

## **DANOS CAUSADOS POR CHUVAS FORTES EM TRECHO DA RODOVIA FEDERAL A OESTE DO MARANHÃO**

Edmir dos Santos Jesus<sup>1</sup>  
Vânia dos Santos Franco<sup>2</sup>  
João Marcos Brandão<sup>3</sup>  
Karla Beatriz de Souza Soares<sup>4</sup>  
Douglas Batista da Silva Ferreira<sup>5</sup>  
Cláudia Priscila Wanzeler da Costa<sup>6</sup>

Mudanças Climáticas

### *Resumo*

Chuvvas fortes podem causar sérios problemas em rodovias e ferrovias, levando a obstruções que afetam o transporte e a logística, os quais resultam em congestionamentos, atrasos no transporte de mercadorias e dificuldades de acesso para veículos de emergência. Nas ferrovias, o impacto das chuvas pode ser igualmente grave. O fato de que o tema de mudança climática ocasiona vários desafios para o setor de transportes, porque esse sistema é altamente vulnerável aos seus impactos. O setor de transportes é afetado pelas condições de tempo e clima e nas avaliações sobre a mudança climática concentram-se em alterações nas condições meteorológicas para o setor. Na região amazônica durante a estação das chuvas, alguns municípios são atingidos por eventos de natureza hidrometeorológica. Dado aos transtornos causados é imprescindível que haja monitoramento das chuvas afim de mitigar os impactos negativos em infraestruturas nas vias terrestres e em outras áreas vulneráveis. O objetivo desse trabalho foi analisar o quantitativo da precipitação no mês de março de 2024 nos dias que antecederam a ocorrência de obstrução séria em um ponto específico da rodovia federal e que acarretou transtornos ao transporte entre os municípios do estado do Maranhão. Apesar dos esforços por parte das autoridades para a recuperação e liberação do trecho em tempo hábil, a quantidade expressiva de chuvas sobre a região fez com que reabrisse a cratera dias depois. Diante disso e ao atual cenário das mudanças climáticas, garantir a segurança hídrica e monitoramento via satélite dos fenômenos meteorológicos extremos tornou-se prioritário.

**Palavras-chave:** Precipitação; Chuvas Convectivas; Estradas; Transbordamento.

---

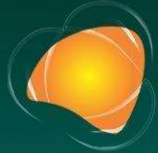
<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Vale; Tecnologia Ambiental. 91-980122541.

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, UNIASSELVI, [edmir.jesus@pq.itv.org](mailto:edmir.jesus@pq.itv.org); [edmir.jesus@gmail.com](mailto:edmir.jesus@gmail.com)

<sup>2</sup> Pesquisador bolsista. Instituto Tecnológico Vale, Tecnologia Ambiental, [vania.franco@pq.itv.org](mailto:vania.franco@pq.itv.org).

<sup>3,4</sup>Aluno (s) do Curso (Graduação em Meteorologia), Universidade Federal do Pará, Faculdade de Meteorologia, [joao.brandao1@itv.org](mailto:joao.brandao1@itv.org); [karla.soares@itv.org](mailto:karla.soares@itv.org)

<sup>5,6</sup>Pesquisador. Instituto Tecnológico Vale. [douglas.silva.ferreira@itv.org](mailto:douglas.silva.ferreira@itv.org); [claudia.costa@itv.org](mailto:claudia.costa@itv.org)

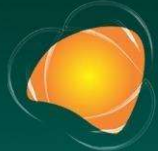


## INTRODUÇÃO

As chuvas fortes podem causar sérios problemas em rodovias e ferrovias, levando a obstruções que afetam significativamente o transporte e a logística. Em rodovias, deslizamentos de terra, alagamentos e quedas de árvores são comuns, bloqueando o tráfego e aumentando o risco de acidentes. Esses eventos podem resultar em congestionamentos, atrasos no transporte de mercadorias e dificuldades de acesso para veículos de emergência. Assim como nas ferrovias, o impacto das chuvas pode ser igualmente grave. A inundação de trilhos, deslizamentos de encostas próximas e a erosão do solo ao redor das vias podem causar interrupções no serviço, além de danificar a infraestrutura ferroviária, como trilhos e dormentes. As operações de reparo e limpeza podem ser demoradas e complexas, dependendo da extensão dos danos. Essas obstruções não só afetam o transporte de pessoas e bens, mas também podem ter consequências econômicas significativas, prejudicando cadeias de suprimentos, aumentando os custos de transporte e causando prejuízos às empresas. Além disso, a recuperação das vias obstruídas requer a mobilização de recursos dos órgãos municipal, estadual e federal para reparos e manutenção, o que pode ser um desafio adicional em áreas extensamente afetadas (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2021).

Quando a chuva se concentra em poucos dias, os impactos em uma via rodoviária podem ser severos e variados. Alguns dos principais problemas incluem, alagamentos com a quantidade excessiva de água que pode sobrecarregar os sistemas de drenagem, resultando em alagamentos que dificultam ou impedem a passagem de veículos. Em casos extremos, a força da água pode danificar o asfalto, causando erosões e buracos. Outro como deslizamentos de terra, as chuvas intensas podem saturar o solo, especialmente em áreas montanhosas, provocando deslizamentos de terra que bloqueiam a estrada e podem causar acidentes graves (MACHADO, 2021).

Em vias de fato o tema de mudança climática cria vários desafios para o setor de transportes, porque esse sistema é altamente vulnerável aos seus impactos. O setor de transportes é vulnerável às condições de tempo e clima e as avaliações sobre a mudança climática concentram-se em alterações nas condições meteorológicas que são diretamente relevantes para o setor (IPCC, 2014; PBMC, 2014).



Na região amazônica durante a estação das chuvas, entre os meses de dezembro a abril, vários municípios são atingidos por eventos como enchentes, alagamentos e outras ocorrências de natureza hidrometeorológica. Nos últimos anos os eventos dessa magnitude têm ocorrido com maior frequência e para amenizar ou minimizar os problemas causados não somente as malhas viárias quanto a população num todo, medidas devem ser tomadas a partir das observações em campo, de monitoramento ambiental e alertas divulgados pela Defesa Civil aos principais órgãos operacionais dos Estados (ANTT, 2022).

Dado os transtornos causados é imprescindível que haja monitoramento das chuvas afim de mitigar os impactos negativos em infraestruturas rodoviárias, ferrovias e em outras áreas vulneráveis, com o bom funcionamento de equipamentos, como pluviômetros, medidores de nível do rio operantes em via remota. Atualmente, o número de estações pluviométricas operadas por órgãos como a Agência Nacional das Águas (ANA) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) ainda não cobre todos os municípios, o que dificulta uma análise da quantificação local.

O objetivo deste trabalho foi analisar o quantitativo da precipitação no mês de março de 2024 especificamente nos dias que antecederam a ocorrência de obstrução séria em um ponto específico da rodovia federal que acabou causando transtornos aos moradores e ao transporte pela via terrestre aos municípios pertencentes ao estado do Maranhão.

## **M**METODOLOGIA

### **Área de estudo**

A área de estudo compreende um trecho da rodovia federal da BR-222 a qual cruza os municípios de Açailândia, Bom Jesus das Selvas e Buriticupu, próximos a divisa da região Sudeste do Pará e Oeste do Maranhão, localizados entre as coordenadas geográficas de 4 e 5° de latitude Sul e entre 47,5 e 46° de longitude Oeste, com altitude entre 100 e 400 metros (Figura 01). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) os municípios somam uma população de quase 191 mil habitantes para uma área territorial de mais de 11.027 km<sup>2</sup>. Segundo a classificação climática descrita por Köppen e Geiger, a região é do tipo Aw, com temperatura média do ar em torno de 26,0°C e precipitação anual entre 1.900 e 2.200 mm (Alvares et al., 2013).

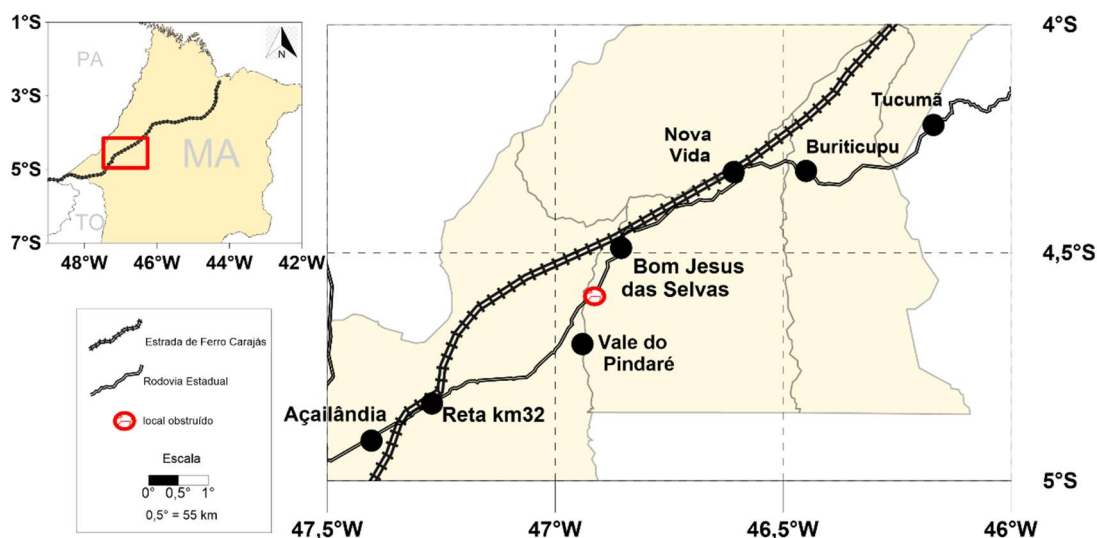
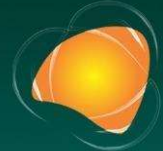
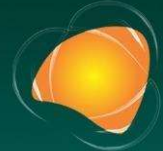


Figura 01: Localização geográfica dos pontos próximos ao local obstruído na rodovia.

Esses locais foram selecionados pela proximidade e por estarem dentro do raio de cobertura de 55 km do local obstruído da rodovia, além da disponibilidade de dados de precipitação, sendo que Reta km 32 e Vale do Pindaré, distantes a 45 e 9 km do local, respectivamente, foram disponibilizados pelo portal (<https://www.snirh.gov.br/gestorpcd>) pertencente a ANA (2024). Os dados pluviométricos de Bom Jesus das Selvas e Nova Vida foram extraídos do estimador CMORPH disponível em ([https://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/CMORPH\\_RT/BLD/2024/202403/](https://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/CMORPH_RT/BLD/2024/202403/)) por não haver estação pluviométrica nesses locais. E os dados de precipitação em Buriticupu foram da Estação Meteorológica Automática-A238 disponibilizados pelo portal (<https://bdmep.inmet.gov.br/>) pertencente ao INMET. Com o uso de planilha eletrônica foram confeccionadas tabelas com os valores diários e somatório referentes ao mês de março de 2024.

Acrescentados a essa análise foram inseridas imagens de satélite no canal infravermelho em horários disponibilizados no portal <https://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes16.formulario.logic> por destacarem dias em que houve maior aglomerado de nuvens sobre os municípios e quantificado valores altos nas estações pluviométricas. Contribuíram para esse estudo as notícias veiculadas nas mídias visual e escrita local confirmando a ocorrência no trecho da rodovia BR-222 naqueles dias 25 e 31 do mês de março.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### DADOS PLUVIOMÉTRICOS ASSOCIADOS AOS DANOS

A Figura 02 mostra a passagem de sistemas convectivos formados por aglomerados de nuvens *cumulonimbus* que passaram sobre a mesorregião paraense e maranhense com intensa precipitação nos horários das 06:00 às 07:00 horas do dia 04 e das 00:00 às 02:00 horas do dia 16, as quais, foram vistas nas imagens de satélite no canal infravermelho, onde pela escala de temperatura do topo das nuvens mais frias (inferior a  $-60^{\circ}\text{C}$ ), observou-se a intensificação de chuva localizada sobre os municípios de Açailândia, Bom Jesus das Selvas e Buriticupu. Somando aos dias consecutivos como visto na Tabela 1 verificou-se o quantitativo de precipitação sobre as localidades registraram valores próximos a média climatológica (INMET, 2020) esperada para o mês de março, e que devido a todo esse acumulativo resultou no transbordamento da região alagada e fluindo a parte mais baixa ocasionando a obstrução no trecho da rodovia federal impedindo o tráfego pela principal via terrestre.

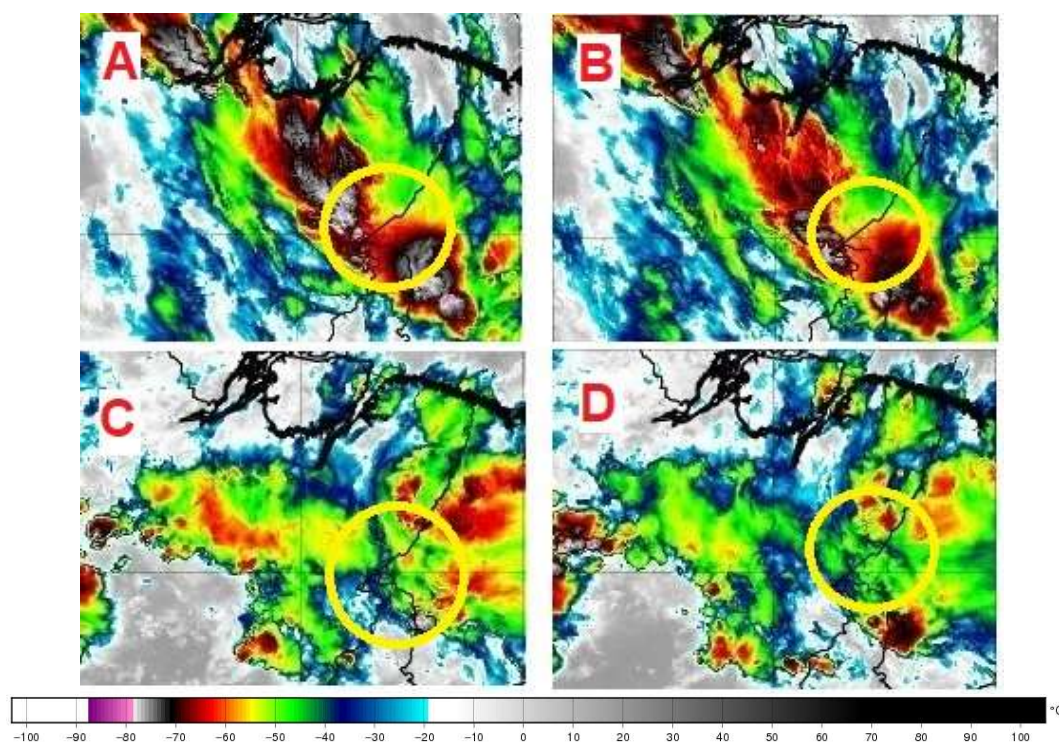
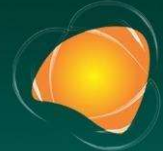


Figura 02: Imagens de satélite no canal infravermelho sobre a mesorregião oeste maranhense do dia 04 no horário das 06:00 HL (a) e 07:00 HL (b) e do dia 16 as 00:00HL (c) e 02:00HL (d).

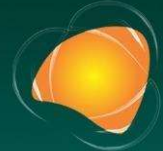


Segundo INMET (2020) a climatologia da região amazônica especificamente a sudeste paraense e oeste maranhense a precipitação mensal esperada em torno de 260 a 340 mm. Ao término do mês foi contabilizado pouco acima da média, conforme o quantitativo mensal (Tabela 1). Eventos como os ocorridos nos dias 25 de março e 01 de abril de 2024, podem estar associados a intensa precipitação local, pois com a passagem de sistema convectivo houve essa sobrecarga no leito do rio ocasionando os alagamentos e abertura de cratera na principal na rodovia.

A partir da análise quantitativa e qualitativa da distribuição temporal das chuvas sobre os municípios de estudo, verificou-se que durante os dias do mês de março foram registradas chuvas de moderada (abaixo de 40 mm) a forte com picos entre 60 e 100 mm somente nos dias 04, 16, 26 e 30 nas estações pluviométricas, como mostra a Figura 03.

As áreas com maior susceptibilidade são mais amplas com desníveis acentuados. A classe de susceptibilidade muito alta tem predomínio de altitude variando de 0 a 50 metros (99%), sendo que as áreas com densidade populacional em altitudes baixas e com solos impermeabilizados por estradas, calçadas e alteração da vegetação ciliar tem mais susceptibilidade a inundações (CORREA, 2017). Como o local de obstrução na rodovia está localizado em uma área considerada baixa em torno de 100 a 120 metros de altitude, pode ter sido outro fator que tenha contribuído para tamanha abertura da cratera, além do desgaste na pavimentação asfáltica sobre solo permeável. Para Smith (2017) citado por Carmo et al., (2024), a pavimentação rodoviária pode ser feita com diversas soluções de drenagem superficial para evitar problemas como erosão de encostas e danos aos pavimentos. Tendo como opção o uso de pavimentos permeáveis, os quais permitem a água da chuva infiltrar no solo. Já que estudos mostram que essa técnica é eficaz na redução do escoamento superficial e na prevenção de erosão nas encostas.

A Figura 3 mostra que dos dias 01 a 24 do mês a precipitação variou bastante, com dias em que foram registrados valores baixos e altos, e que devido a esse quantitativo diário das águas sobre a região acabou ocasionando no rompimento no trecho da estrada, de forma que não necessariamente aquele dia 25 de março tenha causado a primeira ocorrência com chuva forte sobre a localidade. Os dias que assim antecederam ao ocorrido foram os dias 04, 16 e 22 com valores superiores a 30 mm como em Reta km 32 (Figura 3a) e Vale do Pindaré (Figura 3b). Em Nova Vida (Figura 3c) esses dias 04 e 16 registraram



valores de 95 e 80 mm, respectivamente. Já em Buriticupu (Figura 3d) foram contabilizados valor de 100 mm nesse dia 04 do mês.

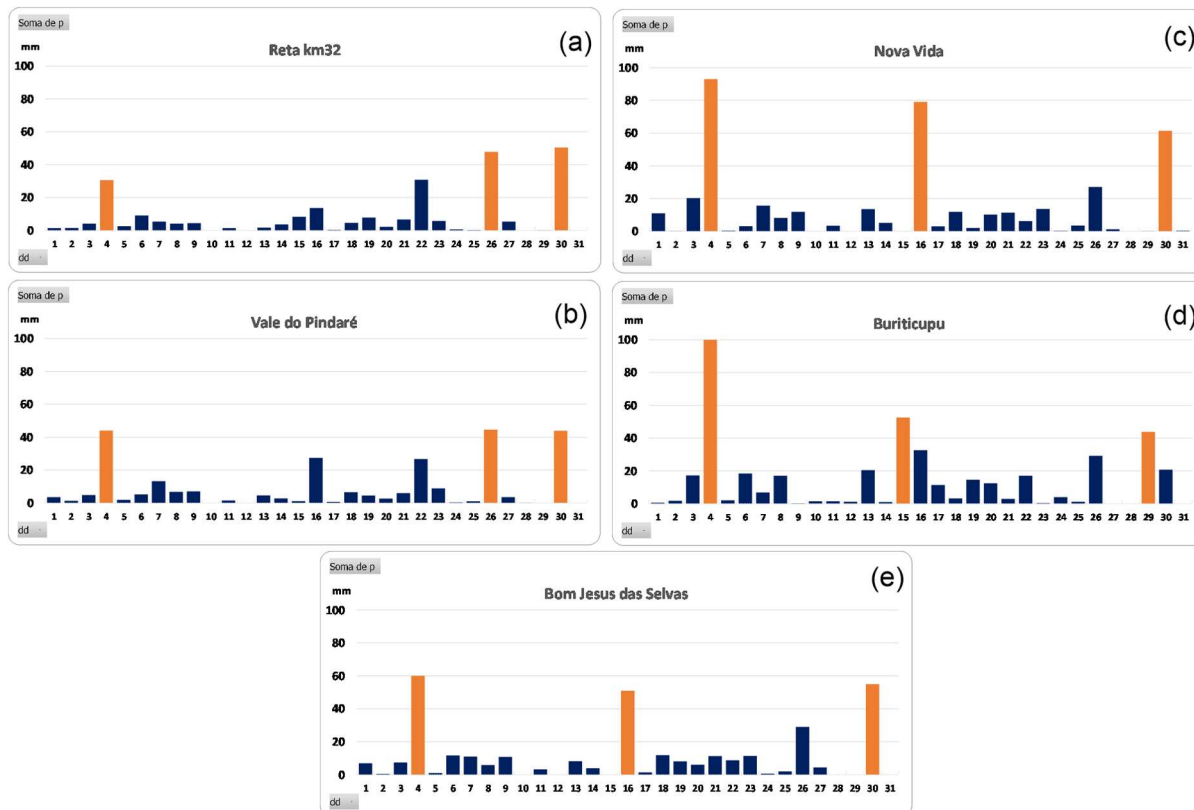


Figura 3: Quantitativo da precipitação registrada durante os dias do mês de março nas principais localidades. As barras na cor laranja mostram os dias em que a precipitação foi acentuada.

A Tabela 1 mostra o quantitativo registrado pelas estações pluviométricas, observa-se que os dias que antecederam o rompimento da via houve o registro acumulado de mais de 240 mm somente em Bom Jesus das Selvas, enquanto que em Reta km32 e Vale do Pindaré chegou a 150 e 180 mm, respectivamente. Já as demais estações registraram valores acima dos 320 mm, quantitativo esse superior a média climatológica.

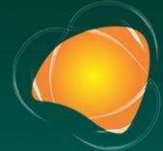


Tabela 1: Precipitação acumulada dos dias antecedentes aos eventos ocorridos.

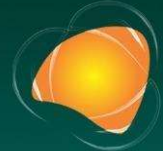
LOCAL	PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (MM) DOS DIAS 1 A 24	PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (MM) DOS DIAS 25 A 31
Reta km32	150,5	103,81
Vale do Pindaré	181,18	93,19
Bom Jesus das Selvas	241,29	90,44
Nova Vida	323,19	93,77
Buriticupu	342,6	95

As Figuras 4 e 5 mostram imagens que circularam na mídia sobre o que houve no trecho da rodovia BR-222 e que deixou uma grande parte da via obstruída desde o dia 25 de março que acabou resultando em transtornos a todos que utilizavam da via para transporte de mercadorias e viagens. O acumulado das águas dos dias anteriores, resultou no rompimento do trecho na rodovia ocasionando a intransitabilidade de veículos entre os municípios. Ainda segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) na manhã do dia 27/03/2024, as obras de recuperação haviam sido iniciadas e que a previsão era de que os trabalhos fossem concluídos em oito dias, recomendando aos motoristas rotas alternativas, aumentando assim o tempo de viagem.



Figura 4 – Imagens fotográficas das consequências causadas após a abertura de cratera no trecho da Rodovia BR-222 no km 594 e alagamento próximo a Estrada de Ferro Carajás. Fonte: Portal G1.





No mês seguinte, com o quantitativo da precipitação sobre a região em alta houve a reabertura da cratera e os transtornos no tráfego voltariam a incomodar a todos como foram relatados pela imprensa local (Figura 5).

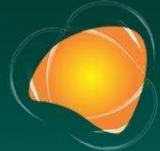


Figura 5: Registro de imagens das consequências causadas após a reabertura de cratera no trecho do Rodovia BR-222 em 24/04/2024. Fonte: Portal G1.

## CONCLUSÕES

Conclui-se que os danos causados na rodovia foram devido a má conservação da infraestrutura na via, agravado com o acumulado das águas das chuvas em dias anteriores ao ocorrido, o que resultou em transtornos ao transporte da população que se desloca para os municípios mais próximos em busca de assistência médica, além do transporte de carga alimentícia entres outras que mais afetaram a todos. E que apesar dos esforços por parte das autoridades para a recuperação e liberação do trecho em tempo hábil, a quantidade expressiva de chuvas sobre a região fez com que reabrisse a cratera dias depois.

Com a melhoria no sistema de monitoramento das chuvas e um bom planejamento e integração a uma rede ampla de estações pluviométricas será essencial para proteger a infraestrutura, reduzir os riscos de acidentes e prejuízos econômicos, além de garantir a segurança das pessoas em áreas sujeitas a eventos climáticos severos. Pois perante ao cenário das mudanças climáticas, garantir a segurança hídrica e monitoramento torna-se prioritário no setor de transportes rodoviário e ferroviário, e vias urbanas expostas a riscos que podem causar sérios danos em sua infraestrutura, bem como redução na segurança viária.



## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa (FADESP) pela concessão de Bolsas de Pesquisa e ao Instituto Tecnológico Vale (ITV).

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES - ANTT. (2022). Relatório de Ocorrências em Rodovias e Ferrovias devido a Eventos Climáticos. Disponível em: <https://www.antt.gov.br>

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. (2024). Acesso em [www.snirh.gov.br/gestorpcd](http://www.snirh.gov.br/gestorpcd)

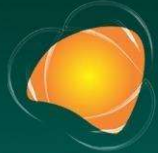
ALVARES, C. A.; Stape, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. (2013) Koppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift. 22(6). 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

CARMO et al., (2024). Avaliação do Impacto de Drenagem Superficial na Vida Útil de Pavimentos. Revista Nativa – Revista de Ciências Sociais do Norte de Mato Grosso. V. 13 n. 1. ISSN: 2316-607X.

CORREA, D. L. Análise da susceptibilidade a inundações na bacia hidrográfica do Rio Uraim, Paragominas – PA. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (2022). Acesso em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. (2020). Mapas climatológicos mensais disponíveis em <https://bdmep.inmet.gov.br/>



**EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS**

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: 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.

MACHADO, F. (2021). Infraestruturas de transporte e os riscos associados às mudanças climáticas no Brasil. *Revista de Engenharia Civil*, 35(2), 112-125.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. (2021). Impacto das Chuvas no Transporte Rodoviário e Ferroviário. Disponível em: <https://www.infraestrutura.gov.br>

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - PBMC. (2014). Impactos, Vulnerabilidades e Adaptação. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo do GT2. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil. 28 p.

PORTAL G1 Maranhão, 2024. Reabertura de cratera na BR-222 rodovia do maranhão. < <https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2024/04/24/apos-surgimento-de-cratera-trecho-da-br-222-e-liberado-em-bom-jesus-das-selvas-no-ma.ghtml> > (Acesso agosto 2024)

PORTAL G1 Maranhão, 2024. Surgimento de cratera na BR-222 rodovia do maranhão. < <https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2024/03/26/video-cratera-se-abre-no-meio-da-br-222-no-ma-e-interdita-transito-na-rodovia-veja-rotas-alternativas.ghtml> > (Acesso agosto 2024)

SMITH, J. (2017). Sustainable pavement design: A global approach *Journal of infrastructure engineering*, 23(4), 04017012.