

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 1 - PLANO DE TRABALHO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Parte I. Plano de Trabalho

Maio de 2021

Consultoria: Associação GITEC/COPPE

REVISÕES

DATA	AUTOR	VERSÃO
18/05/2021	ASSOCIAÇÃO GITEC/COPPE	1.0

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxo metodológico das etapas e produtos associados.	12
Figura 2 – Fluxograma da Criação da base de dados sobre impactos climáticos na infraestrutura de transporte terrestre.	20
Figura 3 – Proposta dos Órgãos e entidades que terão especialistas representantes na atividade de entrevista.	23
Figura 4 – Engajamento necessário para realização das oficinas.	25
Figura 5 – Gestão de dados para Análise de Risco Climático.	32
Figura 6 – Agregação de fatores únicos aos componentes de risco.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição da equipe técnica do projeto.	9
Tabela 2 – Etapas de execução do projeto.	11
Tabela 3 – Modelo de tabela para consolidação bibliográfica dos estudos consultados.	24
Tabela 4 – Consolidação das medidas de adaptação segmentada por modo de transporte, ameaça climática e tipo de impacto na infraestrutura.	35
Tabela 5 – Detalhamento das vantagens e desvantagens de medidas de adaptação, segmentado por modo de transporte.	36
Tabela 6 – Descrição e datas previstas para as oficinas e eventos de pesquisa participativa.	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Lista dos possíveis riscos identificados que serão acompanhados no Projeto.	10
Quadro 2 – Resultados esperados (produtos) e perguntas norteadoras.	13
Quadro 3 – Apresentação das etapas e atividades da pesquisa.	14
Quadro 4 – Protocolo de revisão sistemática com abordagem bibliométrica.	16
Quadro 5 – Exemplos de impactos climáticos na infraestrutura de transporte terrestre	21
Quadro 6 – Proposta dos principais stakeholders envolvidos.	23
Quadro 7 – Sinais climáticos e a Projeção de Probabilidades.	24
Quadro 8 – Principais ameaças climáticas na infraestrutura de transporte terrestre e os questionamentos a serem respondidos durante o estudo.	27

LISTA DE SIGLAS

ABCR	Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias
AbE	Adaptação baseada em Ecossistemas
ACB	Análise de Custo-benefício
ACE	Análise de Custo-eficácia
AMC	Análise Multicritérios
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
ARTESP	Agência de Transporte do Estado de São Paulo
CMIP5	<i>Coupled Model Intercomparison Project Phase 5</i> (em português, Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados - Fase 5)
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CO2	Dióxido de Carbono
COIN	<i>Competence Centre on Composite Indicators and Scoreboards</i>
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EPL	Empresa de Planejamento e Logística
GIZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>
GRD	Gestão de Risco de Desastres
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>
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
MInfra	Ministério da Infraestrutura
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MOVE	<i>Model for Vulnerability Evaluation</i> (em português, Modelo para Avaliação de Vulnerabilidade)
NOOA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> (em português, Administração Nacional Oceânica e Atmosférica)
PBMC	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
PNV	Plano Nacional de Viação
ppm	Partes por milhão
PROADAPTA	Projeto Apoio ao Brasil na Implantação da Agenda Nacional de Adaptação à Mudança do Clima
RAN1	Primeiro Relatório de Avaliação Nacional
RCP	<i>Representative Concentration Pathways</i> (em português, Caminhos Representativos de Concentração)
SEP	Setores Estratégicos e Prioritários
TdR	Termo de Referência
USDOT	<i>U.S. Department of Transportation</i>

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	6
PARTE I. PLANO DE TRABALHO.....	7
1. DESCRIÇÃO DO ESTUDO	7
1.1. Objetivo.....	7
1.2. Escopo	7
1.3. Não escopo	8
1.4. Etapas.....	8
1.5. Equipe técnica e de apoio	9
1.6. Riscos identificados.....	9
2. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO	11
3. METODOLOGIA.....	12
3.1. Etapas e atividades	14
Etapa 1: Planejamento do projeto e revisão bibliográfica	15
Etapa 2: Análise histórica dos impactos associados ao clima	19
Etapa 3: Identificação das ameaças climáticas.....	26
Etapa 4: Análise de vulnerabilidade e exposição	28
Etapa 5: Análise de risco climático (ARC)	30
Etapa 6: Medidas de adaptação	34
3.2. Oficinas e pesquisas participativas	37
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

ANEXOS

Anexo I. Cronograma Detalhado

APRESENTAÇÃO

A mudança do clima já é uma realidade e figura como um dos maiores desafios globais do século. A temperatura média global foi 0,87°C mais alta para o período 2006 - 2015 que a média observada no período 1850 - 1900 (IPCC, 2018). Após este período, o ano de 2016 foi considerado o mais quente desde que os primeiros registros de temperatura foram feitos, em 1880 (NASA, 2017). De acordo com três agências internacionais distintas: *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) ou Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço, *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOOA) ou Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos e o Serviço Nacional de Meteorologia do Reino Unido (MET Office). O ano de 2016 foi marcado pelo *El Niño*, fenômeno oceânico natural que contribuiu para um aumento das temperaturas, naquele ano, na ordem de 0,1 a 0,2°C.

O recente ano de 2020 teve suas temperaturas apenas 0,01°C menores do que 2016, e 1,2° C mais altas do que no período pré-industrial (1880–1900). A taxa de CO₂ continuou a crescer, com um aumento de $2,3 \pm 0,4$ ppm (NASA, 2021; Copernicus, 2021), e o ano foi marcado pela presença da *La Niña*, fenômeno natural que ocorre nas águas do Pacífico e, diferentemente do *El Niño*, causa uma redução das médias térmicas.

Além do aumento da temperatura, as mudanças do clima também provocam alterações nas precipitações, com aumento de períodos de fortes chuvas e de estiagem, intensidade dos ventos, entre outros sinais climáticos, os quais podem ocasionar impactos diretos e indiretos sobre diversos setores econômicos. No caso da infraestrutura de transportes terrestres, verificam-se danos decorrentes de inundações em estradas e ferrovias e de deslizamentos, muitos deles causados por eventos climáticos extremos (MMA, 2016).

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 extremos 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.

Assim, o presente relatório (**Produto 1 - Plano de Trabalho e Revisão Bibliográfica**) é composto por duas partes, a saber: **Parte I. Plano de trabalho**, que descreve a lógica empregada para o planejamento do estudo; e **Parte II. Revisão Bibliográfica**, que consiste no levantamento de dados e estudos existentes acerca dos impactos e riscos da mudança do clima na infraestrutura de transportes, e na elaboração do repositório de pesquisa.

Vale ressaltar que essa inventariação não se extingue no presente relatório, pois trata-se de um processo que, para atingir sua finalidade com excelência, deve ser contínuo, uma vez que implica na identificação das fontes, bem como no acesso e no tratamento dos dados que irão subsidiar as etapas subsequentes.

PARTE I. PLANO DE TRABALHO

1. DESCRIÇÃO DO ESTUDO

Este capítulo visa introduzir e formalizar a abertura do projeto, também aqui chamado de “estudo”, apresentando o termo que documenta os requisitos iniciais, satisfazendo às necessidades e expectativas do Projeto “Apoio ao Brasil na Implantação da Agenda Nacional de Adaptação à Mudança do Clima – PROADAPTA”: Contratação de serviços de consultoria especializada para o levantamento de impactos e riscos climáticos sobre a infraestrutura federal de transportes terrestres (rodoviário e ferroviário) existente e projetada.

1.1. Objetivo

O objetivo principal deste projeto é 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, no âmbito do PROADAPTA. Neste sentido, são adotados objetivos específicos determinantes ao desenvolvimento do projeto:

- a) Levantar o histórico de impactos associados ao clima;
- b) Identificar as principais ameaças climáticas atuais e em cenários de mudança do clima;
- c) Levantar o nível de vulnerabilidade (sensibilidade e capacidade adaptativa) dos modos de transportes terrestres (rodoviário e ferroviário);
- d) Avaliar o nível de risco climático dos modos de transportes terrestres (rodoviário e ferroviário);
- e) Identificar e priorizar¹ medidas de adaptação;
- f) Fornecer informações (dados, indicadores e índices) no formato necessário para incorporação ao AdaptaBrasil MCTI;
- g) Fornecer subsídios para incorporar a avaliação de risco climático e as medidas de adaptação nos mecanismos e instrumentos de tomada de decisão considerando cada fase do ciclo de vida dos ativos da infraestrutura de transportes terrestres (rodoviário e ferroviário), o que envolve o planejamento, estudos e projetos, implantação, manutenção e operação.

1.2. Escopo

O escopo do projeto abrange as análises: do histórico dos impactos do clima, da vulnerabilidade e exposição, e do risco climático (atual e futuro) nos setores rodoviário² e ferroviário, bem como uma revisão bibliográfica e proposição de medidas de adaptação à mudança do clima para a infraestrutura federal de transportes terrestres.

¹ A formulação de políticas de adaptação às mudanças climáticas tem complexidades adicionais, uma natureza intersetorial e diversidade em termos de tipologia, escala e tempo. Portanto, uma avaliação de priorização sistemática é necessária para apoiar a seleção do conjunto de medidas mais adequadas para os setores rodoviário e ferroviário. A priorização de medidas de adaptação dependerá do acesso a dados e informações que possibilitem um conhecimento das vulnerabilidades e riscos para possível classificação de todas as medidas de adaptação disponíveis considerando a particularidade desses setores. Será adotada uma metodologia que possibilitará como resultado uma estratégia (pré-seleção de medidas), criar cenários com as medidas pré-selecionadas numa abordagem “top-down” e categorizar e classificar de acordo com os cenários.

² Uma Rodovia pode ser definida como uma estrada de rodagem ou uma via de transporte interurbano de alta velocidade, que podem ou não proibir o seu uso por parte de pedestres e ciclistas, sendo de fácil identificação por sua denominação, onde no caso de federais, são chamadas pelas iniciais “BR”. A malha rodoviária federal do Brasil possui atualmente extensão total de 75,8 mil km, dos quais 65,4 mil km correspondem a rodovias pavimentadas e 10,4 mil km correspondem a rodovias não pavimentadas.

1.3. Não escopo

As atividades e os dados não descritos ou citados no item 1.2 não serão empregados no estudo, como os dados de fonte primária (levantados em campo) e provenientes de simulações realizadas por modelos numéricos ou cenários, exceto dados obtidos pela aplicação de questionário online e entrevista pré-estruturada. Portanto, serão utilizados neste estudo aqueles obtidos a partir de fontes secundárias disponibilizados por entidades e órgãos responsáveis, como MInfra, INPE, CNT, ANTT, DNIT, etc. Será adotada uma abordagem “top down”, ou seja do “topo para a base”, mais geral.

O método de priorização, um dos objetivos específicos no TdR, será definido ao longo do processo da elaboração do produto 6, mas cabe ressaltar que uma priorização detalhada a base de critérios levantados com dados primários com valores monetários, por exemplo, não será escopo do presente projeto.

A seguir estão listadas as atividades que não fazem parte do escopo do estudo:

- Levantamento de dados de fonte primária (em campo);
- Levantamento de dados em nível subnacional³;
- Digitalização de dados geográficos em formato analógico (cartas, mapas impressos, etc).
- Vetorização de dados temáticos em mapas em formato pdf, jpg, tif ou similares.
- Interpolação de dados coletados de estações de medição ou similares.
- Uso de imagens de sensoriamento remoto para extração de dados através de classificação.
- Ajuste ou edição de erros de continuidade entre cartas ou mapas.
- Priorização detalhada das medidas de adaptação.
- Análise custo-benefício e estimativas de custo das medidas de adaptação.

1.4. Etapas

As principais etapas abordadas durante o desenvolvimento do projeto estão descritas abaixo.

- **Etapas 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;
- **Etapas 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;
- **Etapas 3** - Visa identificar as ameaças climáticas aplicáveis à realidade da infraestrutura de transporte terrestre brasileira;
- **Etapas 4** - Consiste na identificação e análise das vulnerabilidades existentes e do grau de exposição da infraestrutura de transporte terrestre brasileira;
- **Etapas 5** - Visa analisar o risco climático, com o detalhamento de suas informações, para munir os tomadores de decisão de dados atualizados;
- **Etapas 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.

³ Entende-se que “subnacional” refere-se a estados e municípios. No estudo o foco será dado às rodovias federais, que são aquelas relacionadas na lei nº 5.917, de 1973, que aprova o Plano Nacional de Viação (PNV) e suas alterações. A lei ordinária nº 9.277, de 1996, autoriza a União a delegar aos municípios, estados da Federação e ao Distrito Federal a administração e exploração de rodovias federais. O Código de Trânsito do Brasil define uma rodovia como “pavimentada”, constituída pelas pistas de rolamento, canteiros, obras de arte, acostamentos, sinalização e faixa lateral de segurança, com limites definidos conforme projeto executivo.

1.5. Equipe técnica e de apoio

A equipe técnica proposta para a execução das atividades é composta por 5 (cinco) especialistas e organizada da seguinte forma: Coordenadora que será responsável por liderar e coordenar tecnicamente o estudo; núcleo de engenharia de transportes, integrado por 2 (dois) especialistas: o Especialista em Transporte Rodoviário e o Especialista em Transporte Ferroviário; núcleo de riscos climáticos, integrado pelo Especialista em Riscos Climáticos; e núcleo de geoprocessamento e processamento de dados, integrado pelo Especialista em Geoprocessamento e Processamento de Dados. A Tabela 1 a seguir apresenta os técnicos alocados em cada um dos cargos da equipe técnica proposta

Tabela 1 – Descrição da equipe técnica do projeto.

EQUIPE TÉCNICA PROPOSTA	
Função	Nome
Coordenadora do estudo	Andrea Souza Santos
Especialista em Transporte Rodoviário	Victor Hugo Souza de Abreu
Especialista em Transporte Ferroviário	Filipe Batista Ribeiro
Especialista em Riscos Climáticos	Wolfram Johannes Lange
Especialista em Geoprocessamento e Processamento de Dados	Adriano de Oliveira Vasconcelos

Fonte: Elaboração própria (2021).

O estudo ainda contará com uma equipe de apoio formada por uma gestora de projetos, Isadora Timbó de Paula Lopes, que será a responsável pela gestão físico-financeira e de comunicações institucionais e estratégicas com o comitê gestor e demais partes interessadas; e por uma *backstopping*, Luiza Maia de Castro, que será a responsável pelo controle de qualidade dos produtos.

1.6. Riscos identificados

O levantamento de eventos que podem interferir no processo e no desenvolvimento do estudo é imprescindível. Com base nisso são elencados os pontos essenciais que merecem atenção e que podem resultar em questionamentos no produto final.

Entre os pontos principais, podemos destacar: **lacuna de dados e informações, e atrasos no retorno de solicitações junto às instituições responsáveis pela geração e gestão de dados oficiais**. Por isso, a escolha e o tratamento dos dados são considerados como uma das etapas mais importantes para tomadas de decisão. Além disso, o cronograma de execução precisa ser respeitado para que o planejamento das atividades seja realizado da forma correta.

Neste sentido são adotadas algumas medidas de gerenciamento para tratar e reduzir os possíveis riscos identificados, como para que o planejamento de execução das atividades possa ocorrer sem atrasos por parte das instituições envolvidas, serão realizadas reuniões quinzenais ou com a frequência necessária para o andamento das atividades.

Finalizando este item, além dos principais riscos já apontados, o Quadro 1 apresenta outros riscos inicialmente identificados, a sua descrição, causa potencial, justificativa, mitigação (procedimento a ser adotado caso o risco se manifeste) e contingência (alternativa para solucionar o problema).

Quadro 1 – Lista dos possíveis riscos identificados que serão acompanhados no Projeto.

RISCOS IDENTIFICADOS					
Identificação			Estratégia de Minimização do Risco		
#	Descrição do Risco	Causa Potencial	Justificativa	Forma de Acompanhamento	Contingência
1	Cronograma de execução	Problemas de gerenciamento das equipes	Atraso no desenvolvimento dos módulos e serviços em função dos riscos	Distribuir as atividades em tarefas com vários responsáveis	Mitigado com reuniões periódicas
2	Baixa qualidade de dados	Baixa qualidade de dados disponibilizada pelas entidades/parceiros	Disponibilidade de apenas uma série histórica que satisfaça aos critérios exigidos; muita informação/atributos faltando;	Tratamento e preenchimento de falhas	Tratar falhas
3	Centralização de atividades em um profissional chave, impactando a execução de atividades das demais frentes de trabalho e atrasando a execução das atividades	Centralização das atividades em um profissional	Devido ao corpo reduzido de profissionais da administração, é recorrente a centralização das atividades em determinados profissionais	Documentar as ações do projeto e envolver mais um profissional nas ações	Manter o conhecimento compartilhado entre a equipe dos órgãos e entidades envolvidas
4	Interpretação diversa do escopo do projeto	Não envolvimento para compreensão dos propósitos e objetivos do projeto	A não compreensão do escopo do projeto pode acarretar sérias divergências e fomentar uma falsa expectativa	Manter todos os envolvidos por dentro das discussões e socialização das informações discutidas	Manter repositório de documentos e memória do projeto em documentações claras e objetivas
5	Identificação insuficiente do volume de dados para contemplar o propósito do projeto	Complexidade do escopo	Caso a identificação de alguns dados não tenha sido contemplada, pode haver alterações nos resultados esperados	Acompanhar e atualizar o inventário no decorrer do projeto	Adotar critérios ainda mais rígidos para acompanhamento dos dados inventariados no decorrer do projeto
6	Indisponibilidade dos responsáveis técnicos para levantamento de informações relacionadas às fases do projeto	Indisponibilidade dos responsáveis técnicos	O levantamento de informações depende da disponibilidade de agenda dos vários órgãos, que pode não se compatibilizar com o cronograma de atividades do projeto	Planejar criteriosamente as agendas que envolvam os integrantes do processo	Agendar previamente as ações e atividades entre os envolvidos Definir e comunicar prazos de resposta às demandas pelos envolvidos

Fonte: Elaboração própria (2021).

Considerados os seis potenciais riscos já identificados e aqueles que vierem a ser mapeados durante o planejamento e a execução do projeto, têm-se as condições necessárias à sua mitigação, de forma a garantir que o escopo, os prazos e os recursos financeiros sejam adequadamente gerenciados.

2. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

O cronograma detalhado é apresentado no **Anexo I. Cronograma Detalhado** e a Tabela 2 resume as etapas para a execução do projeto.

Tabela 2 – Etapas de execução do projeto.

Etapas	Tempo (dias)	Produtos
Etapa 1 – Planejamento e Revisão Bibliográfica	32	1
Etapa 2 – Análise histórica dos impactos associados ao clima	50	2
Etapa 3 – Identificação das ameaças climáticas	15	3
Etapa 4 – Análise de vulnerabilidade e exposição	45	4
Etapa 5 – Análise de Risco Climático	70	5
Etapa 6 – Medidas de adaptação	41	6

Fonte: Elaboração própria (2021).

Na Tabela 2 é possível verificar que as etapas serão executadas de maneira progressiva, e os produtos resultantes serão empregados como insumo nas etapas seguintes. O presente documento (Produto 1) apresenta o Plano de Trabalho com descritivo detalhado das atividades e cronograma, bem como uma revisão bibliográfica sobre os indicadores que representam o risco climático de infraestrutura de transporte terrestre, resultado da **Etapa 1**.

A **Etapa 2** consiste na análise histórica dos impactos do clima na infraestrutura federal de transportes terrestres, o Produto 2, resultante dessa etapa, deve ser validado e consolidado através de oficinas de trabalho em conjunto com o Comitê Gestor do Estudo (MInfra, MCTI, INPE, GIZ) e outros atores relevantes.

A **Etapa 3** baseia-se na análise histórica de impactos (Produto 2) e na revisão bibliográfica (Produto 1) para identificar as ameaças climáticas aplicáveis à realidade da infraestrutura federal de transporte terrestre brasileira.

Assim como na etapa anterior, a **Etapa 4** também se relaciona com as atividades executadas nas etapas 1 e 2 ao realizar um estudo sobre as vulnerabilidades e exposição da infraestrutura federal de transportes terrestres (rodoviária e ferroviária) brasileira (Produto 4 - Análise de vulnerabilidade e exposição da infraestrutura federal de transportes terrestres).

A **Etapa 5** consiste na análise de risco climático para a infraestrutura federal de transporte terrestre brasileira considerando aspectos operacionais e estruturais, resultando em um índice de risco climático considerando a análise de vulnerabilidade e exposição (Produto 4), bem como os dados de ameaças climáticas (Produto 3).

E por fim, a **Etapa 6** resultará na revisão bibliográfica sistemática e abrangente, em âmbito nacional e internacional, sobre medidas de adaptação à mudança do clima para a infraestrutura de transporte terrestre (Produto 6).

A seguir são apresentadas e descritas as atividades detalhadas para cada uma das etapas que serão executadas no projeto.

3. METODOLOGIA

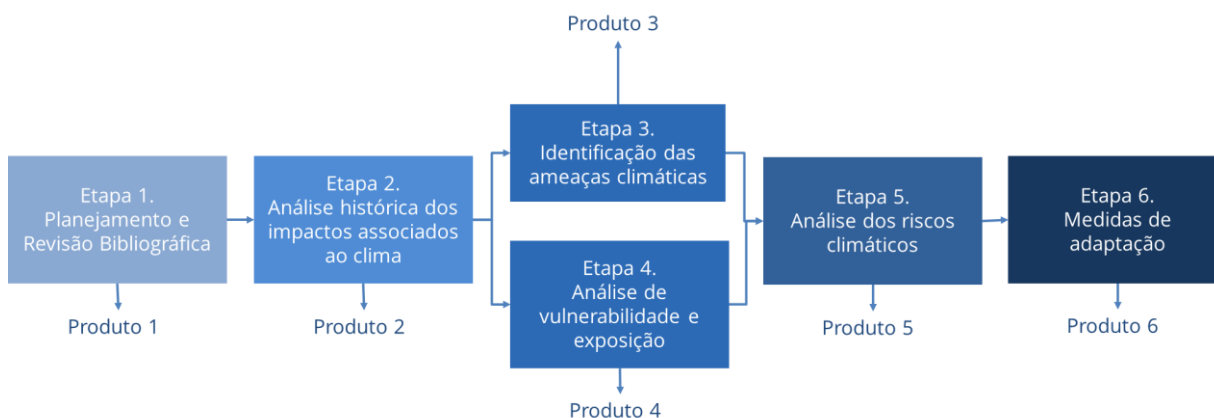
Esta seção descreve como as atividades de pesquisa e desenvolvimento são executadas de acordo com o objetivo proposto no TdR e os produtos esperados. São observadas as diretrizes de sustentabilidade do MInfra, em especial a Diretriz 2 que trata da inserção da mudança do clima nas questões relativas à infraestrutura de transportes, buscando uma sinergia entre mitigação e adaptação.

A abordagem central do planejamento do estudo é trabalhar com as questões orientadoras (TdR, p.4), que permite explorar o estudo sistematicamente, discutir ideias e caminhar de forma alinhada com o Comitê Técnico do AdaptaBrasil MCTI, formado por pesquisadores da Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade do INPE, o MCTI, a GIZ e o MInfra, e especialistas, de forma a vislumbrar e refletir sobre os resultados esperados. Desta forma, aprender sobre o potencial e os desafios da abordagem metodológica.

Ao longo do desenvolvimento deste projeto, serão avaliados os impactos da mudança do clima e os riscos climáticos sobre a infraestrutura federal de transporte terrestre para os modos rodoviário e ferroviário. Também serão analisados como os padrões de riscos estão mudando devido ao avanço das mudanças do clima desde o AR5 (IPCC, 2014) e do Primeiro Relatório de Avaliação Nacional (RAN1) do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014), com foco nos impactos na infraestrutura terrestre brasileira, em especial as rodovias e as ferrovias federais.

A metodologia consiste em seis etapas e para cada etapa foram definidas atividades correspondentes, de acordo com as especificações apresentadas no TdR, e uma meta foi associada a cada etapa. As metas consistem na entrega dos produtos esperados para cada etapa, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxo metodológico das etapas e produtos associados.



Fonte: Elaboração própria (2021).

A entrega dos produtos levará em consideração perguntas norteadoras incluídas no TdR, conforme apresentado no Quadro 2. Essas perguntas são consideradas elementos-chave para o desenvolvimento das etapas/atividades e entrega de cada produto.

Quadro 2 – Resultados esperados (produtos) e perguntas norteadoras.

Etapas	Resultado	Perguntas Norteadoras
Etapa 1	Produto 1: Plano de trabalho e revisão bibliográfica	- Quais estudos relacionados à análise de impactos e risco climático para os modos de transportes terrestre (rodoviário e ferroviário) existem no Brasil e quais são as principais conclusões? - Quais são os principais indicadores de ameaça, exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa usados internacionalmente para realizar uma análise de riscos e impactos climáticos sobre a infraestrutura de transportes terrestres?
Etapa 2	Produto 2: Análise histórica dos impactos associados ao clima	- Quais são os impactos (danos e prejuízos) que a infraestrutura de transporte terrestre brasileira tem sofrido devido a mudança do clima e à variabilidade climática nas últimas décadas? - Qual é a relação de causa-efeito entre as ameaças climáticas e seus possíveis impactos na infraestrutura de transportes terrestres? - Quais dados e informações sobre danos e prejuízos estão disponíveis?
Etapa 3	Produto 3: Relatório de identificação das ameaças climáticas	- Quais são as principais ameaças climáticas que afetam as infraestruturas de transporte terrestre? - Quais são as variáveis e os limiares críticos para cada ameaça climática relacionada a cada impacto climático? - A frequência e intensidade das ameaças climáticas estão aumentando ou diminuindo? - A frequência e a intensidade dessas ameaças climáticas irão aumentar ou diminuir no futuro? - Quais as regiões e áreas onde as mudanças são mais prováveis?
Etapa 4	Produto 4: Análise de vulnerabilidade e exposição	- 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?
Etapa 5	Produto 5: Análise de risco climático	- Qual é o nível de risco climático (ameaça x exposição x sensibilidade x capacidade adaptativa) da infraestrutura de transporte terrestre federal brasileira? - Quais são as regiões e áreas com maior nível risco climático para cada tipo de modal? - Quais são as regiões onde os riscos tendem a aumentar ou diminuir no futuro?
Etapa 6	Produto 6: Relatório Final com a Identificação e Recomendações acerca das medidas de adaptação	- A partir de experiências nacionais, e internacionais já documentadas, quais medidas de adaptação são recomendadas para a realidade brasileira, considerando as diversas fases do ciclo de vida dos ativos de infraestrutura de transporte terrestre? - Como e quais dados são coletados atualmente, o que precisa ser aperfeiçoado nesse processo de coleta? - Quais são as orientações para empreendedores quanto à análise de risco climático nas infraestruturas de transportes terrestres no país?

Fonte: Elaboração própria (2021).

Cabe ainda mencionar que o projeto contará com a realização de diversas oficinas participativas, entrevistas e reuniões virtuais com gestores e atores-chaves, as quais terão como objetivo principal definir o escopo técnico (modelo/simulação, cenário e horizontes temporais), aquisição de dados e informações, validar os resultados obtidos (indicadores, limiares, índices) e alinhar as próximas etapas.

Esses encontros garantirão uma maior eficiência no processo, com uma execução mais dinâmica do projeto, permitindo também reduzir o tempo de revisão dos produtos. Além disso, permitem que os atores-chave sejam sensibilizados e mobilizados a atuar colaborativamente com vistas ao pleno desenvolvimento do estudo e ao alcance das metas estabelecidas.

3.1. Etapas e atividades

Nessa seção, são apresentadas e descritas as etapas metodológicas do projeto, bem como as atividades que compõem cada etapa, conforme apresentado resumidamente no Quadro 3 e explicado com mais afinco posteriormente.

Quadro 3 – Apresentação das etapas e atividades da pesquisa.

Atividades da Etapa 1:

- 1.1. Planejamento do estudo e reunião de alinhamento entre as equipes;
- 1.2. Desenvolvimento do repositório de pesquisa;
- 1.3. Identificação e análise dos estudos de riscos e impactos à infraestrutura de transporte terrestre a base da revisão bibliográfica;
- 1.4. Determinação dos principais dados e indicadores de risco climático na bibliografia;
- 1.5. Levantamento e comparação das metodologias identificadas;
- 1.6. Compilação das principais conclusões dos estudos nacionais;
- 1.7. Reunião virtual de apresentação, debate do Produto 1 e indicação dos próximos passos;
- 1.8. Entrega do Produto 1.

Atividades da Etapa 2:

- 2.1. Levantamento de dados junto a órgãos e entidades brasileiras;
- 2.2. Realização de entrevistas remotas e/ou aplicação de questionário *online*;
- 2.3. Criação da base de dados sobre os impactos causados à infraestrutura de transporte terrestre;
- 2.4. Desenvolvimento das cadeias de impacto;
- 2.5. Oficinas de trabalho para consolidação e validação;
- 2.6. Entrega do Produto 2.

Atividades da Etapa 3:

- 3.1. Identificação das ameaças climáticas aplicáveis à realidade da infraestrutura federal de transporte terrestre brasileira (rodoviária e ferroviária);
- 3.2. Definição de indicadores, escopo e critérios para consultoria externa;
- 3.3. Reunião virtual de alinhamento e validação de escopo da consultoria externa;
- 3.4. Fornecimento de insumos para desenvolvimento da consultoria externa;
- 3.5. Realização do pós-processamento dos dados de clima para sua incorporação à análise de risco climático;
- 3.6. Reunião virtual de validação e debate do Produto 3;
- 3.7. Entrega do Produto 3.

Atividades da Etapa 4:

- 4.1. Análise de dados e seleção do método;
- 4.2. Complementação de dados por meio de entrevistas e questionários *online*;
- 4.3. Formulação de indicadores de sensibilidade, capacidade adaptativa e exposição;
- 4.4. Elaboração de tabelas e mapas (georreferenciados);
- 4.5. Oficina de validação dos indicadores;
- 4.6. Entrega do Produto 4.

Atividades da Etapa 5:

- 5.1. Realização de oficina com especialistas para definição e mensuração dos critérios para elaboração dos Índices de Risco Climático (IRC's);
- 5.2. Consolidação da Gestão de Dados para Análise de Risco Climático (ARC);
- 5.3. Ponderação e agregação dos indicadores para ARC;
- 5.4. Reunião virtual para apresentação dos resultados parciais;
- 5.5. Consolidação da ARC;
- 5.6. Reunião para apresentação e debate do Produto 5;
- 5.7. Entrega do Produto 5.

Atividades da Etapa 6:

- 6.1. Consolidação e detalhamento de revisão bibliográfica sobre medidas de adaptação à mudança do clima para a infraestrutura de transporte terrestre;
- 6.2. Levantamento de medidas de adaptação por tipo de impacto potencial e ameaça climática;
- 6.3. Elaboração de diretrizes sobre as ameaças climáticas e medidas de adaptação identificadas;
- 6.4. Reunião virtual para apresentação e debate do Produto 6;
- 6.5. Entrega do Produto 6.

Etapa 1: Planejamento do projeto e revisão bibliográfica

A Etapa 1 consistiu no levantamento de dados e estudos existentes, e descreveu a lógica empregada para o planejamento do estudo e a elaboração da revisão bibliográfica. Esta etapa foi bastante estratégica para a execução do estudo, pois permitiu uma visão geral dos fatores de risco, e as abordagens metodológicas de análise de risco climático e medidas de adaptação, que servirão de base para as etapas subsequentes.

A seguir são detalhadas as atividades para o desenvolvimento do estudo.

Atividade 1.1 - Planejamento do estudo e reunião de alinhamento entre as equipes

Esta atividade **englobou o planejamento, a mobilização da equipe e a elaboração do plano de trabalho**, apresentado no presente produto, que descreve detalhadamente todas as etapas e as atividades de acordo com os objetivos propostos e em conformidade do TdR, bem como apresenta o cronograma de execução detalhado.

Isso permite compreender a metodologia proposta e seu desenvolvimento de forma global, de modo a detalhar as informações em um nível gerenciável, apresentando uma referência completa sobre como o projeto deve ser conduzido, quando cada etapa/atividade será concluída e quais os resultados que o projeto deve gerar.

Foi realizada, no início desta atividade, uma reunião virtual de alinhamento (*kick-off meeting*) para apresentação das equipes e primeiras definições e nivelamentos. Nesta reunião, a GITEC apresentou

a equipe de consultoria, o fluxo metodológico das atividades e o cronograma inicial, de acordo com a Proposta Técnica, bem como os procedimentos a serem adotados para um processo eficiente de monitoramento e colaboração para o pleno desenvolvimento do estudo.

Durante essa reunião, foi apresentado o ponto focal da Etapa 1 (Especialista em Transporte Rodoviário) e as atividades que a compreendem. Também foram elaboradas considerações a respeito das delimitações existentes, especialmente relacionadas ao desenvolvimento da revisão bibliográfica, e outros comentários.

A Associação GITEC/COPPE também apresentou os procedimentos gerenciais a serem adotados no presente Estudo na reunião *kick-off*. Foram feitos alinhamentos metodológicos, descritos a seguir.

Atividade 1.2 - Desenvolvimento do repositório de pesquisa

Para que haja uma revisão bibliográfica bem fundamentada, é necessário elaborar um protocolo de revisão sistemática bem definido e delimitado, que oriente a condução das buscas de maneira eficaz, de modo a considerar estudos que de fato agreguem conteúdo ao assunto sob investigação, bem como contribuam para ampliação do “estado da arte”. Além disso, abordagens bibliométricas podem ser interessantes para realização da análise exploratória dos dados relacionados à temática em questão, inclusive indicando seu crescimento ou obsolescência, bem como os principais autores, instituições e países.

Diante disso, **foi elaborado protocolo de revisão de pesquisa**, em que foram definidos os objetivos da pesquisa, as fontes de dados, as palavras-chave, os métodos de busca e armazenamento, os critérios de seleção e a extração dos estudos selecionados, conforme exposto no Quadro 4. Este protocolo de revisão considerou os apontamentos feitos pela equipe da GIZ, MInfra e INPE durante a reunião *kick-off* e outras considerações feitas nas reuniões quinzenais de alinhamento entre os pesquisadores.

Quadro 4 – Protocolo de revisão sistemática com abordagem bibliométrica.

Alvo	Descrição
OBJETIVOS DA PESQUISA	Determinar: a) Quais estudos relacionados à análise de impactos e risco climático para os modos de transportes terrestres (rodoviário e ferroviário) existem no Brasil e quais são as principais conclusões? e (b) Quais são os principais indicadores de ameaça, exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa usados internacionalmente para realizar uma análise de riscos e impactos climáticos sobre a infraestrutura de transportes terrestres?
FONTE DE DADOS	Uso de bases de dados tais como <i>ScienceDirect</i> , <i>Scopus</i> e <i>Web of Science</i> e de relatórios de importantes Instituições Nacionais e Internacionais.
PALAVRAS-CHAVE	São utilizadas combinações entre palavras-chave diretamente relacionadas ao TdR tais como: análise de impactos e risco climático; indicador de ameaça; indicador de exposição; indicador de sensibilidade; capacidade adaptativa; transporte terrestre; rodovias; ferrovias; medidas de adaptação, etc.
MÉTODOS DE BUSCA E ARMAZENAMENTO	Os estudos são obtidos por meio de buscas diretas em bases de dados e em sites de importantes instituições nacionais e internacionais sobre a temática, bem como por meio de buscas cruzadas, ou seja, são considerados estudos citados pelas pesquisas obtidas nas buscas diretas, de modo a aumentar a abrangência da revisão e desenvolver uma rede de interligação entre os principais estudos. Além disso, estes estudos são armazenados em um repositório de pesquisa, em constante renovação por meio

Alvo	Descrição
	de alertas.
CRITÉRIOS DE SELEÇÃO	Como critérios de inclusão tem-se: a) preferência por estudos publicados nos últimos 10 anos; b) fator de impacto do periódico ou relevância da instituição que desenvolveu o relatório. Já como critérios de qualificação tem-se: a) a pesquisa apresenta uma revisão bibliográfica bem fundamentada? b) O estudo apresenta inovação técnica? c) as contribuições são discutidas? d) As limitações são explicitamente declaradas? e) os resultados e conclusões são consistentes com os objetivos pré-estabelecidos?
EXTRAÇÃO DE DADOS	Os estudos selecionados com a aplicação dos critérios de inclusão e qualificação (qualidade e aplicabilidade) são incluídos no repositório de pesquisa, bem como são criados alertas nas principais bases de dados para obtenção de estudos que podem ser publicados durante o desenvolvimento do projeto, denso assim uma pesquisa em constante evolução.

Fonte: Elaboração própria (2021).

O protocolo de revisão bibliográfica foi testado e, então, utilizado para o levantamento bibliográfico e a construção do repositório de pesquisa. A revisão bibliográfica contemplou buscas diretas em renomadas bases de dados como *Web of Science*, *Scopus* e *ScienceDirect*, que apresentam alcance e cobertura satisfatórios, bem como pesquisa documental em importantes organismos científicos e iniciativas nacionais, como o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) e o Projeto AdaptaBrasil, e internacionais, como o Banco Mundial e o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (do inglês, *Intergovernmental Panel on Climate* - IPCC), entre outros.

Cabe mencionar que, nessa atividade, foi dado um foco especial aos estudos incluídos no próprio TdR (tais como: *National Research Council*, 2008; Chinowsky; Arndt, 2012; Nemry; Demirel, 2012; Arent et al., 2015) e que toda revisão bibliográfica do projeto se baseou principalmente na metodologia de análise de risco climático do AR5 (IPCC, 2014), que compreende o risco como uma função da ameaça, exposição e vulnerabilidade (sensibilidade e capacidade adaptativa).

Destaca-se ainda que esta atividade está alinhada com a Atividade 6.1, que busca realizar levantamento e análise de medidas de adaptação à mudança do clima para a infraestrutura de transporte terrestre. Isso porque, de modo a otimizar o trabalho, optou-se por coletar estudos diretamente relacionados à Atividade 6.1 na Atividade 1.2. Entretanto, durante a condução da Etapa 6, também serão realizadas revisões complementares para enriquecer ainda mais as contribuições da equipe técnica, até mesmo porque com a condução efetiva do estudo, os pesquisadores poderão ampliar ainda mais seu campo de conhecimento sobre a temática.

Atividade 1.3 - Identificação e análise dos estudos de riscos e impactos à infraestrutura de transporte terrestre a base da revisão bibliográfica

Nesta atividade, foram realizadas as análises dos estudos incluídos no repositório final com o intuito de **apontar, descrever e discutir os riscos climáticos à infraestrutura de transporte terrestre** (rodoviário e ferroviário) disponíveis na literatura. Isso incluiu levantamento de dados e análises prévias.

Para condução desta atividade, foi construída uma planilha que contém aspectos essenciais do projeto, como o risco climático sob investigação, a infraestrutura considerada (rodoviária e/ou ferroviária), o local de estudo (país, estado, município), a estratificação dessas medidas (estratégicas, táticas e operacionais), os indicadores considerados, os limiares, a referência bibliográfica utilizada, etc.

O risco foi analisado levando-se em conta a interação entre os componentes de risco climático (ameaça, exposição e vulnerabilidade), conforme estabelecido por IPCC (2014). Essa análise prévia a base da literatura também foi delimitada sob um aspecto conceitual e setorial, focada na infraestrutura de transporte terrestre. Os resultados desta atividade servirão de insumo para as Etapas 3 a 5.

Atividade 1.4 - Determinação dos principais dados e indicadores de risco climático na bibliografia

Nesta atividade, uma atenção especial foi dada à **análise de dados e indicadores** contidos nos estudos incluídos no repositório de pesquisa, relacionados à análise de riscos e impactos climáticos sobre a infraestrutura de transporte terrestre.

Dessa forma, foram considerados os seguintes indicadores, conforme definições apontadas pelo AdaptaBrasil [TdR]:

- Indicadores de ameaças climáticas - baseiam-se no histórico (clima presente) e em projeções futuras de uma particularidade climática que provavelmente pode afetar o sistema socioecológico;
- Indicadores de exposição - analisam o nível, duração e/ou extensão, em que o sistema está sujeito ao contato com a ameaça climática, sendo uma relação entre o ambiente de análise e a ameaça; e
- Indicadores de vulnerabilidade - compreendem o aspecto intrínseco e a *priori* em que um sistema socioecológico está propenso a ser afetado por ameaças climáticas, 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; 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).

Para apresentação dos resultados dessa atividade foram construídas tabelas com os principais indicadores de riscos climáticos, divididos nas categorias acima, sendo apresentados aqueles que apareceram com maior frequência nos estudos analisados.

Destaca-se que a consolidação e ponderação dos indicadores só serão realizadas nas próximas etapas, de acordo com as contribuições críticas de atores e especialistas dos impactos das mudanças do clima na infraestrutura de transporte terrestre (rodoviário e ferroviário) durante a realização das oficinas participativas.

Atividade 1.5 - Levantamento e comparação das metodologias identificadas

Para a presente atividade, foi adotada a abordagem conceitual de risco de impacto do IPCC (2014), que determina o risco em função da ameaça, da exposição e da vulnerabilidade (sensibilidade e capacidade adaptativa), buscou-se comparar algumas das diferentes aplicações metodológica desse quadro conceitual, empregadas em alguns estudos do repositório de pesquisa, focando principalmente nas referências listadas no TdR.

As aplicações metodológicas identificadas durante a revisão **foram comparadas em relação às potencialidades e limitações**, bem como foram apontadas as possíveis lições aprendidas, com sua incorporação nos estudos de caso dessas pesquisas.

A abordagem metodológica do AdaptaBrasil, por exemplo, é concebida pela integração de índices e indicadores de ameaça, de exposição e de vulnerabilidade (sensibilidade e capacidade adaptativa) que sejam capazes de capturar as relações de causalidade e influência dos fatores de risco climático (AdaptaBrasil [s.n]). Esses indicadores são desenvolvidos com base nas etapas estabelecidas pelo *Competence Centre on Composite Indicators and Scoreboards* (COIN) do *Joint Research Centre* (JRC) (Nardo et al., 2008), sendo realizadas adaptações de acordo com as necessidades.

Atividade 1.6 - Compilação das principais conclusões dos estudos (nacionais e internacionais)

Os estudos nacionais sobre os impactos da mudança do clima na infraestrutura de transporte terrestre, levantados durante a realização das atividades da Etapa 1 e constantes do repositório de pesquisa, **foram analisados com foco em suas conclusões**, de modo a destacar aspectos que justificassem a importância do projeto, bem como direcionassem para a condução eficiente das próximas etapas.

Destaca-se ainda que, como existem poucos estudos nacionais sobre o assunto, a fundamentação teórica dessa atividade **também se baseou em estudos internacionais** que pudessem dar mais robustez aos raciocínios estabelecidos ao longo de seu desenvolvimento. Por exemplo, ao se tratar das secas em cidades do nordeste brasileiro, adotam-se considerações apontadas em relatórios de importantes organismos internacionais como o Banco Mundial e o IPCC. Além disso, nesta etapa, os dados levantados e analisados foram compilados para elaboração deste Produto.

Atividade 1.7 - Reunião virtual de apresentação, debate do Produto 1 e indicação dos próximos passos

Foi realizada, no dia 13/05/2021, uma **reunião virtual de apresentação dos resultados da Etapa 1**, com a participação de representantes do comitê gestor do projeto (MInfra, GIZ, INPE e MCTI), e de debate e alinhamentos finais para a elaboração deste Produto.

Esta reunião foi de grande valia, pois se tratou de uma oportunidade para compartilhar experiências e promover a aprendizagem mútua entre a equipe de consultoria (Associação GITEC/COPPE) e o cliente. Nessa reunião, foram discutidos também os passos para a melhor condução das próximas etapas/atividades.

Atividade 1.8 - Entrega do Produto 1

Esta atividade englobou a **entrega do presente documento** - Plano de Trabalho com descritivo detalhado das atividades e cronograma (Parte I. Plano de Trabalho), bem como uma revisão bibliográfica (Parte II. Levantamento Bibliográfico) sobre os indicadores que representam o risco climático de infraestrutura de transporte terrestre - que apresenta uma análise sistemática dos estudos relacionados à análise de impactos e risco climático para os modos de transporte terrestre (rodoviário e ferroviário) existentes no Brasil e no mundo, bem como os indicadores de ameaça, exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa adotados na literatura internacional para análises de riscos e impactos climáticos sobre a infraestrutura de transporte terrestre.

Etapa 2: Análise histórica dos impactos associados ao clima

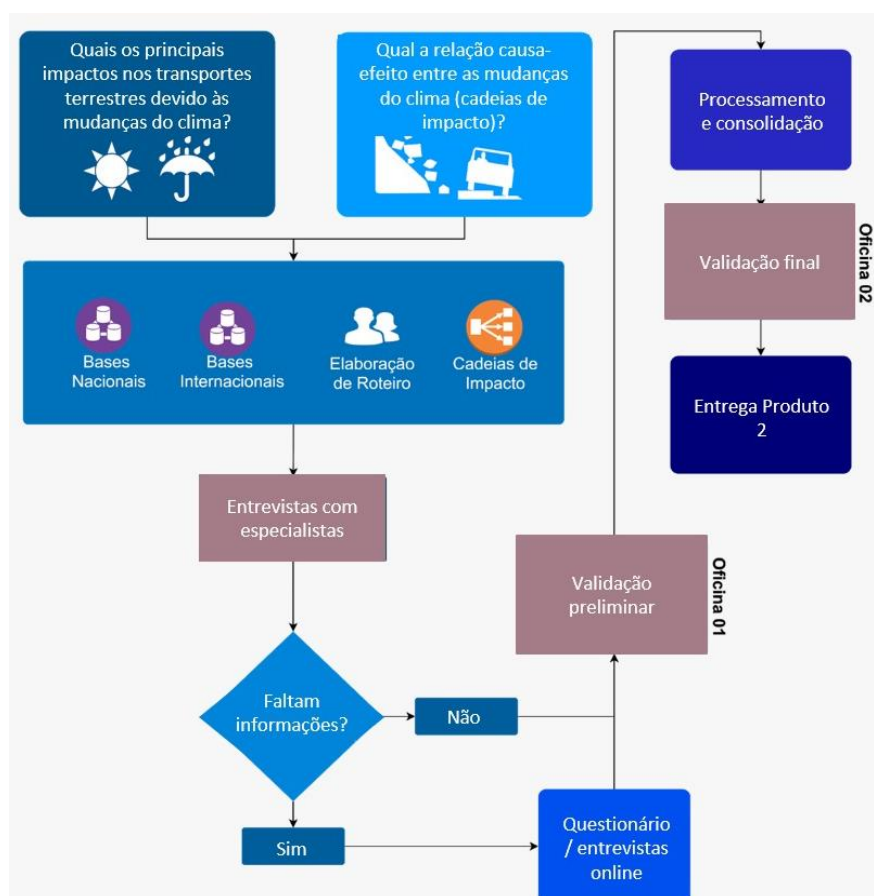
Concluída a revisão bibliográfica, esta etapa consistirá no **levantamento da análise histórica dos impactos** relacionados ao clima na infraestrutura de transporte, com foco nos principais elementos a serem avaliados (ameaças climáticas, exposições e vulnerabilidades: capacidades adaptativas e sensibilidades), assim como o levantamento das cadeias de impactos existentes, com objetivo de direcionar

e delimitar a construção da base de dados, a qual será composta de recursos advindos de *datasets* reconhecidos nacional e internacionalmente.

Em resumo, após a consulta às bases de dados nacionais e internacionais, a equipe técnica procederá à compilação e processamento dos dados, assim como a proposição de **cadeias de impacto preliminares**, com base na revisão bibliográfica. Adiante, será realizada a **entrevista com os especialistas**, seguida da **Oficina 1**, momento no qual serão apresentadas as informações consolidadas para validação preliminar. Na oportunidade, será discutida a proposta de cadeias de impacto amadurecida com os especialistas, a qual será avaliada em conjunto com as equipes técnicas das entidades envolvidas no estudo, permitindo um alinhamento de percepção entre as informações levantadas na revisão bibliográfica, entrevista com especialistas e o produto final esperado.

Após essa atividade, a equipe técnica procederá com a consolidação das informações necessárias e fará a validação final, na **Oficina 2**. E, por fim, será feita a incorporação das informações nos documentos do **Produto 2**, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma da Criação da base de dados sobre impactos climáticos na infraestrutura de transporte terrestre.



Fonte: Elaboração própria (2021).

Atividade 2.1 - Levantamento de dados junto a órgãos e entidades brasileiras

Na Atividade 2.1, será realizado um **levantamento de dados** relacionados aos impactos (danos e prejuízos) climáticos na infraestrutura de transporte terrestre brasileiro. Logo, o direcionamento de esforços será para localizar, selecionar e consolidar os dados existentes sobre a temática no Brasil em

bases nacionais e internacionais de pronto acesso ao público. Vale ressaltar que, como um dos produtos finais, a equipe terá em mente que os dados atendam ao formato necessário para incorporação na plataforma AdaptaBrasil MCTI⁴.

Além da pesquisa nas bases de dados mencionadas e, já reconhecida a escassez de informações sobre o panorama nacional brasileiro sobre a temática, a equipe do projeto atuará junto aos órgãos e entidades relevantes, contando com o apoio do Ministério de Infraestrutura (MInfra), para mapear os Atores chave e Atores relevantes no âmbito de uma governança nacional sobre infraestrutura de transportes terrestres (rodoviário e ferroviário) para obter dados junto às instituições públicas e privadas como a Empresa de Planejamento e Logística (EPL), Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), Defesa Civil, entre outros.

Durante o levantamento dos dados, serão elencados os principais fatores de riscos climáticos e os impactos na infraestrutura de transporte terrestre. Como exemplos dos resultados esperados, são apresentadas as informações do estudo do *National Research Council* (2008), mostrado no Quadro 5, a seguir. É preciso ressaltar que diferentes critérios de potencial de mudança climática são adotados, tendo como referência as características geográficas a que a região de análise está submetida.

Quadro 5 – Exemplos de impactos climáticos na infraestrutura de transporte terrestre

Potencial Mudança Climática	Exemplos de Impactos na Infraestrutura
Aumento nas temperaturas diárias extremas e ondas de calor	- Expansão térmica em juntas de pontes, e revestimentos rodoviários; - Preocupações com relação à integridade do pavimento (por exemplo, amolecimento), trincas relacionadas ao tráfego, deformação permanente precoce da mistura asfáltica - Deformação geométrica da via permanente (flambagem dos trilhos)
Elevação do nível do mar, combinado com tempestades	- Inundação de rodovias e ferrovias nas regiões do litoral - Inundações com maior frequência ou maior severidade em túneis e estruturas subterrâneas (drenos profundos) - Erosão de base de pavimento (rodoviário e ferroviário), assim como das fundações de pontes e viadutos
Aumento nos eventos de precipitação intensa	- Aumento de inundações de rodovias, ferrovias, túneis subterrâneos e dispositivos de drenagem - Aumento na erosão de base e sub-base de rodovias, danos às camadas inferiores (subleito, sublastro e lastro) de ferrovias, assim como deslizamento de maciço (terra) que causam danos ao corpo estradal
Maior frequência de furacões fortes (categoria 4-5)	- Maior probabilidade de colapso da infraestrutura - Maior ameaça à estabilidade do tabuleiro das pontes

Fonte: Elaboração própria (2021).

Realizado o levantamento inicial de dados, os mesmos serão consolidados para elaboração do roteiro da entrevista com especialistas.

⁴ De toda forma, conforme informado, a plataforma possui flexibilidade para que os ajustes sejam feitos no sentido de receber esses novos inputs.

Atividade 2.2 - Entrevistas com especialistas e aplicação de questionário online

Na Atividade 2.2, serão conduzidas **entrevistas remotas e, caso necessário, a aplicação de questionários online** semiestruturados com o corpo técnico de instituições brasileiras que atuam nas diversas fases do ciclo de vida dos ativos que compõem a infraestrutura federal de transporte terrestre (rodovias e ferrovias), fornecendo uma visão técnica eficiente sobre estes ativos, o que possibilitará um melhor planejamento e definição de estratégias para sua gestão e intervenção.

A participação de atores chave e/ou relevantes, conforme apresentado na figura 2, se dará com o objetivo de buscar complementar informações que possam apoiar na definição dos repositórios de dados disponíveis, suprir lacunas identificadas, bem como apoiar na identificação dos tipos de impactos, fatores biofísicos e da infraestrutura que influenciam o impacto, por exemplo. As entrevistas poderão auxiliar na construção da cadeia de impactos tendo em vista que os atores poderão fornecer elementos importantes com base na vivência profissional.

Além disso, as entrevistas servirão para se obter uma melhor percepção da governança atual e do nível de importância no processo de engajamento. É preciso ressaltar que a equipe da consultoria está desenvolvendo uma proposta de roteiro para a realização das entrevistas e de questionário online, os quais deverão ser validados pelo MInfra e GIZ ainda neste momento, com o objetivo de analisar a pertinência das respostas possíveis e quais as análises poderão ser obtidas a partir desses dados, para que o número de questões seja o mínimo possível, mas relevante ao estudo. De posse desses documentos, será conduzida a entrevista com especialistas da área, visando obter uma visão mais ampla da problemática do estudo.

É preciso ressaltar que as entrevistas serão realizadas em **modo remoto** e contará com a coordenação da equipe técnica do estudo, que fará um breve resumo sobre a temática no início para que todos os presentes estejam alinhados com o objetivo a ser alcançado.

Entende-se que as informações, questionamentos e *insights* gerados pelos convidados serão de grande valia para uso durante todo o projeto e, para isso, os mesmos serão consultados sobre o consentimento para que a sessão seja gravada. Ao término do encontro, os principais pontos da reunião serão consolidados pela equipe técnica e disponibilizados no documento do Produto 02.

Consolidadas as informações, questionamentos e esclarecimentos obtidos durante a entrevista com especialistas, será avaliado pela equipe técnica se ainda persiste a necessidade de um maior detalhamento de dados. Confirmada a pertinência dessa demanda, juntamente com a equipe do MInfra e GIZ, será aplicado um questionário *online*. Nesse momento, serão selecionados especialistas estratégicos e distintos da entrevista, com relevância nas entidades, associações e órgãos para obtenção de uma percepção mais ampla do assunto abordado. Dessa forma, a atividade de aplicação dos questionários envolve:

1. Escolha das perguntas que irão compor o formulário;
2. Determinação do tamanho da amostra;
3. Seleção dos meios para propagação eficiente dos questionários, obtendo-se assim uma maior quantidade de pesquisadores/ especialistas diretamente relacionados ao assunto; e
4. Coleta, tratamento e consolidação dos dados.

Considerando os estudos de *U.S. Department of Transportation* (2002) e *National Research Council* (2008), é possível inicialmente identificar o grupo dos principais stakeholders para participarem do

Quadro 7 – Sinais climáticos e a Projeção de Probabilidades.

Sinal climático	Projeção de Probabilidades
Elevação da temperatura e ondas de calor	É altamente provável (mais de 90 por cento de probabilidade de ocorrência) que extremos de calor e ondas de calor continuarão a se tornar mais intensos, duradouros e mais frequentes na maioria das regiões durante o século 21
Elevação do nível do mar	É praticamente certo (mais de 99 por cento de probabilidade de ocorrência) que os níveis do mar continuarão a subir no século 21 como resultado da expansão térmica e perda de massa das camadas de gelo. O intervalo global projetado no aumento do nível do mar é de 0,18m a 0,59m em 2099, mas o aumento não será geograficamente uniforme.
Elevação da intensidade dos eventos de precipitação	Intensidades aumentadas de tempestades tropicais, com velocidades de vento de pico maiores e precipitação mais intensa, são projetadas como prováveis (probabilidade de ocorrência maior que 66 por cento)
Elevação da intensidade de furacões ⁵	Nenhuma projeção robusta sobre o número global anual de tempestades tropicais emergiu de estudos de modelagem, mas análises mais detalhadas focadas no Oceano Atlântico não sugerem aumentos significativos no número anual de tempestades tropicais do Atlântico

Fonte: Elaboração própria (2021).

Atividade 2.3 - Criação da base de dados sobre os impactos causados à infraestrutura de transporte terrestre

Na Atividade 2.3, haverá a **elaboração da base de dados**, contendo os resultados das Atividades 2.1 e 2.2, e da Etapa 1, cujo principal objetivo é reunir as informações levantadas sobre os impactos e fatores de risco que incidem sobre a infraestrutura de transporte terrestre federal (rodoviário e ferroviário) devido à ameaça climática.

Os documentos consultados para essa análise serão catalogados em repositório de dados (Planilha Eletrônica) para registro e posterior consulta. A Tabela 3 exemplifica a organização dessas informações:

Tabela 3 – Modelo de tabela para consolidação bibliográfica dos estudos consultados.

Título:	Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas					
Ano	Autores	Tema	URL	ID	País	Acesso livre
2020	Santos et. al	Impacto / Pavimento	http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/Relatorio_UM_v10-2017-1.pdf	https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122210	Brasil	Sim

⁵ Em março de 2004 o Brasil vivenciou um furacão que atingiu o litoral norte do Rio Grande do Sul e o litoral Sul de Santa Catarina, que ficou conhecido como Catarina. Foi o primeiro furacão do Atlântico Sul que chegou à costa brasileira. Também é relatado na literatura a maior ocorrência e um aumento na frequência de ciclones, incluindo ciclones “bomba”.

Keywords: Impacto, mudança climática, transporte rodoviário, pavimento

Fonte: Elaboração própria (2021).

A base de dados deverá conter informações tabulares tais como tipo de dado, formato, qualidade, fonte, e caso pertinente, o horizonte temporal. Isso permite facilitar a visualização e a análise da evolução temporal de tais impactos nas últimas décadas, considerando-se aspectos operacionais e estruturais.

Com base nessas informações, será realizada uma análise de tendência, por meio de teste de significância estatística Mann-Kendall. Este teste consiste em um método robusto, sequencial e não paramétrico utilizado para determinar se uma série de dados possui uma tendência temporal de alteração estatisticamente significativa (Mann, 1945; Kendall, 1975). Por ser um procedimento não paramétrico, que não assume uma distribuição conjunta específica dos dados, é minimamente afetado por desvios da normalidade (Yue e Pilon, 2004).

Atividade 2.4 - Desenvolvimento das cadeias de impacto

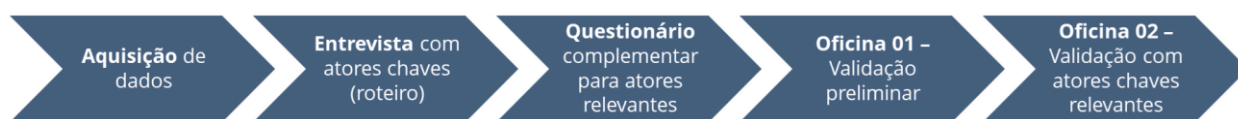
Na Atividade 2.4, ocorre o **desenvolvimento das cadeias de impacto**, ou cadeia de causa-efeito, as quais se relacionam os fatores de risco identificados na Etapa 1 e complementados na Etapa 2, cujo objetivo é criar uma ferramenta analítica da sequência lógica de impactos gerada pelos estímulos pertinentes à realidade brasileira. Como referência, será adotada a estrutura indicada por Buth *et al.* (2017), com a apresentação de estímulos, impactos intermediários e os impactos finais. Ainda nesta atividade serão apontados quais e como esses elementos se relacionam na infraestrutura de transporte terrestre.

O desenvolvimento das cadeias de impacto do presente estudo, terá uma estrutura inicial proposta pela equipe técnica na Oficina 1, tendo como base a revisão bibliográfica da Etapa 1, sendo nesta oportunidade discutida e validada pelo Comitê Gestor do estudo. Espera-se que as entrevistas e/ou a aplicação do questionário possam apoiar no desenvolvimento das cadeias de impacto. Isto porque tal ferramenta será o *input* para as análises que serão realizadas nas etapas posteriores.

Atividade 2.5 - Oficinas de trabalho para consolidação e validação

A Atividade 2.5 contém a **consolidação e a validação das informações** por meio de 2 oficinas de trabalho em conjunto com o MInfra e outros atores relevantes para compartilhamento de experiências e aprendizagem mútua. A primeira oficina contará com a participação do comitê técnico, para apresentação dos resultados obtidos durante as entrevistas e aplicação de questionário (caso tenha sido necessária a aplicação); já a segunda, será realizada ao final da etapa, contando com a presença da equipe de consultoria, MInfra, GIZ e os atores chave, para apresentação e discussão dos resultados finais. A Figura 4 resume o engajamento necessário para a realização da etapa 2.

Figura 4 – Engajamento necessário para realização das oficinas.



Fonte: Elaboração própria (2021).

Essas ações inserem-se no âmbito de um processo participativo que busca levantar, de forma sistêmica, as informações relevantes para o desenvolvimento do estudo. Cabe ressaltar que é possível a identificação de lacunas de dados, o que poderá impactar no aprofundamento de etapas e atividades previstas no projeto.

O calendário previsto para as oficinas é mencionado na Seção 3.2. Essa atividade envolve:

1. Definição de escopo e objetivos claros para as oficinas;
2. Elaboração de uma agenda de trabalho;
3. Desenvolvimento de materiais de apoio (p. ex., apostilas);
4. Realização das oficinas; e
5. Distribuição de itens de acompanhamento, conforme necessário.

Atividade 2.6 - Entrega do Produto 2

Por fim, na Atividade 2.6 ocorre a entrega do Produto 2 - Análise histórica dos impactos do clima na infraestrutura federal de transportes terrestres -, que concluirá de forma exitosa um objetivo específico do projeto, levantando o histórico de impactos associados ao clima.

Portanto, neste momento serão respondidas as questões sobre quais dos dados e informações sobre danos e prejuízos estão disponíveis, assim como quais os impactos (danos e prejuízos) que a infraestrutura de transporte terrestre brasileira tem sofrido devido a mudança do clima e à variabilidade climática nas últimas décadas, e qual é a relação causa-efeito entre as ameaças climáticas e seus possíveis impactos na infraestrutura de transportes terrestres.

Etapas 3: Identificação das ameaças climáticas

Esta etapa busca identificar as ameaças climáticas e envolve a preparação dos insumos e diretrizes, realizada pela Associação GITEC/COPPE, para a consultoria externa, bem como o trabalho do consultor externo, que será responsável por fornecer quatro produtos, conforme descrito no TdR:

1. Climatologia atual;
2. Mapa de tendência observada com significância estatística;
3. Cenários de mudança do clima (RCPs vs. Histórico) derivados de um conjunto de multi-modelos do CMIP5 e/ou média de modelos regionais; e
4. Concordância entre os modelos em relação ao sinal de mudança.

Atividade 3.1 - Identificação das ameaças climáticas aplicáveis à realidade da infraestrutura federal de transporte terrestre (rodoviário e ferroviário)

A Atividade 3.1 irá **identificar as ameaças climáticas** com base nos resultados das etapas anteriores (Etapas 1 e 2). As ameaças serão apresentadas de forma detalhada, considerando os limiares críticos que levam a algum tipo de impacto na infraestrutura federal de transporte terrestre brasileira.

Nesse sentido, o Quadro 8 é elaborada de forma preliminar a nortear a análise das ameaças climáticas a partir dos questionamentos apresentados, com o objetivo de avaliar os indicadores conhecidos e permitir uma análise exploratória de dados iniciais.

Quadro 8 – Principais ameaças climáticas na infraestrutura de transporte terrestre e os questionamentos a serem respondidos durante o estudo.

AMEAÇAS CLIMÁTICAS	QUESTIONAMENTOS
Temperatura extrema	- As temperaturas anual e mensal devem mudar? - Como estão as projeções de mudança quanto à frequência, intensidade e duração das temperaturas extremas?
Precipitação extrema / enchentes	- Os padrões de precipitação anual e mensal têm projeção de mudança? - Como estão essas projeções de mudança quanto à frequência, à intensidade e à duração das temperaturas extremas?
Secas	- Como estão as projeções de mudança quanto à frequência, à intensidade e à duração das temperaturas extremas?
Ventos fortes	- A infraestrutura de transporte terrestre está sujeita a ciclones tropicais, como furacões ou tufões?
Elevação do nível do mar	- Como estão as projeções de elevação do nível do mar nas regiões próximas à infraestrutura de transporte terrestre?
Tempestades	- Quais regiões, localizadas próximas à infraestrutura de transporte terrestre, sofreram com tempestades no passado?

Fonte: Elaboração própria (2021).

Atividade 3.2 - Definição de indicadores, escopo e critérios para consultoria externa

A Atividade 3.2 trata da **definição de variáveis, escopo e critérios** que servirão de insumos e diretrizes para a consultoria externa, como a definição das variáveis de ameaças climáticas, bem como o formato de entrega do dado e o horizonte temporal dos cenários a serem considerados a partir de recomendações identificadas na literatura mais recente.

A definição das variáveis, quais projeções ou conjunto de produções, cenários de emissões e desenvolvimento socioeconômico e horizontes temporais, será validada durante reunião virtual com comitê gestor e outras partes relevantes.

Nessa etapa, as incertezas em relação às diversas projeções climáticas e seus resultados, em muitos casos divergentes, deverão ser apresentadas, discutidas e quantificadas (p.ex. calculando a discordância entre os modelos e identificando áreas onde as mudanças são mais prováveis). Essas incertezas servirão de base para estimar, de forma qualitativa, a probabilidade do risco climático na Etapa 5.

Atividade 3.3 - Reunião virtual de alinhamento e validação de escopo da consultoria externa

Na Atividade 3.3, deverá ser realizada **reunião virtual** com os gestores do projeto e com o consultor externo contratado pela GIZ. A reunião possibilitará o **alinhamento e a validação do escopo da análise e a delimitação dos insumos** a serem fornecidos pela consultoria ao consultor externo.

Atividade 3.4 - Fornecimento de insumos para desenvolvimento da consultoria externa

Uma vez validados, na Atividade 3.4, a consultoria (Associação GITEC/COPPE) deverá **fornecer os insumos acordados**, visando subsidiar a preparação dos produtos sob responsabilidade do consultor ex-

terno contratado pela GIZ. Esta atividade, portanto, irá gerar uma demanda clara e objetiva para subsidiar as entregas dos produtos atribuídos a este consultor.

Atividade 3.5 - Realização do pós-processamento dos dados de clima para sua incorporação à análise de risco climático

De posse dos resultados da consultoria externa, a consultoria (Associação GITEC/COPPE) **realizará o pós-processamento dos dados de clima** na Atividade 3.5. Essa atividade inclui a preparação dos dados para análise de risco climático (ARC) que será realizada na Etapa 5.

Normalizar um dado é uma forma de converter diferentes conjuntos de indicadores em números sem unidades de medida, utilizando uma escala que avalia a criticidade do indicador com relação ao risco da mudança do clima. A escala atribuída varia de 0 (ótimo, não são necessárias melhorias) a 1 (crítico, sistema não se encontra em funcionamento).

A normalização pode ser feita de dois modos, dependendo da escala de medição. Para valores métricos, é necessário verificar a “direção” da variação e definir limites. Já indicadores especificados por valores categóricos e escalas ordinais são normalizados aplicando-se um esquema de avaliação de 5 classes para a avaliação de risco (por exemplo, 1 = ótimo; 5 = crítico). Indicadores para os quais não forem encontrados dados disponíveis poderão ter seus valores atribuídos por especialistas, considerando-se sua expertise nas diferentes áreas.

Cabe destacar que os indicadores atenderão ao formato necessário para a incorporação na Plataforma AdaptaBrasil MCTI, que visa integrar índices e indicadores de risco de impactos da mudança do clima no Brasil.

Atividade 3.6 - Reunião virtual de apresentação e debate do Produto 3

A Atividade 3.6 consiste em uma **reunião virtual de validação e debate do Produto 3**. Dessa forma, será possível validar, junto aos gestores do projeto, o formato e os conteúdos, incorporar as últimas observações e realizar os ajustes finais. Espera-se com isso manter a equipe gestora envolvida e atualizada sobre os avanços do estudo, além de tornar os fluxos de revisão e aprovação dos produtos mais fluidos e eficientes.

Atividade 3.7 - Entrega do Produto 3

Por fim, na Atividade 3.7 ocorre a **entrega do Produto 3** - Identificação das principais ameaças climáticas e consolidação das informações climáticas para a análise de risco climático da infraestrutura federal de transportes terrestres.

Este produto buscará determinar ainda: (i) quais são os limiares críticos para cada ameaça climática relacionada a cada impacto climático; (ii) se frequência e intensidade das ameaças climáticas estão aumentando ou diminuindo, atualmente e no futuro; e (iii) em quais as regiões e áreas as mudanças são mais prováveis.

Etapa 4: Análise de vulnerabilidade e exposição

A análise de vulnerabilidade e exposição, expressa nesta etapa, identifica a vulnerabilidade como uma função da sensibilidade e da capacidade adaptativa e a exposição dos elementos da infraestrutura de transporte terrestre aos efeitos da mudança do clima, que resultam em impactos de diferentes graus de severidade, que podem ocorrer com uma probabilidade estimada.

Atividade 4.1 - Análise de dados e seleção de método

A Atividade 4.1 consiste na **análise aprofundada dos dados** obtidos nas Etapas 1 e 2, de modo a identificar quais são as vulnerabilidades existentes (capacidade adaptativa e sensibilidade) e o grau de exposição presente na infraestrutura de transporte terrestre rodoviária e ferroviária.

São múltiplas as dimensões de exposição e vulnerabilidade a ameaças climáticas. Birkmann (2006) apresenta que nenhuma metodologia de avaliação única é adequada e capaz de capturar todas as características de vulnerabilidade e risco. Para escolha da metodologia, deve-se levar em conta que abordagens quantitativas para avaliar a vulnerabilidade precisam ser complementadas com abordagens qualitativas para capturar toda a complexidade e os vários aspectos tangíveis e intangíveis de vulnerabilidade em suas diferentes dimensões. É importante reconhecer que sistemas complexos envolvem múltiplas variáveis (físicas, sociais, culturais, econômicas e ambientais), que não podem ser medidas com a mesma metodologia.

Deste modo, se por um lado é necessário responder à necessidade de vulnerabilidade e risco em uma avaliação integrada, utilizando métodos quantitativos, qualitativos, tradicionais e participativos em diferentes escalas, é também um desafio combinar diferentes metodologias.

Neste estudo, adotando o quadro conceitual de avaliação de risco climático do IPCC (2014), será utilizada a abordagem metodológica do AdaptaBrasil, conforme estipulado na Atividade 1.5, que deverá ser alinhada e validada em reunião virtual com a equipe do projeto e parceiros.

Atividade 4.2 - Complementação de dados por meio de entrevistas e questionários *online*

Na Atividade 4.2, realiza-se a **complementação de dados disponíveis** e identificados nas Etapas 1 e 2, por meio de entrevistas e questionários *online*, a fim de entender quais são os fatores (não climáticos) que levam a um impacto. Estas estratégias, conforme já mencionado anteriormente, possibilitam ampliar as visões e percepções sobre a temática do projeto e garantir uma maior abrangência e qualidade dos resultados e discussões.

Atividade 4.3 - Formulação de indicadores de sensibilidade, capacidade adaptativa e exposição

A Atividade 4.3 envolve a **formulação de indicadores de sensibilidade, capacidade adaptativa e exposição**. A partir do conhecimento das vulnerabilidades, será possível propor métricas de risco para avaliação e gerenciamento. Os resultados de uma avaliação de vulnerabilidade incluem:

- Uma descrição e análise da vulnerabilidade atual, incluindo ativos vulneráveis (por exemplo, uma ponte exposta a alguma ameaça climática);
- Descrições de vulnerabilidades potenciais no futuro, incluindo uma análise de caminhos que relacionam o presente ao futuro;
- Comparação da vulnerabilidade sob diferentes condições socioeconômicas, de mudança do clima e respostas adaptativas.

Atividade 4.4 - Elaboração de tabelas e mapas (georreferenciados)

Na Atividade 4.4, **serão elaboradas as tabelas de indicadores e dados georreferenciados** - caso estes dados estejam disponíveis em formato espacial ou possam ser geocodificados -, relativos aos componentes de risco “exposição” e “vulnerabilidade”, identificando aspectos tais como regiões e áreas com maior e menor exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa em função de cada indicador, tanto

para rodovias quanto para ferrovias. Nessa atividade, se realizará também a normalização dos indicadores, conforme já explicitado na Atividade 3.5.

Atividade 4.5 - Oficina de validação dos indicadores

A Atividade 4.5 consiste na **realização de uma oficina** para apresentação e discussão dos resultados das atividades anteriores e **validação dos indicadores e limiares**, conforme será descrito na Seção 3.2.

Atividade 4.6 - Entrega do Produto 4

Uma vez validados os indicadores e os resultados, esta etapa se encerra com a Atividade 4.6, onde ocorrerá a **entrega do Produto 4** – Análise da vulnerabilidade e exposição da infraestrutura federal de transportes terrestres.

Este produto buscará determinar ainda: (i) os dados sobre sensibilidade, capacidade adaptativa e exposição existentes e disponíveis; (ii) o nível de sensibilidade, capacidade adaptativa e exposição da infraestrutura federal de transporte terrestre às ameaças climáticas; e (iii) as regiões mais críticas e as características técnicas mais relevantes de cada tipo de infraestrutura estudado, que podem ser afetadas pelas ameaças climáticas.

Etapas 5: Análise de risco climático (ARC)

Os riscos climáticos afetam diretamente os ativos físicos de infraestrutura, e impactam de forma significativa a economia do país. Conforme Wang (2020), as iniciativas das nações para tratar do assunto estão em estágios iniciais, e apresentam diversos *gaps*, tais como limitação quanto à existência de dados, foco quase exclusivo em regiões específicas e modos de transporte, consideração dos impactos apenas em determinada etapa do ciclo de vida, dentre outros. Logo, quantificar os riscos relacionados ao clima proporciona maior margem de manobra para reduzir os desastres e prejuízos em âmbito nacional.

A **Análise de Risco Climático (ARC)** é uma ferramenta de apoio aos *stakeholders*, que implica na avaliação dos componentes do risco climático e da vulnerabilidade, cujo resultado deve fornecer utilidade direta para os tomadores de decisão quanto às decisões de adaptação da infraestrutura de transportes à mudança do clima.

Como o risco é algo cujo resultado é incerto, esta incerteza pode ser tratada de diferentes maneiras em uma análise de risco. Em avaliações de risco de desastres, uma abordagem comum é uma avaliação probabilística, onde o risco é representado como a probabilidade de ocorrência de eventos ou tendências perigosas, multiplicada pelos impactos desses eventos ou tendências (IPCC, 2014).

Em relação aos riscos climáticos, essa abordagem probabilística muitas vezes não é viável. Muitas ameaças e consequências não podem ser descritas como eventos-padrão, que é um requisito para uma abordagem probabilística. Ademais, as consequências da mudança do clima não podem ser avaliadas com uma abordagem probabilística, uma vez que as futuras trajetórias socioeconômicas, os cenários das emissões de gases de efeito estufa e, portanto, dos impactos climáticos é incerto.

Diante do exposto, propõe-se compreender o risco climático como uma função da ameaça, exposição e vulnerabilidade, conforme proposto pelo IPCC (2014) e corroborado pela metodologia proposta por GIZ, EURAC & UNU-EHS (2018).

A probabilidade e a incerteza explícitas serão calculadas quantitativamente, sempre que possível, e particularmente na seleção de indicadores de ameaça; porém, no resultado final, a incerteza será avaliada de forma qualitativa e os métodos aplicados dependerão das definições da Atividade 1.5 e dos acordos estabelecidos com os parceiros. A Etapa 5, portanto, visa analisar o risco climático, com o detalhamento de suas informações para munir os tomadores de decisão de dados atualizados.

Atividade 5.1 - Realização de oficina com especialistas para definição e mensuração dos critérios para elaboração dos Índice de Risco climático (IRC)

Existem múltiplos métodos para análise do risco climático, conforme apresentado por Gallina et al. (2016) e Tilloy et al. (2019). Para tanto, o presente trabalho fará uso das metodologias que compõem o estado da arte, no que diz respeito ao elemento de estudo e em função da análise e avaliação dos métodos realizados na Atividade 1.5, e utilizará como *inputs* os resultados obtidos nas Etapas 3 (identificação das ameaças climáticas) e 4 (análise de vulnerabilidades e exposição).

Nestas etapas, foram definidos os indicadores de ameaça climática com base nas ocorrências potenciais de eventos de origem natural ou impacto físico ou tendência a estes eventos/impactos que possam causar danos à infraestrutura de transporte terrestre, bem como os indicadores de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa.

As abordagens para Análise do Risco Climático (ARC) se dividem em:

- *Top-down* (cenário-impacto-primeiro): se iniciam com os cenários das condições climáticas futuras, modelam possíveis impactos das condições de mudança do clima e então identificam opções de adaptação. Consideram a escala e o propósito dos tomadores de decisão. Nesta abordagem, pouca importância é atribuída aos riscos atuais da variabilidade climática natural, aos fatores de pressão não climáticos e às incertezas.
- *Bottom-up* (vulnerabilidade-limiar-primeiro): independem de qualquer condição climática futura específica. São bastante úteis para identificar áreas de prioridade para ações urgentes, quando o papel dos fatores de pressão climáticos não pode ser claramente demarcado dos fatores não climáticos ou as incertezas sobre o impacto do clima futuro são muito grandes (IPCC, 2012). Nesta abordagem, para identificar as medidas de adaptação a serem consideradas pelos tomadores de decisão, é necessário um conhecimento detalhado dos riscos climáticos atuais para avaliar os riscos climáticos futuros, o que requer informações climáticas personalizadas.

Dada a natureza dos *inputs* necessários para esta Etapa, é prudente a realização de um processo participativo, conforme as premissas definidas em MMA (2018), com a realização de oficinas com especialistas tanto de risco climático quanto de infraestrutura de transporte terrestre, para que haja alinhamento de entendimento na definição dos parâmetros que serão utilizados para os cálculos do Índice de Risco Climático - IRC. Assim, a análise de risco climático inicia-se com a Atividade 5.1, em que será realizada uma **oficina participativa com especialistas** e visa a definição conjunta das relevâncias, da mensuração dos pesos e das importâncias necessárias para a elaboração do Índice de Risco Climático (IRC).

Assim, de posse dos resultados da oficina participativa, realizada nesta atividade, e dos indicadores (definidos em etapas anteriores), serão desenvolvidos os índices de risco climático de acordo com metodologia selecionada. A metodologia para a ARC, conforme já mencionado, se baseará na análise de risco do AR5 (*Model for Vulnerability Evaluation* - MOVE) (IPCC, 2014); também considerará o modelo conceitual para análise do risco de impacto da mudança do clima, desenvolvido para o AdaptaBrasil MCTI, e metodologias utilizadas no desenvolvimento do projeto para avaliação do risco de impacto da

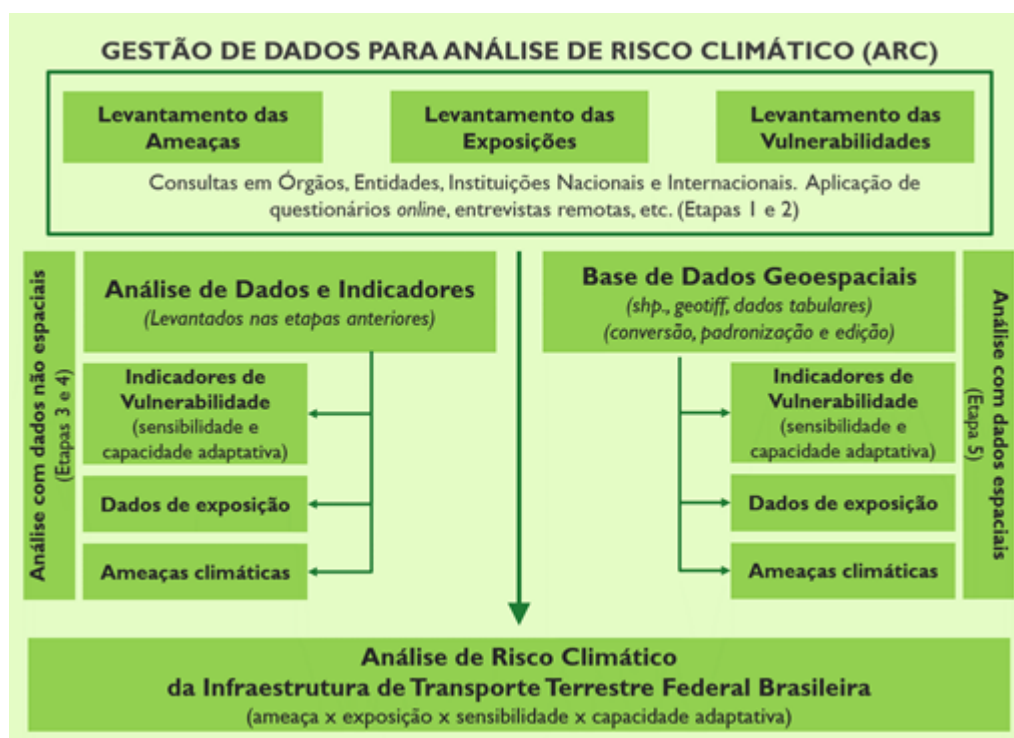
mudança do clima em Setores Estratégicos e Prioritários (SEP) – nessa última, será atribuído um olhar diferenciado com foco nos impactos na infraestrutura de transporte terrestre (rodoviário e ferroviário).

Atividade 5.2 - Consolidação da Gestão de Dados para Análise de Risco Climático

Na Atividade 5.2 será realizada a **Consolidação da Gestão de Dados para Análise de Risco Climático (ARC)**. A gestão de dados desse estudo é um processo contínuo, que será concluído durante a análise de risco climático. Portanto, esta atividade inclui a consolidação e a catalogação dos dados, relatórios, imagens e demais documentos gerados durante o estudo, bem como seu armazenamento em base de dados apropriada para a ARC e para ser entregue, de modo a permitir o acesso e a consulta rápida ao acervo de dados sobre impactos e riscos da mudança do clima na infraestrutura de transporte terrestre (rodoviário e ferroviário).

A Figura 5 abaixo apresenta, de forma esquemática, como ocorre a Gestão de Dados e seus passos, incluindo a análise geoespacial, que possibilitará a ARC da infraestrutura de transporte terrestre.

Figura 5 – Gestão de dados para Análise de Risco Climático.



Fonte: Elaboração própria (2021).

Atividade 5.3 - Ponderação e agregação dos indicadores para ARC

Na Atividade 5.3, para a **ponderação e agregação dos indicadores individuais dos três componentes de risco para a ARC**, coletados e preparados em etapas anteriores (Etapas 2, 3 e 4), tomamos como referência o guia GIZ, EURAC & UNU-EHS (2018): *Climate Risk Assessment for Ecosystem-based Adaptation – A guidebook for planners and practitioners*. Contudo, como dito anteriormente, esta metodologia pode sofrer alterações de acordo com as definições da Atividade 1.5 e dos parceiros do estudo.

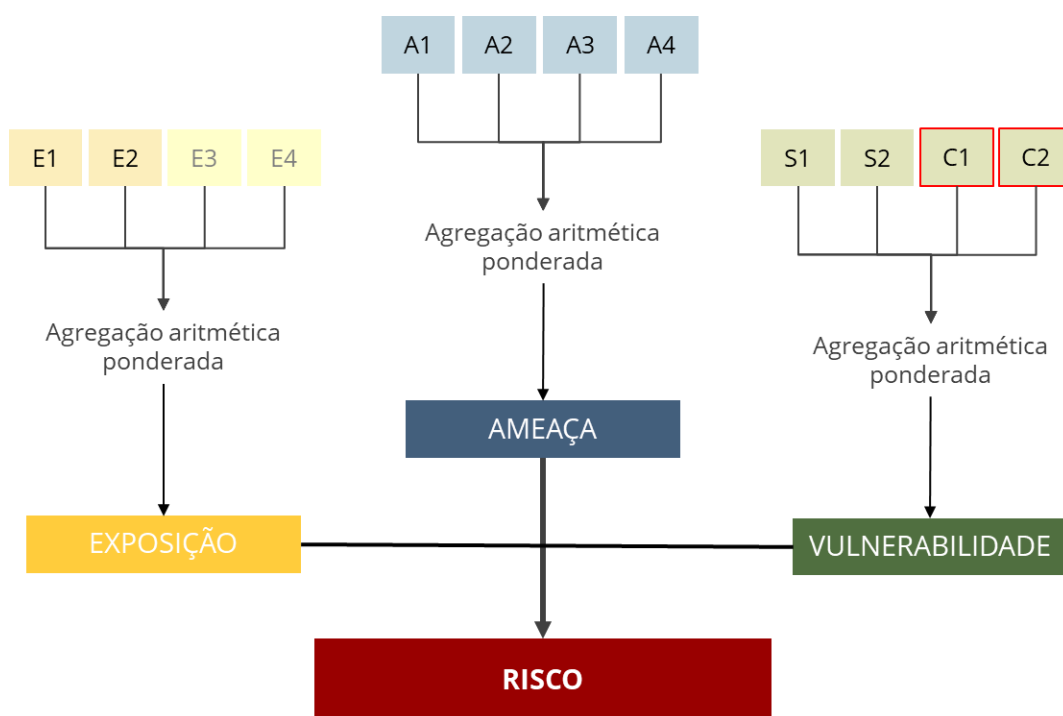
A Atividade 5.3 é muito importante, pois irá refletir como os fatores de risco e seus indicadores, além

dos componentes entre si, se comportam, ou ainda quais são os que possuem maior ou menor influência no risco climático. Ou seja, a partir da ponderação, é possível descrever os componentes de risco (ameaças, vulnerabilidade e exposição).

Os diferentes pesos atribuídos aos indicadores podem ser derivados da literatura existente, informações das partes interessadas ou opinião de especialistas, e serão coletados e validados nas etapas anteriores do estudo, em especial na primeira oficina, a ser realizada durante a Atividade 5.1. Existem diferentes procedimentos para atribuir pesos: de procedimentos estatísticos sofisticados (como a análise de componentes principais) a métodos participativos.

Essa atividade envolve ainda a agregação dos indicadores individuais normalizados em um indicador composto representando o Índice de Risco Climático, como ilustrado na Figura 6. Existe uma grande diversidade de métodos de agregação de indicadores; o guia GIZ, EURAC & UNU-EHS (2018) recomenda a "agregação aritmética ponderada", onde os indicadores individuais são multiplicados por seus pesos, somados e então divididos pela soma de seus pesos, resultando no indicador composto de um componente de risco. Caso não haja diferença de peso, os indicadores são simplesmente somados e divididos pelo número total de indicadores. Todos os indicadores devem estar alinhados da mesma forma em relação ao risco; para isso serão normalizados nas etapas anteriores (ver Atividade 3.5 e 4.4).

Figura 6 – Agregação de fatores únicos aos componentes de risco.



Fonte: Adaptado de GIZ, EURAC & UNU-EHS (2018).

Contudo, cabe destacar que somente poderão ser visualizados espacialmente na ARC os fatores de risco e indicadores identificados que estiverem disponíveis em formato de dados geográficos ou que permitirem a geocodificação.

Atividade 5.4 - Reunião virtual para apresentação dos resultados parciais

Após a obtenção do IRC, na Atividade 5.4, será realizada uma **reunião virtual, onde os resultados do IRC serão apresentados** de modo a promover a discussão e sua validação.

Atividade 5.5 - Consolidação da ARC

A Atividade 5.5 compreende a **consolidação da ARC**, em que será elaborado o relatório final contendo os resultados em forma de texto, tabelas, gráficos e mapas, segundo as especificações técnicas do AdaptaBrasil do MCTI.

Atividade 5.6 - Reunião para apresentação e debate do Produto 5

Então, na Atividade 5.6, será realizada uma nova reunião virtual para a entrega parcial do Produto 5, com apresentação e discussão dos resultados obtidos, de acordo com o estabelecido na Seção 3.2.

Atividade 5.7 - Entrega do Produto 5

Após consolidadas as informações e considerações apresentadas durante a reunião, será realizada, na Atividade 5.7, a **entrega do Produto 5** – Análise de risco climático (atual e futuro) para a infraestrutura federal de transportes terrestres.

Este produto buscará identificar: (i) o nível de risco climático (ameaça x exposição x sensibilidade x capacidade adaptativa) da infraestrutura de transporte terrestre federal brasileira; (ii) as regiões e áreas com maior nível risco climático para cada tipo de modo de transporte; e (iii) as regiões onde os riscos tendem a aumentar ou diminuir no futuro.

Etapas 6: Medidas de adaptação

A Etapa 6 é uma etapa de fechamento, em que 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. As medidas de adaptação incluem opções para reduzir e/ou prevenir a exposição de componentes e infraestrutura de transporte terrestre, proteger dos impactos e gerenciar riscos residuais de modo a manter a operacionalidade/continuidade das atividades do sistema.

Existem diferentes ferramentas para avaliar as medidas e apoiar a escolha dos *stakeholders*, como análise de custo-benefício (ACB), análise de custo-eficácia (ACE), análise multicritérios (AMC), avaliação comparativa de efetividade, etc. Tais ferramentas poderão ser utilizadas pelos tomadores de decisão de forma a decidir, diante do impacto, qual medida de adaptação deve ser considerada.

Sobre a priorização das medidas de adaptação, vale ressaltar que o escopo deste trabalho não contempla a priorização das indicações e nem estimativas de custos para a implementação de tais medidas, visto que o objetivo presente se trata de uma abordagem mais ampla sobre a temática. De toda forma, tendo como referência o método sugerido por Guerrero-Hidalga et al. (2020), e diante da disponibilidade de prazo, será avaliado em conjunto com o comitê técnico sobre um possível esforço adicional para a sinalização de importância de medidas de forma qualitativa, tendo em vista a ocorrência de diferentes impactos e ameaças diante de eventos climáticos extremos, a ser discutido e decidido ao final da etapa 4. O foco será uma possível na categorização conforme o grau de prioridade: muito alto, alto, médio, baixo ou muito baixo.

Atividade 6.1 - Consolidação e detalhamento da revisão bibliográfica sobre medidas de adaptação à mudança do clima para a infraestrutura de transportes terrestres

Na Atividade 6.1, **serão consolidadas e detalhadas as referências bibliográficas** (artigos, relatórios técnicos e outros documentos) **sobre a temática das medidas de adaptação ao clima** para a infraestrutura de transporte terrestre, levantadas com o uso de bases de dados tais como: *Science Direct*, *Web of Science* e *Scopus*, assim como de instituições reconhecidas, nas esferas nacional e internacional.

Como dito anteriormente, tal levantamento teve início durante a Atividade 1.1. Esta é uma estratégia metodológica que busca maximizar os resultados da revisão bibliográfica, promovendo uma otimização do tempo e ampliação do conhecimento científico sobre o assunto.

Atividade 6.2 - Levantamento de medidas de adaptação por tipo de impacto potencial e ameaça climática

Realizada a revisão bibliométrica, na Atividade 6.2, o esforço aplicado será de **elencar os principais conjuntos de medidas de adaptação para cada tipo de impacto potencial e ameaça climática**, destacando os casos de sucesso de medidas de adaptação já realizadas para infraestrutura de transporte terrestre brasileira e as principais limitações e lições aprendidas. Como resultado final desta atividade, será obtido o mapeamento das informações, por meio da consolidação exemplificada na Tabela 4.

Tabela 4 – Consolidação das medidas de adaptação segmentada por modo de transporte, ameaça climática e tipo de impacto na infraestrutura.

Modo de transporte	Ameaça Climática	Impacto na infraestrutura de transporte	Medida de adaptação	Limitações	Lições aprendidas
Rodoviário	Am1	Imp1	Med1	Lim1	LA1
Ferrovário	Am2	Imp2	Med2	Lim2	LA2

Fonte: World Bank (2017).

Atividade 6.3 - Elaboração de diretrizes sobre ameaças climáticas e medidas de adaptação identificadas

Uma vez correlacionadas as principais variáveis em análise, a Atividade 6.3 consiste na **elaboração de diretrizes sobre as ameaças climáticas e medidas de adaptação identificadas**. Nesta atividade, propõe-se um detalhamento das medidas de adaptação encontradas na revisão bibliográfica, segregadas por tipo de ameaça climática, considerando-se suas vantagens e desvantagens, conforme apresentado na Tabela 5.

Dessa forma, os tomadores de decisão terão posse de uma ferramenta consolidada para avaliarem os diferentes cenários a que estarão expostos, podendo entender melhor o contexto, e mensurar o *trade-off* das escolhas a serem realizadas.

Tabela 5 – Detalhamento das vantagens e desvantagens de medidas de adaptação, segmentado por modo de transporte.

Modo de transporte	Ameaça Climática	Medida de adaptação	Vantagens	Desvantagens
Rodoviário	Am1	Med1	Van1	Des1
Ferroviário	Am2	Med2	Van2	Des2

Fonte: World Bank (2017).

Em linhas gerais, as vantagens tratam de mitigação dos riscos na infraestrutura de transporte terrestre, gerando mais segurança, previsibilidade na manutenção do nível de serviço, e menor desembolso para recuperações emergenciais de reparo. Já as desvantagens tratam da dificuldade na implementação das soluções, visto que o ciclo de vida da infraestrutura se mostra diferente daquela ideal para tais intervenções.

É preciso reforçar que o resultado da Atividade 6.3 consistirá no fornecimento de diretrizes sobre as ações necessárias diante das vulnerabilidades do transporte terrestre em relação às mudanças do clima, segmentadas pelos dois diferentes modos de transporte (rodoviário e ferroviário) e as possíveis ameaças climáticas. São exemplos de diretrizes que podem ser consideradas:

- Planejamento do uso e ocupação do solo e alocação de infraestrutura de forma integrada com a avaliação de riscos climáticos e considerando princípios de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE);
- Infraestrutura de transportes existente deve ser revista a partir da perspectiva da minimização dos impactos climáticos, aproveitando-se não só dos ciclos de manutenção dos ativos, como também requalificando e revisando as especificações técnicas; e
- Soluções técnicas que confirmam maior proteção e resiliência, contemplando medidas preventivas e de resposta que minimizem impactos de eventos extremos, tanto no deslocamento de pessoas como no de cargas, e que reduzam os custos e o tempo de recuperação dos ativos eventualmente afetados.

Vale ressaltar que o escopo deste trabalho não compreende a priorização das indicações e nem estimativas de custos para a implementação das medidas de adaptação, visto que o objetivo presente se trata de uma abordagem mais ampla sobre a temática.

Atividade 6.4 - Reunião virtual para apresentação e debate do Produto 6

Então, na Atividade 6.4, será realizada **reunião virtual para apresentação, debate e validação do Produto 6**, que conterá as medidas de adaptação identificadas e as diretrizes sugeridas, conforme será mais bem detalhado na Seção 3.2.

Atividade 6.5 - Entrega do Produto 6

Finalmente, na Atividade 6.5, ocorrerá a **entrega do Produto 6** - Revisão bibliográfica e proposição de medidas de adaptação à mudança do clima para a infraestrutura federal de transportes terrestres.

Este produto buscará determinar ainda: (i) as medidas de adaptação que são recomendadas para a realidade brasileira, considerando as diversas fases do ciclo de vida dos ativos de infraestrutura de transporte terrestre; (ii) os dados e as formas de coleta desses dados que existentes atualmente e

aquilo que precisa ser aperfeiçoado nesse processo de coleta; e (iii) as orientações para empreendedores quanto à análise de risco climático nas infraestruturas de transportes terrestres no país.

3.2. Oficinas e pesquisas participativas

A Tabela 6 a seguir apresenta uma breve descrição e as datas previstas para as oficinas e eventos de pesquisa participativa (para obtenção de dados complementares aos existentes na literatura) previstos para o estudo.

Tabela 6 – Descrição e datas previstas para as oficinas e eventos de pesquisa participativa.

Etapa	Pesquisas e Oficinas Participativas	Datas prevista
Etapa 2 – Análise histórica dos impactos associados ao clima	Pesquisa Participativa 1: entrevistas com especialistas (e questionário, caso necessário) para complementar dados existentes na literatura	26/05 - 10/06
	Oficina 1: apresentação e discussão dos resultados obtidos	21 - 25/06
	Oficina 2: validação e consolidação da análise histórica dos impactos associados ao clima	28/06 - 02/07
Etapa 4 – Análise de vulnerabilidade e exposição	Pesquisa Participativa 2: levantamento de dados sobre sensibilidade, capacidade adaptativa e exposição da infraestrutura de transporte existente	11/08
	Oficina 3: validação e definição hierárquica dos indicadores	01/09
Etapa 5 – Análise de risco climático	Oficina 4: elaboração do índice de risco climático	23/09

Fonte: Elaboração própria (2021).

A seguir detalhamos as oficinas que acontecerão nas etapas iniciais (Etapa 2) do estudo:

Oficina 1

Objetivo: validação preliminar das informações obtidas durante a pesquisa a bases de dados nacionais e internacionais, entrevista com os especialistas e questionário, caso necessário, para a elaboração do histórico de impactos e levantamento de dados relevantes para os estudos, que deve ser respondido pelo corpo técnico das instituições que atuam nas diversas fases do ciclo de vida dos ativos de infraestrutura de transportes. Na oportunidade também será validada a proposta de cadeias de impacto alinhada com os especialistas entrevistados.

- **Perguntas norteadoras:** “Quais são os impactos (danos e prejuízos) que a infraestrutura de transporte terrestre brasileira tem sofrido devido a mudança do clima e à variabilidade climática nas últimas décadas?”; “Qual é a relação de causa-efeito entre as ameaças climáticas e seus possíveis impactos na infraestrutura de transportes terrestres?”; “Quais dados e informações sobre danos e prejuízos estão disponíveis?”

Formato: reunião remota para validação preliminar das informações levantadas junto dos entrevistados e bases de dados existentes.

Participantes: MInfra, GIZ e equipe da consultoria

Atividades preliminares de preparação:

1 - O caminho crítico da Oficina 01 ocorre com a seleção dos entrevistados. Para a seleção das instituições e atores para as entrevistas será utilizada a lista de participantes de oficinas anteriores realizadas pela GIZ, a qual será validada juntamente com todas as partes envolvidas no projeto. Cabe destacar que mobilização inicial deverá ser realizada pela GIZ e MInfra, sendo a consultoria responsável pelo engajamento e realização das entrevistas;

2 - Finda essa atividade, serão selecionados os atores chave para a condução de entrevistas e, se necessário, os *gaps* serão complementados com questionário, ou mesmo outras entrevistas com outros atores;

3 - Elaboração do roteiro das entrevistas pela equipe técnica da consultoria, e posterior validação pelo MInfra e GIZ antes da aplicação;

Observação: para a mobilização das instituições e atores para as entrevistas entende-se que seja interessante utilizar o espaço das reuniões dos comitês (COGEA e COGET).

Oficina 2

Objetivo: validação e consolidação dos dados coletados sobre o histórico de impactos climáticos sobre o setor de transporte terrestre.

Formato: oficina participativa online com moderação a ser realizada por facilitador experiente.

Participantes: MInfra e atores relevantes (instituições sugeridas no TdR: Ministério da Infraestrutura, Empresa de Planejamento e Logística - EPL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT, VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S.A., Defesa Civil)

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AdaptaBrasil [s.n]. TdR. Anexo I. Metodologia AdaptaBrasil MCTI.

Arent, D. J., Tol, R. S. J., Faust, E., Hella, J. P., Kumar, S., Strzepek, K. M., Tóth, F. L., Yan, D., Abdulla, A., Kheshgi, H., Xu, H. & Ngeh, J. (2015). 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. Cambridge University Press 2010*. DOI: <https://doi.org/10.1017/cbo9781107415379.015>.

Birkmann, J. (2006). *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies. United Nations University Press*, p. 432-447.

Buth, M., Kahlenborn, W., Greiving, S., Fleischhauer, M., Zebisch, M., Schneiderbauer, S. & Schauser, I (2017). *Guidelines for Climate Impact and Vulnerability Assessment. Umweltbundesamt*.

Chinowsky, P., & Arndt, C. (2012). Climate Change and Roads: A Dynamic Stressor-Response Model. *Review of Development Economics*, 16(3), 448–462. doi:10.1111/j.1467-9361.2012.00673.x

Copernicus (2021). *Copernicus: 2020 warmest year on record for Europe; globally, 2020 ties with 2016 for warmest year recorded*. Disponível em: <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2020-warmest-year-record-europe-globally-2020-ties-2016-warmest-year-recorded>

Gallina, V., Torresan, S., Critto, A., Sperotto, A., Glade, T. & Marcomini, A. (2016). A review of multi-risk methodologies for natural hazards: consequences and challenges for a climate change impact assessment. *Journal of Environmental Management*, v. 168. ISSN 0301-4797. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.011>

GIZ, EURAC & UNU-EHS (2018). Climate Risk Assessment for Ecosystem-based Adaptation – A guide-book for planners and practitioners. *GIZ*.

Guerrero-Hidalga, M., Martínez-Gomariz, E., Evans, B., Webber, J., Termes-Rifé, M., Russo, B. & Locatelli, L. (2020). Methodology to prioritize climate adaptation measures in urban areas. Barcelona and Bristol case studies. *Sustainability*. DOI:10.3390/su12124807.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. *Cambridge University Press*, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). 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., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). *Aquecimento Global de 1,5°C*. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>

Kendall, M.G. (1975). Rank Correlation Methods. *Charles Griffin*, London.

Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, v. 13, p. 245-259.

MMA - Ministério do Meio Ambiente (2016). *Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima*. Volume II: Estratégias Setoriais e Temáticas. Disponível em: <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/PNA-Volume2.pdf>

MMA - Ministério do Meio Ambiente (2018). *Mata Atlântica - Biodiversidade e Mudanças Climáticas: Método de Análise Participativa de Risco à Mudança do Clima*. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/images/arquivos/biomas/mata_atlantica/M%C3%A9todo%20de%20An%C3%A1lise%20Participativa%20de%20Risco%20C3%A0%20Mudança%20a%20do%20Clima.pdf

Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A. & Tarantola, S. (2008). Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. *OECD, JRC Publishing*, Paris, France.

NASA (2017). *NASA, NOAA Data Show 2016 Warmest Year on Record Globally*. Disponível em: <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-noaa-data-show-2016-warmest-year-on-record-globally>

NASA (2021). *NASA, NOAA to Announce 2020 Global Temperatures, Climate Conditions*. Disponível em: <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-noaa-to-announce-2020-global-temperatures-climate-conditions>

National Research Council. (2008). Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportation: Special Report 290. Washington, DC: *The National Academies Press*. <https://doi.org/10.17226/12179>.

Nemry, F. & Demirel, H. (2012). Impacts of climate change on transport: a focus on road and rail transport infrastructures. Luxembourg: *Publications Office*.

PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. (2014). Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. *COPPE: Universidade Federal do Rio de Janeiro*, 464 pp. ISBN: 978-85-285-0207-7

Tilloy, A. et al (2019). A review of quantification methodologies for multi-hazard interrelationships. *Earth-Science Reviews*, v. 196, n. 102881. ISSN 0012-8252. <https://doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2019.102881>

USDOT - U.S. Department of Transportation Center for Climate Change and Environmental Forecasting (2002). The Potential Impacts of Climate Change on Transportation Research Workshop. *Federal Research Partnership Workshop*.

Wang, T. et al (2020). Impact analysis of climate change on rail systems for adaptation planning: A UK case. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 83, n. 102324. ISSN 1361-9209. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102324>.

World Bank (2017). *Climate and Disaster Risk Screening - Sector Screening Guidance note Transportation sector*. Disponível em: https://climatescreeningtools.worldbank.org/sites/default/files/guidance_note/TRANSPORTATION_Guidance_Note.pdf

Yue, S. & Pilon, P (2004). A comparison of the power of the t test, Mann-Kendall and bootstrap tests for trend detection. *Hydrological Sciences Journal*, v. 49, n. 49, p. 53-37.