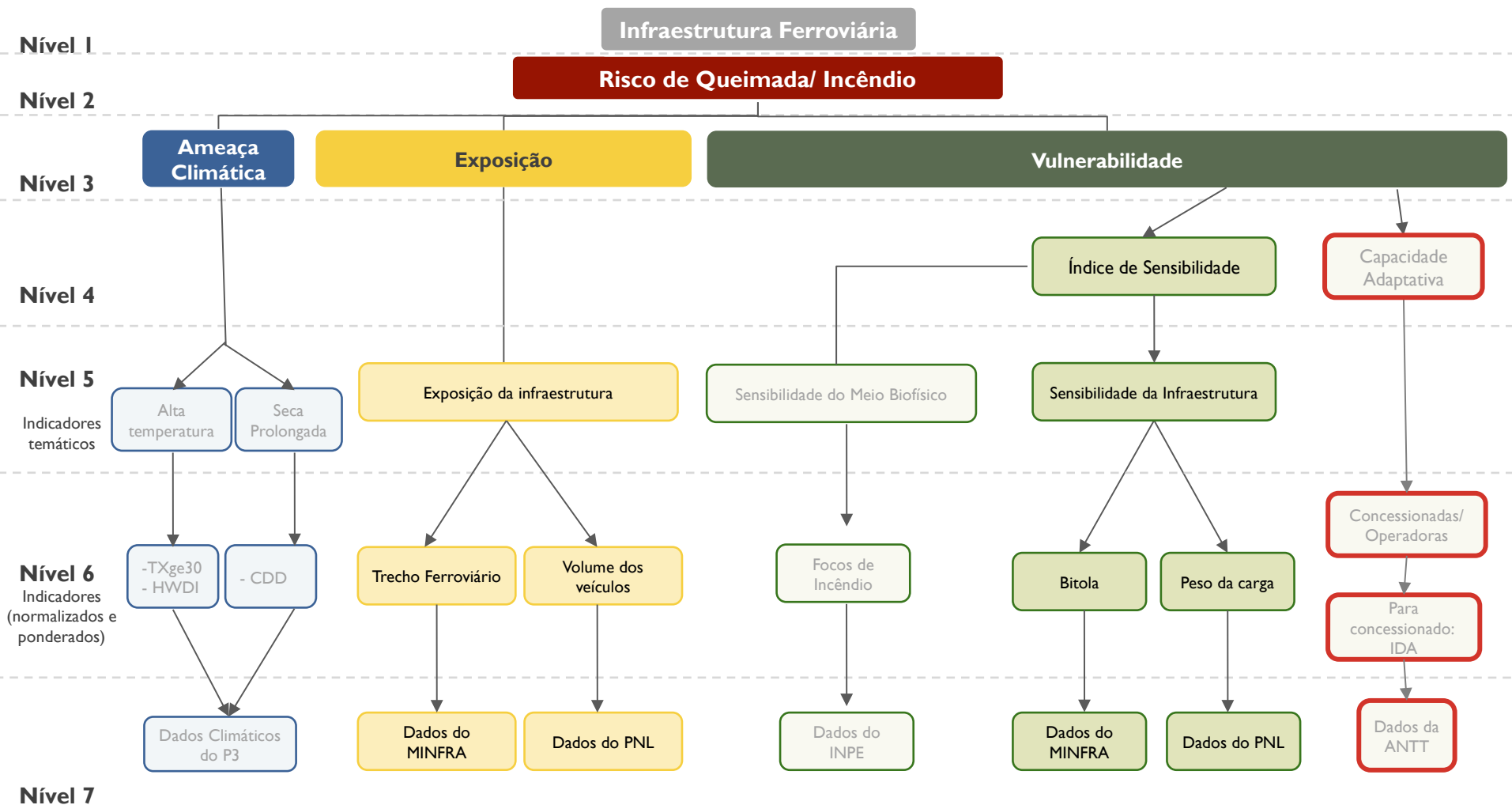
Dados do PNL

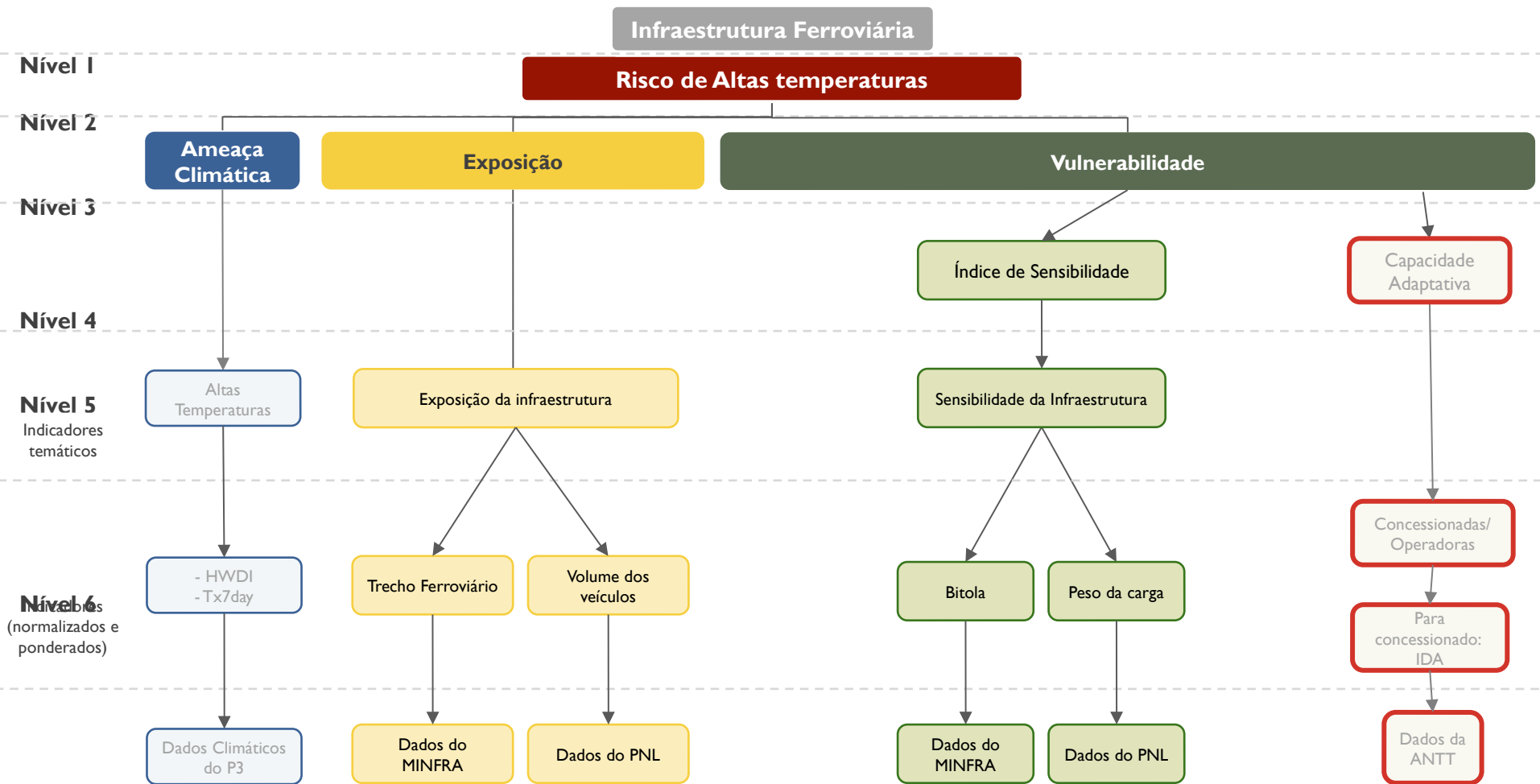
Dados do IBGE

Dados do
MINFRA

Dados do PNL

Nível 7





PRODUTO 4 - ANEXO I. REPOSITÓRIO BIB ANEXO I. REPOSITÓRIO BIBLIOGRÁFICO
 MODO: RODOVIÁRIO

Componentes do Risco Climático	Impactos biofísicos	Indicadores	Normalização e mapas	Análise geral
Exposição	Alagamento/inundação; Erosão e assoreamento; Deslizamento; Queimada/incêndio; e impactos por altas temperaturas	(i) localização do eixo central da rodovia	A normalização da localização do eixo central da rodovia brasileira obtida por meio de base georreferenciada, considerou que o valor 1,0 refere-se ao trecho da rodovia e o valor 0,0 aos trechos em que não há rodovias (Figura 3).	Rodovia é um caminho público, construído de acordo com certos requisitos técnicos, destinado à circulação de veículos rodoviários. Acredita-se que as rodovias são mais expostas aos impactos biofísicos, dependendo de sua localização geográfica.
		(ii) localização das Obras de Arte Especiais	Com a base de dados georreferenciada da localização das Obras de Arte Especiais, foi realizada a normalização desse indicador, seguindo o Método Máx-Mín, usando como valor mínimo o resultado do cálculo 0,01 e máximo 1 (Figura 4).	As Obras de Arte Especiais são um conjunto de itens da infraestrutura rodoviária que se define como Pontes, Viadutos, Túneis, etc. são ativos críticos que estão mais expostos aos impactos de ameaças climáticas e, consequentemente, impactos biofísicos, dependendo de sua localização geográfica.
		(iii) Volume Médio Diário Anual	Para a normalização desse indicador também foi utilizado o Método Min-Max, usando como valor mínimo o resultado do cálculo 0,01 e máximo 1 (Figura 5).	A maior circulação de veículos sobre as rodovias tende a tornar a operação e a infraestrutura rodoviária (degradação de pavimentos) mais expostas aos impactos de um dado impacto biofísico.
Sensibilidade do meio biofísico	Alagamento/inundação	Vulnerabilidade à inundações	Mapa com a normalização da vulnerabilidade à inundação (Figura 9), que pode ser alta, média ou baixa.	O Mapa de Vulnerabilidade a Inundações identifica os trechos vulneráveis a inundações a partir da avaliação da recorrência desses eventos e do grau de impacto associado a eles. O trecho é definido como segmento entre uma foz e sua confluência, ou segmento entre confluências, ou segmento entre uma confluência e sua nascente.
	Erosão e assoreamento	Consiste na combinação de: (i) Erodibilidade; (ii) Declividade; e (iii) o uso e a cobertura do solo	-Mapa com a normalização da erodibilidade do solo (Figura 10). -Mapa com a normalização da declividade (Figura 11). -Mapa com a normalização do uso e cobertura do solo (Figura 12). O Mapa de Erosão e Assoreamento para rodovias considerou uma combinação dos três indicadores, considerando os seguintes pesos: (i) 40 para erodibilidade; (ii) 20 para declividade; (iii) 40 para uso e cobertura do solo. -Mapa com a normalização da Erosão e Assoreamento para rodovias (Figura 13).	Considerou-se os três indicadores para compor Mapa de Erosão e Assoreamento para rodovias porque: (i) o Mapa da Erodibilidade expressa a capacidade do solo em resistir à erosão hídrica; (ii) o Mapa de Declividade é uma ferramenta de grande potencial no apoio a estudos geológicos, hidrológicos, ecológicos e geomorfológicos em todo o território brasileiro; e (iii) a Cobertura Vegetal é o grande manto protetor do solo contra as diversas situações de desequilíbrio que ocorrem na natureza, causadas, principalmente, por enxurradas que acarretam erosão, lixiviação, entre outras alterações.

	Deslizamentos	Susceptibilidade a deslizamentos	Mapa com a normalização da susceptibilidade a deslizamentos (Figura 15).	O Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos constitui-se em uma poderosa ferramenta de análise porque combina diversos indicadores diretamente relacionadas a sensibilidade do meio biofísico aos deslizamentos tais como: (i) Pedologia; (ii) Declividade; (iii) Uso e Cobertura do Solo e Vegetação; (iv) Geologia (Províncias Estruturais); (v) Geomorfologia (Modelados); e (vi) Pluviosidade.
	Queimadas/ Incêndios	Mapa de Focos de Queimadas	Mapa com a normalização da média dos níveis de focos de incêndios entre os anos 2015 e 2020 à distância de dois quilômetros das rodovias (Figura 16).	O Banco de Dados de Queimadas (BDQ) permite, em modo interativo, análises espaciais e temporais de focos de queimadas e incêndios florestais detectados operacionalmente sobre a América Latina em imagens de satélites, atualizados a cada três horas.
Sensibilidade da infraestrutura	Alagamento/inundação; Erosão e assoreamento; Deslizamento; e Queimada/incêndio.	(i) Índice da Condição da Superfície (ICS)	-Mapa com a normalização do ICS (Figura 17).	Acredita-se que como o ICS é desenvolvido considerando dois importantes indicadores (Índice de Gravidade Global — IGG e International Roughness Index — IRI) de qualidade de pavimentos, quanto pior for esta qualidade, mais sensível a rodovia estará dos impactos biofísicos.
		(ii) Tipo de Rodovias	-Mapa com a normalização do Tipo de Rodovia (Figura 18).	Acredita-se que quando uma rodovia apresenta revestimento superior, seja este de pavimento asfáltico, de concreto cimento ou de alvenaria polidétrica, está menos sensível aos impactos biofísicos que rodovias não pavimentadas ou planejadas.
		(iii) Peso da carga	-Mapa com a normalização do Peso da Carga (Figura 19).	O peso da carga é o peso somado de tudo aquilo que o veículo transportou. Este indicador pode ser utilizado para representar o nível de solicitação de carga nos pavimentos e vem expresso em toneladas por tipo de carga e o total, ambos por trecho. Acredita-se que quanto maior for o peso da carga transportada pelos veículos em uma rodovia maior será a solicitação de carga no pavimento e, conseqüentemente, mais sensível ele estará aos impactos biofísicos.
Capacidade adaptativa	Alagamento/inundação; Erosão e assoreamento; Deslizamento; Queimada/incêndio; e impactos por altas temperaturas	Medidas estruturais e Medidas Não-estruturais	Proposta de indicadores de capacidade adaptativa para a infraestrutura rodoviária (Quadro 3). - Medidas Estruturais (de engenharia) estão relacionadas a obras estruturais, manutenções corretivas, preventivas, sistema de drenagem, etc.; e - Medidas Não-estruturais (de Não-engenharia) estão relacionadas à gestão e governança, ex.: Avaliação de risco, monitoramento de dados climáticos, o Índice de Desempenho Ambiental (IDA), etc.	A capacidade irá variar de acordo com a governança e o planejamento da infraestrutura rodoviária. Pode ser influenciada por fatores como a habilidade gerencial, acesso à informação, recursos tecnológicos e financeiros, infraestrutura e influência política. A capacidade adaptativa ajuda as organizações na busca de novas oportunidades de reconfiguração da estrutura e a explorar novos conhecimentos de forma simultânea. O nível poderá variar de acordo com as habilidades de gerir a infraestrutura e sistemas de transporte rodoviário, os investimentos em melhorias físicas, manutenções periódicas e implementação de medidas de adaptação frente à mudança climática.

PRODUTO 4 - ANEXO VI. Análise Geral sobre Exposição, Vulnerabilidade e Capacidade Adaptativa
MODO: FERROVIÁRIO

Componentes do Risco Climático	Impactos biofísicos	Indicadores	Normalização e mapas	Análise geral
Exposição	Erosão/ Assoreamento, Deslizamento e Altas Temperaturas	(i) localização do trecho ferroviário	A normalização da localização do trecho ferroviário brasileiro obtida por meio de base georreferenciada, considerou que o valor 1,0 refere-se ao trecho da ferrovia e o valor 0,0 aos trechos em que não há ferrovias (Figura 6).	Acredita-se que as ferrovias são mais expostas aos impactos biofísicos, dependendo de sua localização geográfica.
		(ii) Volume de veículos	Para a normalização desse indicador também foi utilizado o Método Min-Max, usando como valor mínimo o resultado do cálculo 0,01 e máximo 1 (Figura 7).	Com uma grande volume de circulação de veículos sobre as ferrovias pode ocasionar um desgaste na infraestrutura ferroviária, podendo assim ficar mais exposta aos impactos biofísicos.
Sensibilidade do meio biofísico	Erosão/ Assoreamento	(i) a erodibilidade, (ii) a declividade, e (iii) o uso e a cobertura do solo	-Mapa com a normalização da erodibilidade do solo (Figura 10). -Mapa com a normalização da declividade (Figura 11). -Mapa com a normalização do uso e cobertura do solo (Figura 12). -Mapa com a normalização da Erosão e Assoreamento para ferrovias (Figura 14)	Considerou-se os três indicadores para compor Mapa de Erosão e Assoreamento para ferrovias porque: (i) o Mapa da Erodibilidade expressa a capacidade do solo em resistir à erosão hídrica; (ii) o Mapa de Declividade é uma ferramenta de grande potencial no apoio a estudos geológicos, hidrológicos, ecológicos e geomorfológicos em todo o território brasileiro; e (iii) a Cobertura Vegetal é o grande manto protetor do solo contra as diversas situações de desequilíbrio que ocorrem na natureza, causadas, principalmente, por enxurradas que acarretam erosão, lixiviação, entre outras alterações.
	Deslizamento	(i) Pedologia; (ii) Declividade; (iii) Uso e Cobertura do Solo e Vegetação; (iv) Geologia (Províncias Estruturais); (v) Geomorfologia (Modelados); e (vi) Pluviosidade.	-Mapa com a normalização da suscetibilidade a deslizamentos (Figura 15).	O Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos constitui-se em uma poderosa ferramenta de análise porque combina diversos indicadores diretamente relacionadas a sensibilidade do meio biofísico aos deslizamentos tais como: (i) Pedologia; (ii) Declividade; (iii) Uso e Cobertura do Solo e Vegetação; (iv) Geologia (Províncias Estruturais); (v) Geomorfologia (Modelados); e (vi) Pluviosidade.
Sensibilidade da infraestrutura	Erosão/ Assoreamento, Deslizamento e Altas Temperaturas	(I) Tipo de Bitola	-Mapa com a normalização da bitola das ferrovias (Figura 20).	As bitolas podem ser separadas nos seguintes tipos: (i) Bitola Larga; (ii) Bitola Métrica; e (iii) Bitola Mista. Considerando o critério de estabilidade do material rodante assim como os pontos de mudança de via, entende-se que quando uma ferrovia apresenta Bitola Larga, este tipo de geometria ferroviária está menos sensível aos impactos biofísicos que as ferrovias de Bitola Métrica, que, por sua vez, são menos sensíveis que as ferrovias de Bitola Mista.

		(II) Peso da Carga	-Mapa com a normalização do Peso da Carga para ferrovias (Figura 21).	Quanto maior for o peso da carga transportada pelos veículos em uma ferrovia maior será a solicitação de carga sobre a infraestrutura do trecho e, conseqüentemente, mais sensível ele estará aos impactos biofísicos.
Capacidade adaptativa	Erosão/ Assoreamento, Deslizamento e Altas Temperaturas	Medidas estruturais e Medidas Não-estruturais	Proposta de indicadores de capacidade adaptativa para a infraestrutura ferroviária (Quadro 4). • Medidas Estruturais (de engenharia) estão relacionadas a obras estruturais, manutenções corretivas, preventivas, sistema de drenagem, etc.; e • Medidas Não-estruturais (de Não-engenharia) estão relacionadas à gestão e governança, ex.: Avaliação de risco, monitoramento de dados climáticos, o Índice de Desempenho Ambiental (IDA), etc.	A capacidade adaptativa pode ser influenciada por fatores como a habilidade gerencial, acesso à informação, recursos tecnológicos e financeiros, infraestrutura e influência política. O nível poderá variar de acordo com as habilidades de gerir a infraestrutura e sistemas de transporte ferroviário, os investimentos em melhorias físicas, manutenções periódicas e implementação de medidas de adaptação frente à mudança climática.