

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

RODRIGO DE SOUZA GERMANO

**VARIAÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DO FATOR DE INTENSIDADE DE
CHUVAS (nd) NO BRASIL**

CRICIÚMA, SC

2025

RODRIGO DE SOUZA GERMANO

**VARIAÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DO FATOR DE INTENSIDADE DE
CHUVAS (nd) NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Álvaro José Back

CRICIÚMA, SC

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

G373v Germano, Rodrigo de Souza.

Variação espacial e sazonal do fator de intensidade de chuvas (nd) no Brasil / Rodrigo de Souza Germano. - 2025.

59 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma, 2025.

Orientação: Álvaro José Back.

1. Chuvas - Frequência da intensidade. 2. Precipitação (Meteorologia). 3. Rodovias - Projetos e construção - Fatores climáticos. 4. Fator de intensidade de chuvas. I. Título.

CDD 23. ed. 551.577

Bibliotecária Eliziane de Lucca Alosilla - CRB 14/1101
Biblioteca Central Prof. Eurico Back - UNESC



PARECER

Os membros da Comissão Examinadora homologada pelo Colegiado de Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato **Rodrigo de Souza Germano**, sob o título: **“Variação espacial e sazonal do Fator de Intensidade de Chuvas (nd) no Brasil”**, para obtenção do grau de **MESTRE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS** no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, os membros são de parecer pela **“APROVAÇÃO”** da Dissertação.

Criciúma/SC, 28 de fevereiro de 2025.

Documento assinado digitalmente
 **WILLIAM DE OLIVEIRA SANT'ANA**
Data: 05/03/2025 08:29:28-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. William de Oliveira Sant'Ana
Segundo Examinador

Documento assinado digitalmente
 **CARLYLE TORRES BEZERRA DE MENEZES**
Data: 06/03/2025 19:23:56-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Carlyle Torres Bezerra de Menezes
Primeiro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **ALVARO JOSE BACK**
Data: 01/03/2025 08:31:26-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Álvaro José Back
Presidente da Comissão e Orientador

Dedico essa pesquisa a minha família, que considero a fundação para a construção do ser humano.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, criador de tudo e a quem direciono minha fé. À minha família, a meu pai André e minha mãe Irene (*In memoriam*), minha esposa Natália pelo apoio e pela parceria de também estar fazendo mestrado e aos meus amigos pelo incentivo a essa empreitada.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Álvaro José Back pela oportunidade da orientação e parceria durante a caminhada e pelos ensinamentos.

A Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado Santa Catarina (FAPESC) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela oportunidade da bolsa de estudos.

À Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) pelos valorosos ensinamentos durante a etapa da graduação e na etapa do mestrado.

Aos professores participantes da banca pela participação na avaliação final.

Meus mais sinceros agradecimentos a todos, que contribuíram de alguma forma para a realização dessa importante etapa da minha vida acadêmica.

“Viva todos os dias como se fosse o último. Um dia você
acerta.”

Luiz Fernando Veríssimo

RESUMO

O principal responsável pela integração do sistema de transporte do Brasil é o modal rodoviário, contribuindo na matriz de transportes de cargas e de passageiros. As obras de construção de rodovias são extremamente afetadas pelas condições climáticas. Um fator extremamente negativo na produtividade dos equipamentos e no ritmo de desenvolvimento da obra são as chuvas. Em obras de terraplenagem o impacto causado pelas chuvas é significativamente maior nesses serviços, uma vez que a depender da intensidade das chuvas, elas podem não afetar em nada ou afetar todo o dia de trabalho, e em casos com maior precipitação, pode-se afetar o dia posterior e até mesmo dois dias após cessar as chuvas. A metodologia do DNIT consiste na compilação de dados históricos de postos pluviométricos da ANA, de todas as cinco regiões (Norte, Centro-oeste, Sul, Sudeste e Nordeste) do Brasil no período de 1999 a 2013. Ocorre que há escassez de dados pluviométricos disponíveis para consulta, visto a magnitude da extensão territorial do país. O Brasil possui uma vasta malha rodoviária, e para que estas obras, sejam elas de implantação ou manutenção, possuam uma maior confiabilidade para gerenciamento físico e financeiro e mitigação de fatores climáticos (chuvas), a dissertação propõe determinar o fator de intensidade de chuvas (nd) e dias paralisados com base nas estações pluviométricas disponíveis no Banco de Dados da ANA, e analisar a sua variação espacial e sazonal em todo o território nacional. O fator nd é de extrema importância para elaboração de projetos de infraestrutura rodoviária, visto que reflete diretamente nos custos de mão de obra e equipamentos na etapa de execução. O fator nd foi calculado de acordo com a metodologia do SICRO, em função das intensidades de chuvas registradas nos postos pluviométricos da ANA, considerando as estações que apresentaram falhas inferiores a 5% dos dados no período da mais recente Normal Climatológica (1990 a 2022). O método considera que chuvas diárias inferiores a 5 mm não interferem na atividade e chuvas acima de 20 mm implicam na paralisação das atividades, e valores intermediários tem efeito proporcional. Os resultados mostraram que a região Nordeste que chove menos, apresentou um fator nd médio anual de 0,020, e em média 7,2 dias paralisados no ano, já a região Norte que chove mais, apresentou nd médio anual de 0,049 e em média 17,96 dias paralisados. A região Sul que é a menor das cinco regiões, é a segunda que mais chove, apresentando fator nd médio anual de 0,040 e média de 14,7 dias paralisados.. Os resultados obtidos na pesquisa apresentam valores médios superiores aos indicados pelo DNIT, com diferenças que variam de 11% para a região Norte a 41% para a região Centro-Oeste e evidenciaram claramente que as regiões com os menores volumes de precipitação tendem a ter um menor número de dias paralisados.

Palavras-chave: Rodovias. Chuvas. Intensidade das Chuvas. Fator nd. Dnit.

ABSTRACT

The main responsible for the integration of Brazil's transport system is the road mode, contributing to the freight and passenger transport matrix. Highway construction works are extremely affected by weather conditions. An extremely negative factor in the productivity of equipment and the pace of development of the work is rain. In earthmoving works, the impact caused by rain is significantly greater in these services, since depending on the intensity of the rain, it may not affect anything or affect the entire working day, and in cases with greater precipitation, it may affect the following day and even two days after the rain stops. The DNIT methodology consists of compiling historical data from ANA rainfall stations, from all five regions (North, Central-West, South, Southeast and Northeast) of Brazil in the period from 1999 to 2013. It turns out that there is a scarcity of rainfall data available for consultation, given the magnitude of the country's territorial extension. Brazil has a vast road network, and so that these works, whether implementation or maintenance, have greater reliability for physical and financial management and mitigation of climatic factors (rain), the dissertation proposes to determine the rainfall intensity factor (nd) and closed days based on the rainfall stations available in the ANA Database, and analyze its spatial and seasonal variation throughout the national territory. The nd factor is extremely important for the development of road infrastructure projects, as it directly reflects the costs of labor and equipment in the execution stage. The nd factor was calculated according to the SICRO methodology, based on the rainfall intensities recorded at ANA rainfall stations, considering the stations that presented failures of less than 5% of the data in the period of the most recent Climatological Normal (1990 to 2022). The method considers that daily rainfall of less than 5 mm does not interfere with the activity and rainfall above 20 mm implies the interruption of activities, and intermediate values have a proportional effect. The results showed that the Northeast region, which rains the least, had an average annual ND factor of 0.020, and an average of 7.2 days of paralysis per year, while the North region, which rains the most, had an average annual ND of 0.049 and an average of 17.96 days of paralysis. The South region, which is the smallest of the five regions, is the second one that rains the most, with an average annual ND factor of 0.040 and an average of 14.7 days of paralysis. The results obtained in the research present average values higher than those indicated by DNIT, with differences ranging from 11% for the North region to 41% for the Central-West region and clearly showed that the regions with the lowest volumes of precipitation tend to have a smaller number of days of paralysis.

Keywords: Highways. Rains. Rain Intensity. Factor nd. Dnit.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma da Análise de Chuvas Excepcionais	20
Figura 2: Área de estudo da pesquisa	32
Figura 3: Regiões geográficas do Brasil.....	32
Figura 4: Fluxograma do procedimento de pesquisa.....	34
Figura 5: Mapa de espacialização das estações pluviométricas	35
Figura 6: Mapa precipitação anual para o Brasil (dados de 1990 a 2020)	36
Figura 7: Classificação climática de Koppen para o Brasil.....	36
Figura 8: Expressões para definição do nd.....	37
Figura 9: Modelo matemático dos intervalos de chuva.....	38
Figura 10: Modelo de cálculo nd.....	39
Figura 11: Fator de intensidade de chuva (nd) anual.....	44
Figura 12: Fator de intensidade de chuva (nd) mensal.....	45
Figura 13: Comparativo fator nd por região	47
Figura 14: Relação chuva e dias paralisados	49
Figura 15: Dias paralisados no ano.....	49
Figura 16: Dias paralisados no mês.....	50
Figura 17: Comparativo de custos por região.....	51
Figura 18: Modelo das composições de preço do SICRO.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Correlação entre intensidade de chuva e dia paralisado	22
Tabela 2: Fator da natureza da atividade	24
Tabela 3: Fator de permeabilidade dos solos.....	25
Tabela 4: Fator de escoamento superficial	27
Tabela 5: Relação dos postos pluviométricos da Região Norte	28
Tabela 6: Relação dos postos pluviométricos da Região Nordeste	29
Tabela 7: Relação dos postos pluviométricos da Região Sudeste	30
Tabela 8: Relação dos postos pluviométricos da Região Sul	30
Tabela 9: Relação dos postos pluviométricos da Centro-Oeste	31
Tabela 10: Dados gerados de nd e dias paralisados.....	40
Tabela 11: Comparativo fator nd médio.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CNTTL	Confederação Nacional dos Trabalhadores em Transporte e Logística
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
fa	Fator da Natureza da Atividade
fe	Fator de Escoamento Superficial
FIC	Fator de Influência de Chuvas
fp	Fator de Permeabilidade dos Solos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
nd	Fator de Intensidade de Chuvas
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONU	Organização das Nações Unidas
SCC	Sistema de Classificação Climática
SICRO	Sistema de Custo Referencial de Obras

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 Problema de Pesquisa	8
1.2 Justificativa	9
1.3 Objetivos	10
1.3.1 Objetivo Geral	10
1.3.2 Objetivos Específicos	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Clima	11
2.2 O Impacto das chuvas em obras de engenharia	15
2.3 Departamento Nacional de Infraestrutura - DNIT	22
2.4 Fator de Influência de Chuvas - FIC	23
2.4.1 Fator da Natureza da Atividade	23
2.4.2 Fator de Permeabilidade dos Solos	25
2.4.3 Fator de Escoamento Superficial	26
2.4.4 Fator de Intensidade de Chuvas	27
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	31
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	33
3.2.1 Procedimentos e planejamento da pesquisa	34
3.3 ELABORAÇÃO DA BASE DE DADOS	35
3.4 APLICAÇÃO DO MÉTODO	35
3.4.1 Coleta de dados	35
3.4.2 Cálculo do fator nd	37
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	38
4.1 Aplicação prática do cálculo do fator nd	38
4.2 ANÁLISE DO FATOR nd	40
4.3 ANÁLISE DOS DIAS PARADOS	47
5 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

A infraestrutura de transportes de um país é de extrema importância para o desenvolvimento de sua economia e seu crescimento, considerando que por ela, pessoas, bens e serviços são interligados.

O modal rodoviário é destacado como o principal responsável pela integração do sistema de transporte do Brasil, com contribuição de 61% na matriz de transportes de cargas e com 95% na de passageiros, conforme a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2019).

De acordo com a Pesquisa CNT de Rodovias (2023), a infraestrutura brasileira é fator determinante para o crescimento do país. Nesse cenário, o setor de transporte ocupa posição de destaque, dado o impacto direto que exerce sobre o desenvolvimento socioeconômico nacional. São as rodovias brasileiras, sobretudo, que possibilitam o acesso a bens de toda natureza, além da expansão de mercados e da movimentação de cargas e de passageiros.

Este desenvolvimento e o crescimento econômico e social, só serão possíveis se houver a ampliação da malha de transportes, em especial a rodoviária, para uma diversificada integração entre os modais (ferroviário, aquaviário e aeroviário). Essas interligações são responsáveis pelo acesso da população e escoamento de produção agrícola e agropecuária em todo o território nacional.

Ao longo dos tempos, o transporte terrestre, possibilitou a expansão e ocupação de diversas regiões, facilitando dessa forma a estruturação e a criação de cidades, fazendo com que a produção das mesmas pudesse alcançar o mercado nacional e internacional.

É por meio do transporte em rodovias que ocorre as principais transposições de carga, através de caminhões que cruzam o país, e que fazem com que os produtos cheguem até o seu destino. De acordo com a Confederação Nacional dos Trabalhadores em Transporte e Logística (CNTTL, 2020), o transporte rodoviário de cargas é o principal meio de escoamento da maior parte da produção nacional, além de complementar o transporte de outros modais, seja no início ou no final de cada operação.

De acordo com Ávila (2016), pelo fato do Brasil ser um dos maiores países do mundo quando se trata de extensão territorial, possui uma das maiores malhas rodoviárias do mundo, dessa forma, o modal rodoviário apresenta-se como um dos modais mais flexíveis e ágeis no transporte de cargas, pois cruza diversas regiões, até as mais remotas.

Vale ressaltar, que por ser o principal meio de transporte, as rodovias carecem de bons investimentos, não somente para construção de novas, mas para a manutenção das

existentes. A situação da infraestrutura logística da economia brasileira não mudou significativamente com o tempo, continua defasada e concentrada, resultado da falta de um planejamento adequado e da incapacidade histórica do governo em financiar seus investimentos (Lacerda, 2005).

Os volumes direcionados para o setor reduziram-se significativamente, de 1,8% para algo em torno de 0,3% do PIB no período 1975-2009, dos quais metade corresponde à participação dos investimentos em rodovias, de modo que apenas 0,15% do PIB são aplicados nos demais modais (CNT, 2010).

Há também a necessidade de mais controle tecnológico no que diz respeito a estudos geotécnicos para conhecimento do material de subleito, estudos do material mais eficiente e econômico para sub-base e base e escolha do pavimento adequado para o local e/ou região, assim como a prática da boa técnica da engenharia, para que se faça jus aos investimentos nas obras.

As obras hidráulicas, como sistemas de drenagem urbana e de rodovias, bem como atividades de produção de energia e agricultura, dependem diretamente das características das chuvas para o seu dimensionamento e bom funcionamento (Pereira et al., 2017). O ciclo da água está diretamente ligado ao clima. Assim, mudanças no clima que alterem o regime de chuvas podem provocar o aumento da ocorrência de eventos hidrológicos extremos, como inundações e longos períodos de seca, de acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021).

Quando se realiza o estudo climático de uma região, uma das variáveis meteorológicas mais importantes é a precipitação, devido às consequências que o seu excesso pode ocasionar, principalmente em eventos de chuvas intensas (Silva et al., 2003). As chuvas afetam diversas atividades tais como: agricultura, indústria e principalmente obras de engenharia, no que diz respeito aos serviços de terraplanagem (movimentação de terra). Essa implicação vai depender de sua duração e intensidade, como também a distribuição (ou concentração) ao longo do ano.

As obras de construção de rodovias são extremamente afetadas pelas condições climáticas. Nas regiões de clima tropical, as estações chuvosas representam um fator extremamente negativo na produtividade dos equipamentos e no ritmo de desenvolvimento da obra, que se reflete no custo dos serviços executados (Pires, 2007).

Segundo Mattos (2016), em obras de terraplanagem o impacto causado pelas chuvas é significativamente maior nesses serviços, uma vez que a depender da intensidade das chuvas, elas podem não afetar em nada ou afetar todo o dia de trabalho, e em casos com maior

precipitação, pode-se afetar o dia posterior e até mesmo dois dias após cessar as chuvas. Esta condição é denominada fator de retomada, que é o tempo que o material leva para reestabelecer sua umidade em um grau que possa ser trabalhado.

Conforme exposto, reforça-se a necessidade de conhecimento da quantidade de dias parados em obras de engenharia devido à precipitação, para um correto gerenciamento físico e financeiro.

1.1 Problema de Pesquisa

É evidente que em toda e qualquer obra, o planejamento é de suma importância, desde a concepção do projeto executivo, para dar embasamento a um bom orçamento e consequentemente uma boa execução. Sabe-se que ao longo da execução a obra pode sofrer com diversos fatores, sejam eles climáticos, administrativos, ou da própria execução, mas se o gestor possuir um planejamento, isso pode ser amenizado.

O maior impacto das chuvas em obras de engenharia, tanto na construção civil, quanto nas obras de infraestrutura rodoviária, é na etapa dos serviços de movimentação de terra.

Neste sentido, o planejamento é uma das etapas fundamentais para o bom desenvolvimento da obra, pois é nessa fase que são definidas todas as ações, durações, materiais, recursos para o início e fim de um projeto, gerando assim um cronograma (Araújo; Meira, 1998).

O cronograma é um instrumento de planejamento para uma obra, nele são apresentados, normalmente em gráficos, a sequência de execução e data inicial e final de cada serviço. Quando o cronograma possui, também, o valor que será gasto ao longo do tempo e em cada atividade é chamado de cronograma físico-financeiro (Nascimento, 2012).

De acordo com Mattos (2019), precedência é o termo utilizado para designar a dependência que os serviços possuem entre si. Na elaboração de um cronograma é necessária a atribuição de atividades predecessoras imediatas para cada serviço, ou seja, as etapas que devem ser finalizadas para a atividade em questão começar. Por exemplo, na implantação de uma rodovia, o serviço de regularização do subleito (terraplanagem), precede os serviços de pavimentação (base e sub-base).

Conforme El-Rayes e Moselhi (2001), otimizar a utilização dos recursos pode levar a um decréscimo significativo na duração e nos custos dos projetos de construção

repetitivos, como rodovias, edifícios e conjuntos habitacionais. Ou seja, idealizar as atividades de forma sistemática pode representar um ganho significativo no conjunto da obra.

A elaboração de um cronograma deve levar em conta todos os aspectos que podem influenciar a programação da obra, de modo a evitar problemas como falta de material, imprevistos climáticos e baixo efetivo de funcionários (Formentini, 2017).

A influência das chuvas, esta diretamente relacionada com a produção dos serviços (mão de obra e equipamentos). Para tentar prever essa influência, o Departamento Nacional de Infraestrutura (DNIT), em 2017, propôs através do novo Sistema de Custo Referencial de Obras – SICRO, a utilização de um Fator de Influência de Chuvas – FIC, a ser aplicado diretamente sobre o custo unitário de alguns serviços elegíveis pelo próprio departamento. Este fator FIC depende de outros fatores como: natureza da atividade (fa), permeabilidade do solo (fp), escoamento superficial (fe) e o fator de intensidade de chuvas (nd), que é definido em função do valor médio dos dias efetivamente paralisados e calculado a partir da intensidade diária de chuvas, no qual será abordado neste trabalho.

A metodologia do DNIT consiste na compilação de dados históricos de postos pluviométricos da ANA, de todas as cinco regiões (Norte, Centro-oeste, Sul, Sudeste e Nordeste) do Brasil no período de 1999 a 2013. Ocorre que, a unidade da federação que mais contém postos pluviométricos no estudo do DNIT, é o estado do Amazonas (7 postos), que segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) é o maior estado das 27 unidades federativas, com uma área de e 1.559.255,81 km² o que corresponde a 18,30% do território Brasileiro. Ou seja, há uma escassez de dados pluviométricos disponíveis para consulta, visto a magnitude da extensão territorial do país.

1.2 Justificativa

Os custos de uma obra dependem de diversos fatores, como localização geográfica, condições naturais e socioeconômicas do local e logística. Em âmbito federal, tem obras que são executadas na região litorânea e ao mesmo tempo obras na região amazônica.

Com a proposição do fator FIC pelo novo SICRO, a elaboração de projetos de obras rodoviárias e o planejamento se tornaram mais precisos, uma vez que sua incidência está diretamente relacionada ao custo e ao prazo das obras.

Notadamente, o Brasil possui uma vasta malha rodoviária, e para que estas obras, sejam elas de implantação ou manutenção, possuam uma maior confiabilidade para elaboração de projetos, orçamentação, gerenciamento físico e financeiro, mitigação de fatores

climáticos (chuvas) e dados pluviométricos mais assertivos, a dissertação propõe determinar o fator nd para todas as estações pluviométricas disponíveis no Banco de Dados da ANA, e analisar a sua variação espacial e sazonal.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar a distribuição espacial e sazonal do fator “nd” no território nacional.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar o fator intensidade das chuvas para as estações pluviométricas da Rede de Estações da ANA;
- Elaborar mapas com o fator de intensidade das chuvas e dias paralisados mensais e anuais, baseado nas Normais Climatológicas de 1990 a 2022;
- Analisar a variação sazonal do fator de intensidade das chuvas nos diferentes tipos climáticos do Brasil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Clima

O clima pode ser entendido como as condições atmosféricas médias de uma região. Os Sistemas de Classificações Climáticas - SCC são de grande importância, pois analisam e definem os climas levando em consideração vários elementos climáticos ao mesmo tempo, facilitando a troca de informações e análises posteriores para diferentes objetivos (De Souza et al., 2007).

A importância dos sistemas de classificação climática deve-se ao fato de que é possível analisar e definir os climas de diferentes regiões levando em consideração elementos climáticos diferentes ao mesmo tempo, otimizando a troca de informações e análises posteriores para diferentes propósitos (Nóbrega, 2010)

A classificação climática visa identificar em uma grande área ou região, zonas com características climáticas e biogeográficas relativamente homogêneas fornecendo indicações valiosas sobre as condições ecológicas, suas potencialidades agrícolas e o meio ambiente da região (Andrade Júnior et al., 2005).

Essa classificação é importante para definir os climas de diferentes regiões levando em consideração os diferentes elementos climáticos simultaneamente, sendo considerado um estudo básico para auxiliar no planejamento ambiental e econômico. Os métodos classificatórios, cada um com suas especificidades, permitem uma compreensão sintética das características climáticas de determinado espaço (Silveira, 2013).

O primeiro SCC foi elaborado em 1918 por Wilhelm Köppen, partindo da ideia de que a vegetação natural é a melhor expressão do clima de uma região (Rolim *et al.*, 2007 apud., Silveira, 2013).

De acordo com Souza et al., (2007), o SCC de Köppen (Köppen e Geiger, 1928), é um dos mais abrangentes e que ainda hoje é largamente utilizado, em sua forma original ou com modificações.

A classificação climática de Köppen-Geiger é baseada no pressuposto de que a vegetação natural de cada grande região da Terra é uma expressão do clima nela prevalente. Nessa classificação climática, foram considerados a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da pluviosidade (Rolim et al., 2007).

O Brasil possui desde o clima quente superúmido no noroeste até o temperado úmido no sul e, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, há desde o clima tropical (Af, Am, Aw, As), o clima semiárido (Bsh) até o subtropical úmido (Cfa, Cfb, Cwa, Cwb, Cwc, Csa, Csb) (IBGE, 2004).

Segundo Rodrigues (2020), o clima de qualquer região é determinado em grande parte pela circulação geral da atmosfera. Essa circulação, resulta do aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, da distribuição assimétrica de oceanos e continentes e das características topográficas sobre os continentes. Esta circulação tem influência direta nas variações regionais dos elementos climáticos, tais como, temperatura e precipitação.

De acordo com Vianello et al., (1991), os elementos climáticos são grandezas meteorológicas que comunicam ao meio atmosférico suas propriedades e características peculiares. Dentre os principais elementos estão a temperatura e a precipitação.

A temperatura do ar é a medida do calor sensível nele armazenado sendo comumente dada em graus Celsius, Fahrenheit ou Kelvin e medida por termômetros (De Souza, 2020). A temperatura do ar é variável, no tempo e no espaço. Pode ser regulada por vários fatores, que são os controladores da temperatura: radiação, advecção de massas de ar, aquecimento diferencial da superfície terrestre e da água, correntes oceânicas, altitude, posição geográfica (Varejão Silva, 2005).

De acordo com a curvatura e a inclinação da terra, a região que mais recebe energia solar, durante o ano, é a localizada entre as latitudes de 30°N e 30°S (região tropical) e dentro desta, existe uma região mais aquecida – equador térmico, cuja posição média é 5°N, variando em latitude de acordo com a estação do ano (Grimm, 1999).

Chuva ou precipitação pluviométrica, é definido por Grimm (1999), como o processo pelo qual a água condensa na atmosfera e atinge gravitacionalmente a superfície terrestre. A variabilidade temporal e espacial das chuvas é importante na manutenção e conhecimento do clima local.

Conforme Cemaden (2013) a obtenção dos dados de precipitação é realizada por meio de pluviômetros, no qual se trata de um instrumento utilizado para a coleta da água de precipitação em suas diferentes formas (chuva, garoa, geada, etc.) em um determinado local. Os pluviômetros podem ser de diferentes tipos, conforme demanda da aplicação, como pluviômetro automático, semiautomático e convencional.

A água coletada pelos pluviômetros é equivalente aos dados de chuva que precipitaram, sendo medido em milímetros, ou seja, corresponde ao volume de água em litros que caiu sobre a área de 1 (um) metro quadrado. Segundo Santos Silva et al. (2023), os dados

pluviométricos são obtidos pela altura da lâmina d'água por metro quadrado de área onde ocorreu a precipitação e o conjunto de informações obtidas por meio desses registros perfaz os dados pluviométricos, sendo dispostos por meio de séries históricas, podendo ser considerados dados horários, diários, mensais ou anuais.

A ANA coordena as atividades desenvolvidas no âmbito da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) conforme estabelecido pela Lei nº 9.984/2000. A Agência possui uma rede de monitoramento de níveis e vazões de rios e de chuvas em todo o Brasil. São quase 4,8 mil estações de monitoramento, sendo 1.960 estações fluviométricas que medem níveis e/ou vazões de rios e 2.840 estações pluviométricas que medem chuvas (ANA, 2023).

A RHN visa a prover informações de boa qualidade, para atender aos diversos estudos e projetos na área de recursos hídricos, sendo fundamentais em análises relacionadas a aproveitamentos hidrelétricos, à gestão dos recursos hídricos, ao planejamento e manejo integrados de bacias hidrográficas, saneamento básico, abastecimento público e industrial, navegação, irrigação, pecuária, previsão hidrológica, dentre outros estudos de grande importância científica e socioeconômica, bem como de impacto ambiental. Os dados registrados fornecem subsídios à efetiva implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433/1997 (ANA, 2023).

Existe também um sistema elaborado pelo Governo Federal e gerido pela ANA chamado de Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH, que é um dos instrumentos de gestão previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela lei nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997, conhecida como Lei das Águas. Trata-se de um amplo sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos, bem como fatores intervenientes para sua gestão.

A ANA é responsável pelo Portal HidroWeb, que é uma ferramenta integrante do SNIRH e oferece o acesso ao banco de dados ao qual foi utilizado neste trabalho, que contém todas as informações coletadas pela RHN, reunindo dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos.

O monitoramento das águas no Brasil remonta ao século 19, havendo registros de estações na base da ANA desde o ano de 1855 (estação pluviométrica Morro Velho, em Minas Gerais). Entre 1900 e 1920, o governo federal incorpora o monitoramento como serviço público federal e cria instituições para abrigá-lo. Desde então, a Rede foi coordenada por entidades ligadas ao setor elétrico, passando à responsabilidade da ANA em 2000, pela Lei Federal nº 9.984/2000 (Hidroweb, 2024).

De acordo com Santos Silva et al. (2023), um estudo de dados meteorológicos consiste, basicamente, na realização de um estudo estatístico dos dados registrados de precipitação, com o objetivo de que, com as principais informações de dados meteorológicos para uma determinada região, seja possível auxiliar na previsão de períodos de chuvas e de secas, na determinação de fatores extraordinários que podem afetar o devido andamento da obra, dentre outros.

Segundo Rodrigues e Baptista (2020), na construção civil um dos fatores mais relevantes no atraso de obras está relacionado ao clima. Levantamento de dados climáticos na região determinada para obra e a inclusão da previsão meteorológica no planejamento, são necessários para que o gerenciamento assegure que a construção seja concluída dentro do padrão de qualidade e prazos esperados pelo cliente.

A precipitação pluviométrica é o elemento climático que apresenta maior variação, sendo comum a ocorrência de chuvas intensas trazendo transtornos tanto na zona urbana como na zona rural (Back, 2013 p. 11).

Greco (2012) cita que no planejamento e construção de estradas e obras rodoviárias é utilizado o Fator Climático Regional (FR) para considerar as variações de umidade, às quais os materiais constituintes do pavimento estão sujeitos durante as estações do ano, e que influenciam diretamente na sua capacidade de suporte.

Segundo Mendes (2006) as empresas normalmente planejam suas obras para serem executadas sob as mais diversas situações, não caberia acréscimo ao custo previsto por ocasião da elaboração do orçamento da obra. No entanto, as condições climáticas, algumas vezes, tornam-se excepcionais podendo causar prejuízos consideráveis.

Dessa forma, o conhecimento climático é um forte aliado no planejamento de obras de engenharia rodoviária e construção civil, mantendo assim seu desenvolvimento estável.

Em escala mundial existe o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), que foi criado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (ONU Meio Ambiente) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) em 1988, com o objetivo de fornecer aos formuladores de políticas, avaliações científicas regulares sobre a mudança do clima, suas implicações e possíveis riscos futuros, bem como para propor opções de adaptação e mitigação (MCTI, 2024).

O IPCC é composto por diversos cientistas climáticos do mundo, desempenhando um papel único na ciência climática, fornecendo aos governantes e chefes de estado,

avaliações científicas regulares, abrangentes e confiáveis sobre o conhecimento da ciência climática.

A principal atividade do IPCC é a preparação de relatórios que avaliam o estado do conhecimento sobre as alterações climáticas, incluindo relatórios de avaliação, relatórios especiais e relatórios de metodologia. Em seu último relatório do ano de 2023, trouxe dados que evidenciam as mudanças do clima, as tendências e os impactos futuros, fruto da ação humana.

Conforme Boehm e Schumer (2023) em um artigo publicado pelo Instituto de Pesquisa WRI Brasil, dentre algumas das principais conclusões do relatório estão:

- O aquecimento global induzido pela humanidade, de 1,1°C, desencadeou mudanças no clima do planeta sem precedentes na história recente;
- Os impactos do clima nas pessoas e ecossistemas são mais vastos e severos do que se esperava;
- Será necessário aumentar o financiamento para expandir as soluções;
- Alguns impactos climáticos já são tão graves que não é mais possível se adaptar a eles
- O mundo precisa parar de usar combustíveis fósseis – a principal causa da crise climática.

De encontro ao programa criado pela ONU, surgiu em 2015 a criação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS, que representam um plano de ação global para eliminar a pobreza extrema e a fome, oferecer educação de qualidade ao longo da vida para todos, proteger o planeta e promover sociedades pacíficas e inclusivas. É composto por 17 objetivos e 169 metas a serem atingidos até o ano de 2030.

Um dos mais importantes Objetivos do Desenvolvimento Sustentável é o de número 13 que trata especificamente da AÇÃO CONTRA A MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA, que prevê a adoção de medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos (ONU BRASIL, 2024).

Esses mecanismos (IPCC e ODS) são de extrema importância para ajudar na discussão, debates e busca de soluções relacionadas ao clima e para tomada de decisões, sejam elas em âmbito regional, nacional ou mundial. E para reforçar ainda mais as ações contra as mudanças climáticas, é de crucial necessidade o conhecimento dos diversos tipos de clima presentes no planeta.

2.2 O Impacto das chuvas em obras de engenharia

Com o passar do tempo, depara-se cada vez mais com as mudanças nas condições climáticas. Essas mudanças tem grande parcela de participação antrópica. Deve-se conhecer

as condições desfavoráveis, para planejar ações de enfrentamento e de adaptação, tentando reduzir os riscos e minimizar os impactos, especialmente sobre a infraestrutura de transportes.

O Brasil se encontra em fase de expansão da sua malha viária. Com o constante crescimento de sua produção de bens e commodities, transportar toda essa produção com agilidade e baixo custo, é um desafio para um país extenso.

De acordo com Lopes (2015), a necessidade de maior rapidez, praticidade e economia no transporte de cargas e pessoas deu lugar a grandes obras de engenharia que puderam proporcionar a ligação entre todas as regiões. Como prevê Laurance (2014), até o ano de 2050 o planeta terá em rodovias o suficiente para circular a Terra 600 vezes. Salomão et al., (2019) destacam que haverá um acréscimo de 60% no total de rodovias pavimentadas, sendo que 14 milhões de quilômetros serão adicionados até o ano de 2030 e outros 11 milhões de quilômetros até 2050. Isso é devido ao crescimento iminente, escoamento de produtos e a necessidade de interligação e ocupação de novas terras.

Todo esse notório crescimento deverá ser suplementado de políticas públicas no âmbito nacional, estadual e municipal. Na esfera nacional fica a cargo do DNIT, de seus governantes e legisladores para que haja o mínimo de impacto ao ambiente e que seja um crescimento consciente.

Rodrigues (2020) aponta que o conjunto de atividades que possuem o objetivo de adaptar a natureza a si ou se adaptarem a ela, por meio de obras de construção, pode ser definido como a construção civil. Essa relação entre natureza e construção é o que torna necessária a busca por dados meteorológicos que auxiliem na boa execução do projeto, visando diminuir os impactos de influências climáticas, nas quais muitas vezes se tornam imprevisíveis.

Obras de engenharia como um todo sofrem com o impacto das chuvas em sua execução, ou até mesmo após sua concepção, mas não podemos tornar a chuva sua principal vilã. A urbanização descontrolada das cidades brasileiras em áreas inapropriadas, associadas a práticas como o desmatamento, descarte de resíduos sólidos, impermeabilização do solo, tem provocado entre outros grandes impactos, o agravamento de desastres hidrológicos recorrentes como alagamentos (Pereira et al., 2018).

Como já mencionado, em obras de engenharia, é crucial o conhecimento prévio da influência das precipitações, tanto na etapa de elaboração do projeto básico e executivo, que implicam no orçamento, quanto na etapa de execução, onde afeta diretamente o cronograma físico e financeiro.

As obras de infraestrutura rodoviária, normalmente são compostas por diversas etapas tais como:

- Serviços iniciais (engloba limpeza, topografia, instalações diversas);
- Drenagem e Obras de Arte Corrente;
- Obras de Arte Especiais;
- Terraplanagem;
- Pavimentação;
- Sinalização Viária.

As quatro palavras-chave de uma boa obra são: planejamento, execução, controle e correção (Varalla, 2003, p.13). Conforme Varalla (2003), o planejamento é como um processo de previsão de decisões, que envolve o estabelecimento de metas e a definição dos recursos necessários para atingi-las.

Para o cálculo de quantos equipamentos e equipes mobilizar para a obra, o primeiro passo é estimar a quantidade de dias de cada mês que serão praticáveis, isto é, disponíveis para aquele determinado tipo de serviço a ser executado. De nada adianta o engenheiro admitir que trabalhará 26 dias por mês (30 dias menos quatro domingos) se é quase certo que a praticabilidade será menor. O critério para determinação da quantidade de dias praticáveis é subjetivo, mas a experiência e dados históricos de obras passadas ajudam bastante nessa empreitada. Eu já vi várias abordagens, que dependem da tarimba do planejador, do conhecimento dos dados pluviométricos da região, do tipo de serviço e do estágio do planejamento (plano inicial ou cronograma detalhado). O importante é, como eu sempre digo, seguir uma linha de raciocínio lógica e defensável” (Mattos, 2015, p. 2).

De acordo com Santos Silva et al. (2023), um planejamento deficiente está diretamente relacionado ao aumento de custos para a construção de uma obra, seja em decorrência de falhas de projetos, de gerenciamento, seja de fatores não previstos.

Silva (2015) cita que as consequências de problemas nos contratos necessitam de uma colaboração mútua entre as partes do negócio, recomendando, inclusive, a previsão de métodos de negociação acerca dos temas imprevisíveis e a elaboração de uma matriz de riscos vislumbrando os eventos de risco mais relevantes, definindo responsabilidades e métodos de renegociação.

Além dos dias de paralisações por causa das precipitações, existem os danos diretos das chuvas, como a erosão de taludes, o que muitas vezes implica na necessidade de uma nova execução daquele trecho, em função à perda de estabilidade (Pires, 2007). Estes danos em sua maioria, afetam principalmente a etapa de terraplanagem e movimentação de terra

(escavações, regularização do subleito, transporte de solos, etc.), no que diz respeito a mão de obra e equipamentos.

Dias de chuva também não significam dias não trabalhados, mas a chuva pode deixar os trabalhadores parados, desfazer serviços prontos e estragar materiais mal armazenados. Contudo, um planejamento adequado e a adoção de certos cuidados podem evitar maiores prejuízos (Arquitetura, 2007).

Segundo Mattos (2016), em obras de terraplenagem o impacto causado pelas chuvas é significativamente maior em serviços desse tipo, uma vez que a depender da intensidade das chuvas, elas podem não afetar em nada ou afetar todo o dia de trabalho, e em casos com maior precipitação, pode-se afetar o dia posterior e até mesmo dois dias após cessar as chuvas.

Neste contexto, evidencia-se a importância do conhecimento, tratamento e contabilização destes índices pluviométricos dentro de um cronograma.

Mattos (2016) considera o tema de grande relevância para o planejamento.

Frequentemente as condições atmosféricas não são levadas em consideração da forma correta. É comum vermos cronogramas com produções nos meses secos iguais às atribuídas nos meses chuvosos, com resultado quase sempre de atraso no planejamento (não porque as equipes tenham produzido pouco, mas porque o planejamento não refletiu o ambiente de execução das atividades). (Mattos, 2016).

Para Formoso (2001), o planejamento é como “um processo gerencial, que envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los, sendo eficaz quando realizado em conjunto com o controle”.

Para Muianga, Granja e Ruiz (2015), dentre as diferentes razões que resultam em desvios de custos e prazos em empreendimentos da construção civil, aspectos ambientais e econômicos figuram entre as cinco principais causas, evidenciando a falta de previsão das condições climáticas como um dos fatores específicos de maior relevância.

De acordo com a Lei de licitações nº 8666/1993, artigo 57. § 1º, item II, o contrato poderá ser prorrogado se houver superveniência de fato excepcional ou imprevisível, estranho à vontade das partes, que altere fundamentalmente as condições de execução do contrato. E no Art. 86 da Lei 8.666/1993, o atraso injustificado na execução do contrato sujeitaria o contratado à multa de mora, na forma prevista no instrumento convocatório ou no contrato.

A nova lei de licitações, a Lei 14.133/2021 em seu artigo 135, ratifica, ao reforçar a previsão de restabelecimento das condições contratuais por meio do reequilíbrio econômico-financeiro do contrato.

Conforme Santos Silva et al. (2023), especificamente no que diz respeito às chuvas, os pleitos tendem ao argumento de que o “fator chuva” caracteriza-se como caso fortuito ou de força

maior, ensejando a suposta justificativa em decorrência de atrasos e prejuízos ocorridos na construção.

Se não houver variações excepcionais dos índices pluviométricos no local onde a obra será executada, não cabe à contratada pleitear os custos decorrentes de paralisações por chuvas, porque a contratada já deveria ter considerado em sua proposta de preços os custos originados dessas paralisações, tendo em vista que tais índices podem ser projetados para um razoável período de tempo (Andrada, 2008).

Golbert e L'astorina (2011) afirmam que no Rio Grande do Sul é comum as empresas embasarem suas justificativas fundamentadas no excesso de chuva, mesmo não tendo como base relatórios de precipitações pluviométricas e nem análise técnica do histórico da região.

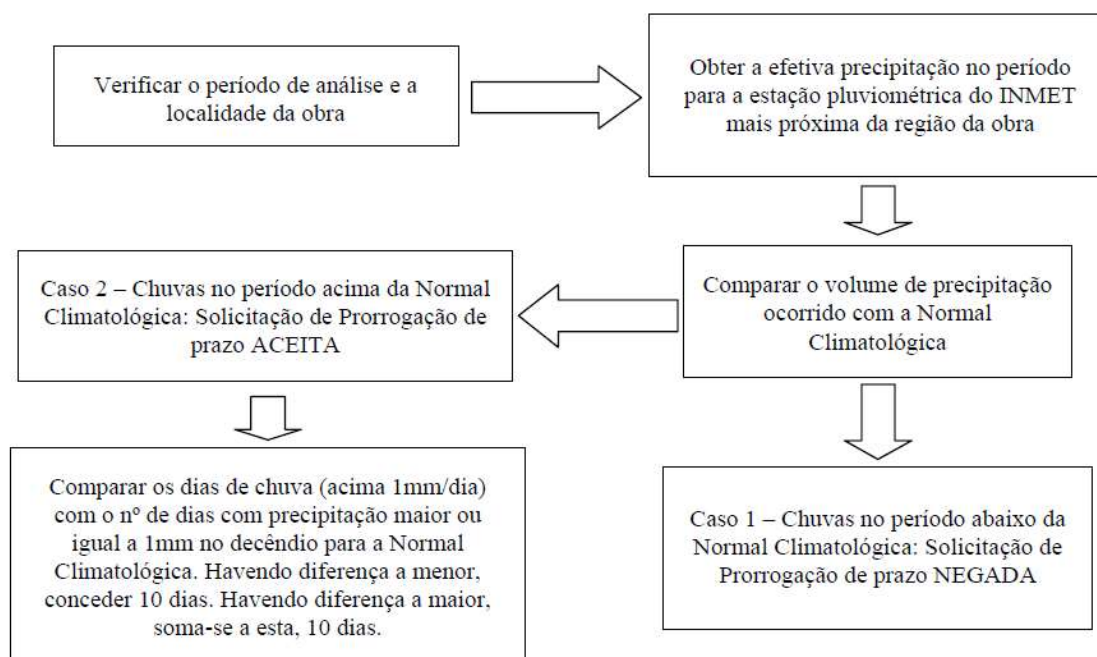
Ou seja, a análise desses eventos climáticos, dias paralisados devido às chuvas, também servirá para embasamentos técnicos para possíveis solicitações de prorrogação de prazo de contratos junto a administração pública.

Golbert e L'astorina (2011) propõem um roteiro de avaliação para orientar o fiscal da obra na análise do mérito da justificativa pelo aditivo de prazo, com referência no histórico de chuva, adotando as Normais Climatológicas, ou seja, compara o volume de precipitação ocorrido no período da obra com a precipitação da Normal Climatológica. A Figura 1 mostra o fluxograma para a análise da avaliação para concessão de aditivo de prazo decorrente de chuvas excepcionais. Após o comparativo de volumes de precipitação, a análise pode se enquadrar nos seguintes casos:

Caso 1 - volume de precipitação do período inferior à Normal Climatológica:
SOLICITAÇÃO NEGADA;

Caso 2 - volume de precipitação do período superior à Normal Climatológica:
SOLICITAÇÃO ACEITA;

Figura 1: Fluxograma da Análise de Chuvas Excepcionais



Fonte: Golbert e L'astorina (2011).

De acordo com o INMET (2022), as normais climatológicas são valores médios de variáveis meteorológicas calculadas para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas, e representa as características médias do clima em um determinado local.

As normais climatológicas desenvolvidas pelo INMET são obtidas por meio das observações realizadas e dados obtidos diariamente, às 12, 18 e 24 UTC6, por meio da rede de observações de superfície do instituto.

Conforme Santos Silva et al. (2023), as normais climatológicas são desenvolvidas e apresentadas sob a forma de tabelas e mapas, referindo-se a diferentes variáveis climatológicas que possam vir a ser importantes para o conhecimento público, dentre elas: temperaturas mínimas, máximas, médias e absolutas, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, precipitação acumulada mensal e anual, dentre outros.

De acordo com a OMM, a importância da padronização dos dados por meio de normais climatológicas decorre do fato de que dados climáticos são frequentemente mais úteis quando comparados com valores normais padronizados, assim considerados aqueles obtidos segundo suas próprias recomendações técnicas.

Segundo Santos Silva et al. (2023), essa padronização de dados visa à identificação de possíveis mudanças nos padrões de comportamento das variáveis meteorológicas ao longo do tempo.

Barreto et al. (2023) analisa o impacto das chuvas, levando em consideração os dias trabalháveis no mês, adotando as seguintes deduções:

Obras de grande afetação pelas chuvas: Será deduzido dos dias uteis disponíveis para trabalho os dias com chuvas acima de 5 mm, e para chuvas acima de 10 mm, será descontado também o dia seguinte;

Obras de baixa afetação pelas chuvas: Será deduzido dos dias uteis disponíveis para trabalho os dias com chuvas acima de 20 mm.

Para determinar quais dias de chuvas são impraticáveis para os serviços de grande afetação pelas chuvas (exemplo os de terraplanagem), Mattos (2016) estabelece o seguinte critério para se realizar as deduções destes dias:

- I. Precipitação < 5 mm – Desprezar (o dia não é afetado, a obra produz normalmente);
- II. 5 mm < Precipitação < 10 mm – O dia não é praticável;
- III. Precipitação > 10 mm – O dia da chuva e metade do dia seguinte não são praticáveis (a premissa é que a chuva forte de um dia impacta o dia seguinte).

Segundo Mattos (2016), não há um consenso absoluto na aplicação do critério de corte, pois quando se trata deste tema considerações devem ser feitas com base na expertise do planejador.

Rodrigues (2020) traz um estudo Aplicado a Otimização de Projetos da Construção Civil, no qual utiliza dados meteorológicos da tabela de descrição e caracterização dos fenômenos atmosféricos mais frequentes no território brasileiro e estatísticas na qual se pode avaliar os dias ou períodos chuvosos em relação ao cronograma da obra. Ele aplica a metodologia descrita por Mendes (2006), ao qual relaciona a intensidade de chuva (mm/dia) com a parcela de interferência em um dia de trabalho (percentual de dia paralisado) conforme Tabela 1.

De acordo com o critério de Mendes (2006), intensidade de chuva diária menor ou igual a 5 mm não há interferência no dia de trabalho, uma chuva diária entre 5 e 10 mm implicam no equivalente 25% do dia parado, dias com chuva entre 10 e 15 mm considera-se metade (50%) do dia parado, chuvas entre 15 e 20 mm indicam 75% do dia parado e para chuva acima de 20 mm implicam em um dia parado ou 100%.

Tabela 1: Correlação entre intensidade de chuva e dia paralisado

Intensidade da chuva (mm/dia)	Interferência (dia paralisado)
≤ 5	0,00
>5 e ≤ 10	0,25
> 10 e ≤ 15	0,50
> 15 e ≤ 20	0,75
> 20	1,00

Fonte: Coelho e Back (2015).

2.3 Departamento Nacional de Infraestrutura - DNIT

O DNIT é uma Autarquia Federal vinculada ao Ministério da Infraestrutura, criada pela lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001. A legislação reestruturou o sistema de transportes rodoviário, aquaviário e ferroviário do Brasil, extinguindo o antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER).

No ano de 1992 cria-se o primeiro Sistema de Custos Referenciais de Obras - SICRO, objetivando manter atualizada a definição de custos, estabelecer os melhores parâmetros para referenciar a elaboração de orçamentos de projetos rodoviários e licitação de obras. O segundo SICRO foi atualizado no ano 2000, e no ano de 2017, com parceria da Fundação Getúlio Vargas, elabora o NOVO SICRO, trazendo em sua nova versão 6.060 composições de preços.

O SICRO é uma ferramenta utilizada para definir e mensurar os custos referenciais contemplando os valores de insumos e serviços de obras de infraestrutura de transportes de modo pormenorizado (DNIT, 2023).

O Decreto nº 7.983 em seu art. 4º, de 8 de abril de 2013, estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União, e dá outras providências, traz o seguinte:

O custo global de referência dos serviços e obras de infraestrutura de transportes será obtido a partir das composições dos custos unitários previstas no projeto que integra o edital de licitação, menores ou iguais aos seus correspondentes nos custos unitários de referência do Sistema de Custos Referenciais de Obras — SICRO, cuja manutenção e divulgação caberá ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes — DNIT, excetuados os itens caracterizados como montagem industrial ou que não possam ser considerados como de infraestrutura de transportes (Introdução a Orçamentação de Obras Rodoviárias - Considerações Gerais, 2021).

Órgãos da Administração Pública como Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, Ministério da Integração Nacional, VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias, Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), Empresa de Planejamento e Logística (EPL) e a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO), utilizam o SICRO.

Ele nasce com o DNA da modernidade tecnológica, transparência e economicidade, conceitos fundamentais na contratação pública e na fiscalização pelos órgãos de controle, explicou o diretor do Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas (IBRE/FGV), Luiz Guilherme Schymura.

2.4 Fator de Influência de Chuvas - FIC

Juntamente com esses conceitos e objetivando prever a influência da pluviometria e de outras condições climáticas desfavoráveis sobre a eficiência dos equipamentos e a produção das equipes mecânicas e de mão de obra, entra em cena o FIC, a ser aplicado diretamente sobre o custo unitário de execução (mão de obra e equipamentos) de alguns serviços.

Conforme o Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes – Volume 06 – Fator de Influência de Chuvas, a metodologia desenvolvida pelo DNIT pressupõe que o FIC seja calculado em função de diferentes fatores, de acordo com a equação 1.

$$\text{FIC} = f_a \times f_p \times f_e \times n_d \quad (1)$$

Onde:

- f_a – Fator da natureza da atividade;
- f_p – Fator de permeabilidade dos solos;
- f_e – Fator de escoamento superficial;
- n_d – Fator de intensidade de chuvas;

2.4.1 Fator da Natureza da Atividade

O fator da natureza da atividade (f_a), representa a influência da chuva em atividades conforme sua natureza, como por exemplo desmatamento e destocamento, preparação da base ou sub-base de brita graduada. O fator é classificado de 0,25 a 1,50, de acordo com a influência da chuva na sua execução. Os serviços com fator igual a 1,50 sofrem maior influência das chuvas regulares em relação à condição normal, enquanto aqueles

classificados com fator 0,25 sofrem menor influência das chuvas. Na Tabela 2 constam os valores de fa propostos pelo DNIT.

Tabela 2: Fator da natureza da atividade

Descrição dos Serviços	Fator da Natureza da Atividade			
	fa = 0,25	fa = 0,5	fa = 1,0	fa = 1,5
Desmatamento e destocamento	X			
Escavação, carga e transporte de materiais de 1ª categoria				X
Escavação, carga e transporte de materiais de 2ª categoria		X		
Escavação, carga e transporte de materiais de 3ª categoria	X			
Escavação, carga e transporte de solos moles ou saturados				X
Transporte em caminhos de terra				X
Compactação de aterros em solo				X
Compactação de material de bota-fora				X
Manutenção de caminhos de serviço				X
Reaterros				X
Regularização de erosão				X
Reforço do subleito				X
Regularização do subleito				X
Sub-base de solo estabilizado				X
Base de solo estabilizado				X
Base de brita graduada		X		
Base de macadame hidráulico		X		
Base de solo cimento				X
Base de solo melhorado com cimento				X
Base de solo-brita				X
Sub-base de solo melhorado com cimento				X
Sub-base de concreto rolado	X			
Sub-base de concreto de cimento Portland	X			
Pavimento de concreto		X		
Misturas asfálticas	X			
Micro revestimento	X			
Tratamento superficial	X			
Macadame betuminoso	X			
Reciclagem de pavimentos			X	
Escavação de valas				X
Tapa-buraco, remendos			X	
Regularização de taludes				X

Fonte: Adaptada do Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes (2017).

Para a metodologia proposta pelo DNIT, esses valores devem ser obedecidos, uma vez que são pré-estabelecidos para definição do FIC na composição de preço unitário.

A classificação da natureza da atividade não tem por objetivo permitir a extrapolação das restrições de execução constantes das especificações técnicas dos serviços, ou seja, o fato de um serviço ser classificado com fator da natureza da atividade diferente de zero não faculta ao executor a sua realização em condições de chuva, caso as especificações de serviço não a permitam (Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes, 2017).

2.4.2 Fator de Permeabilidade dos Solos

A permeabilidade dos solos (fp) é a propriedade que representa maior ou menor dificuldade de percolação da água através dos poros dos solos. A permeabilidade do solo é um dos atributos físicos mais importantes para indicar a qualidade de um solo (Martins et al., 2002). Ela pode ser definida como a maior ou menor facilidade que os solos oferecem à passagem de água (Alonso, 1999).

A granulometria e a estrutura apresentam influência sobre o espaço poroso do solo, sua porosidade total e distribuição de poros, dificultando em maior ou menor intensidade o movimento da água (Mesquita, 2001).

Nas areias que são materiais granulares não coesivos, há uma grande porosidade o que facilita o fluxo de água, já nas argilas que são materiais finos e coesivos, ocorre exatamente o inverso, pouca permeabilidade. A permeabilidade será considerada máxima em solos arenosos e mínima em solos argilosos, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Fator de permeabilidade dos solos

Classificação dos Solos	Fator de Permeabilidade
Areia	0,50
Areia Siltosa	0,65
Areia Argilosa	0,75
Argila Arenosa	0,75
Argila Siltosa	0,85
Argila	1,00

Fonte: Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes (2017).

Na elaboração de um projeto, se houver a inexistência de informações da composição granulométrica dos materiais, deverá ser adotado um fp igual a 0,75, que

representa a ocorrência de solos argilo-arenosos ou areno-argilosos, reconhecidamente de grande distribuição espacial em todo o território nacional (Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes, 2017).

2.4.3 Fator de Escoamento Superficial

O escoamento superficial (f_e) é definido como o movimento das águas na superfície, em virtude da intensidade e do período das precipitações terem ultrapassado a taxa de infiltração dos solos.

Para Pruski et al. (2003), o escoamento superficial é uma das fases do ciclo hidrológico e consiste no deslocamento da água sobre a superfície do solo, ocorrendo quando a água originada de uma chuva intensa escoar livremente sobre a superfície do solo, drenada por forças gravitacionais (Pruski et al., 2003).

Ainda de acordo com Pruski et al. (2003), todos os fatores que influenciam a taxa de infiltração da água no solo interferem, também, no escoamento superficial.

A água da chuva ao atingir a superfície terrestre, pode escoar na superfície, em subsuperfície ou subterraneamente. O predomínio e a importância relativa desses tipos de escoamento dependem da combinação de diversos fatores, em especial as condições climáticas, as características morfométricas, as condições bióticas e edafológicas e as atividades antrópicas (Bigarella, 2003).

Ainda conforme Bigarella (2003), a água que não se infiltra na superfície do terreno continua a fluir vertente abaixo, até encontrar um solo mais permeável ou atingir um canal definido de drenagem, ou, eventualmente, um rio.

A presença da cobertura vegetal em campos, cerrados ou em áreas gramadas, contribui para diminuir o escoamento superficial. Na maioria das obras de infraestrutura de transportes, o terreno encontra-se livre da presença vegetal. Além disso, nas atividades relacionadas ao desmatamento, capina e roçada, a ocorrência de chuvas provoca pouca influência na produção dos serviços.

A parcela de infiltração dos solos é inversamente proporcional à declividade do terreno, resultando no fato de que as regiões mais baixas tendem a sofrer maior influência das precipitações. Já a declividade longitudinal, tem um efeito neutro sobre o fator de escoamento superficial, pois facilita a movimentação da água nas partes elevadas e dificulta nas partes inferiores do terreno. A influência do escoamento superficial mostra-se proporcionalmente

menor que a causada pela natureza da atividade e pela permeabilidade dos solos conforme Tabela 4.

Considerando que as declividades transversais e longitudinais ocorrem de forma simultânea e que a declividade transversal média das obras de infraestrutura de transportes situa-se normalmente na faixa entre 1% e 5%, o DNIT sugere que na ausência de informações mais detalhadas de projeto, adote-se um fator f_e de 0,95.

Tabela 4: Fator de escoamento superficial

Declividade Transversal	Fator de Escoamento Superficial
$D \leq 1$	1,00
$1 < D < 5$	0,90
$D \geq 5$	0,80

Fonte: Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes (2017).

2.4.4 Fator de Intensidade de Chuvas

De acordo com Pereira, Duarte e Sarmiento (2017), os impactos advindos de eventos climáticos ou da ação humana no planeta têm alterado a ocorrência de chuvas intensas e, conseqüentemente, das inundações.

Os dados de precipitação máxima são de extrema relevância para o dimensionamento de obras de engenharia, principalmente em projetos relacionados a drenagem urbana, visto que, normalmente, não se tem dados de vazão para o local em estudo (Silva e Araújo, 2013).

As chuvas intensas, ou chuvas extremas são também conhecidas por chuvas máximas e tem distribuição irregular tanto temporalmente quanto espacialmente. Esse tipo de evento causa grandes prejuízos, tais como: erosão no solo, inundações, perdas aurículas, além de problemas em reservatórios (Araújo et al., 2008).

Essas chuvas intensas para Silva et al. (2003), podem ser chamadas de chuvas extremas, aquelas que apresentam grandes lâminas precipitadas em pequenos intervalos de tempo.

O fator (nd) é definido por unidade da federação, em função das chuvas (na metodologia do DNIT, os dados foram coletados em postos da ANA pré-definidos, no período de 1999 a 2013 conforme as Tabelas 5 a 9) de acordo com o percentual médio de dias efetivamente paralisados. Da precipitação inicial que atinge o solo, parte da água sofre

infiltração, parte fica retida em depressões ou aderente às partículas sólidas como película, posteriormente sujeita à evaporação, e parte escoia pela superfície. Durante as chuvas, pode ocorrer a paralisação dos serviços em função de sua intensidade.

Tabela 5: Relação dos postos pluviométricos da Região Norte

UF	Estação Pluviométrica	Nome da Estação	Latitude	Longitude	Município
Acre	00967000	Rio Branco	-9°58'33"S	-67°48'0"	Rio Branco
	01067003	Vila Capixaba	- 10°34'33"S	-67°40'36"	Capixaba
Amapá	08050000	Carmo	0°30'29"	-50°44'54"	Macapá
	08251001	Cunani	2°41'54"	-51°21'41"	Calçoene
Amazonas	00765000	Cachoeira	-7°42'9"	-66°3'5"	Lábrea
	00759000	Vila do Apuí	-7°12'3"	-59°53'32"	Novo Aripuanã
	00470002	Esteirão do Repouso	-4°23'0"	-70°58'0"	Atalaia do Norte
	08069004	Pirarara Poço	0°8'34"	-69°12'48"	São Gabriel da Cachoeira
	00363000	Barro Alto - São Raimundo do Ipixuna	-3°52'30"	-63°47'9"	Coari
	00259000	Cachoeira Morena	-2°6'52"	-59°20'7"	Presidente Figueiredo
	00267001	Espírito Santo	-2°45'0"	-67°34'0"	Fonte Boa
Pará	00247000	Badajós	-2°30'46"	-47°46'5"	São Domingos do Capim
	00555002	KM 1130 BR-163	-6°40'17"	-55°29'45"	Itaituba
	00152005	Almeirim	-1°13'35"	-52°34'42"	Almeirim
	00047003	Curuçá	-0°44'15"	-47°51'13"	Curuçá
	00352005	Brasil Novo	-3°18'28"	-52°32'31"	Altamira
Rondônia	00862000	Tabajara	-8°55'56"	-62°3'14"	Machadinho d'Oeste
	01160000	Marco Rondon	-12°0'55"	-60°51'18"	Pimenta Bueno
	01063000	Escola Caramurú	-10°30'18"	-63°38'46"	Ariquemes
Roraima	08360002	Fazenda Passarão	3°12'28"	-60°34'16"	Boa Vista
	08161001	Caracarái	1°49'17"	-61°7'25"	Caracarái
	00061000	Santa Maria do Boiaçú	-0°30'24"	-61°47'9"	Rorainópolis
Tocantins	01148000	Fazenda Lobeira	-11°31'53"	-48°17'41"	São Valeiro da Natividade
	00848000	Colinas do Tocantins	-8°3'10"	-48°28'54"	Colinas do Tocantins

Fonte: Adaptada do DNIT (2017).

Tabela 6: Relação dos postos pluviométricos da Região Nordeste

UF	Estação Pluviométrica	Nome da Estação	Latitude	Longitude	Município
Alagoas	00935012	Murici - Ponte	-9°18'49"	-35°56'59"	Murici
	00937013	Delmiro Gouvêia	-9°23'34"	-37°59'39"	Delmiro Gouvêia
Bahia	01539022	Camacan (Vargito)	- 15°25'31"	-39°29'34"	Camacan
	01144005	Fazenda Macambira	- 11°36'50"	-44°9'27"	Cotegipe
	01139022	Gavião II	- 11°28'27"	-39°47'5"	Gavião
	00940024	Juazeiro	-9°24'20"	-40°30'12"	Juazeiro
	01241001	Fazenda Iguaçu	-12°56'5"	-41°3'57"	Itaeté
	01137043	Usina Altamira	-11°46'6"	-37°48'13"	Conde
	01739021	Cachoeira Grande	-17°15'13"	-39°46'42"	Prado
Ceará	00339000	Amontada	-3°21'48"	-39°49'46"	Amontada
	00438011	Baú	-4°7'17"	-38°39'33"	Pacatuba
	00638014	Icó	-6°24'32"	-38°51'49"	Icó
Maranhão	00440005	Croata	-4°24'59"	-40°54'15"	Croata
	00644003	Colinas	-6°1'39"	-44°15'14"	Colinas
Paraíba	00444001	Coroatá	-4°9'46"	-44°9'57"	Coroatá
	00638032	Antenor Navarro	-6°44'7"	-38°26'53"	São João do Rio do Peixe
	00735009	Mulungu	-7°1'46"	-35°28'5"	Mulungu
Pernambuco	00835138	Pirapama	-8°16'45"	-35°3'48"	Cabo de Santo Agostinho
	00838004	Belém de São Francisco	-8°45'54"	-38°57'38"	Belém de São Francisco
	00840010	Fazenda São Bento	-8°36'58"	-39°59'58"	Santa Maria da Boa Vista
Piauí	00844008	Cristino Castro II	-8°48'47"	-44°12'56"	Cristino Castro
	00541002	Fazenda Boa Esperança	-5°13'29"	-41°44'13"	Castelo do Piauí
Rio Grande do Norte	00537035	Fazenda Angicos	-5°17'20"	-37°17'20"	Mossoró
	00637010	Açude Lagoinha	-6°27'44"	-37°18'9"	Jardim de Piranhas
Sergipe	01037049	Santa Rosa de Lima (Camboata)	- 10°39'10"	-37°11'34"	Santa Rosa de Lima
	01137017	Estância	-11°16'0"	-37°26'35"	Estância

Fonte: Adaptada do DNIT (2017).

Tabela 7: Relação dos postos pluviométricos da Região Sudeste

UF	Estação Pluviométrica	Nome da Estação	Latitude	Longitude	Município
Espírito Santo	01840000	Águia Branca	-18°59'8"	-40°44'46"	Águia Branca
	02041018	Usina Fortaleza	20°22'17"	-41°24'32"	Muniz Freire
Minas Gerais	02044042	Carmo da Mata (ETA - Copasa)	20°33'45"	-44°52'3"	Carmo da Mata
	01844018	Ponte do Bicudo	-18°12'4"	-44°34'38"	Corinto
	01941018	Itanhomi	-19°9'42"	-41°51'44"	Itanhomi
	01542016	Serra Branca	15°38'12"	-42°56'37"	Porteirinha
	01847010	Iraí de Minas	18°58'55"	-47°27'27"	Iraí de Minas
Rio de Janeiro	02142022	Aldeia	-21°57'5"	-42°21'22"	Cantagalo
	02243004	Conservatória	22°17'15"	-43°55'46"	Valença
São Paulo	02345067	Ponte Alta 1	23°19'45"	-45°8'25"	São Luís do Paraitinga
	02147117	Pirassununga	21°59'59"	-47°25'0"	Pirassununga
	02151039	Lucélia	-21°44'0"	-51°1'0"	Lucélia
	02348088	Engenheiro Barcelar	23°52'59"	-48°46'20"	Itapeva

Fonte: Adaptada do DNIT (2017).

Tabela 8: Relação dos postos pluviométricos da Região Sul

UF	Estação Pluviométrica	Nome da Estação	Latitude	Longitude	Município
Paraná	02352002	Quinta do Sol	-23°49'0"	-52°11'0"	Quinta do Sol
	02549000	São Bento	-25°56'0"	-49°47'0"	Lapa
	02552001	Águas do Vere Convencional	-25°46'26"	-52°55'58"	São Jorge do Ivaí
Rio Grande do Sul	03050002	Palmares do Sul	-30°15'5"	-50°30'21"	Palmares do Sul
	02953030	Tupancireta	-29°5'8"	-53°49'9"	Tupancireta
Santa Catarina	02750001	Campo Belo do Sul	-27°53'56"	-50°45'13"	Campo Belo do Sul
	02651040	Ponte Serrada	-26°55'14"	-51°55'41"	Ponte Serrada

Fonte: Adaptada do DNIT (2017).

Tabela 9: Relação dos postos pluviométricos da Centro-Oeste

UF	Estação Pluviométrica	Nome da Estação	Latitude	Longitude	Município
Distrito Federal	01547013	Taquara	- 15°37'56"	-47°31'13"	Brasília
	01547004	Brasília	- 15°47'24"	-47°55'22"	Brasília
Goiás	01750001	Fazenda Nova do Turno	-17°4'45"	-50°17'22"	Paraúna
	01549001	Goianésia	- 15°19'45"	-49°7'18"	Goianésia
Mato Grosso	01156000	Fazenda Itaubá	- 11°28'17"	-56°26'0"	Tabaporã
	01351000	Trecho Médio	-14°5'17"	-51°41'56"	Cocalinho
	01655001	Acima do Córrego Grande	- 16°36'29"	-55°12'23"	Santo Antônio do Leverger
	01456008	Rosário Oeste	-14°50'3"	-56°24'42"	Rosário Oeste
Mato Grosso do Sul	01951003	Fazenda Pindorama	- 19°23'27"	-51°36'32"	Paranaíba
	01956005	Bodoquena	- 19°52'15"	-56°59'1"	Miranda
	02254000	Caarapó	- 22°37'28"	-54°49'29"	Caarapó
	02055002	Palmeiras	- 20°26'56"	-55°25'51"	Dois Irmãos do Buriti

Fonte: Adaptada do DNIT (2017).

De acordo com o DNIT, por conhecimento do local ou estudos pode ser detectado que o modelo do FIC proposto não seja aderente, neste caso deve-se:

- Fazer um estudo específico para a obra;
- Coleta de dados de três estações pluviométricas mantidas pela ANA mais próximas da obra em estudo;
- Amostragens ininterruptas de no mínimo 10 anos dessas três estações.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

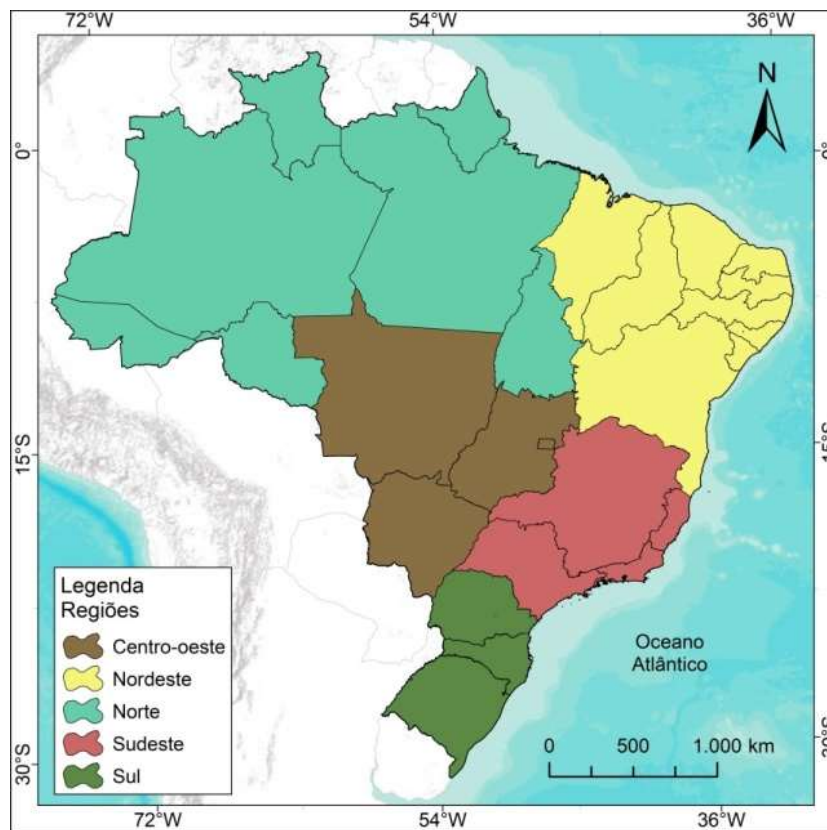
A presente pesquisa tem como abrangência de estudo toda a área do território nacional brasileiro (Figura 2). De acordo com o IBGE, o Brasil apresenta um território de 8.510.417,771 km², dividido em 27 Unidades da Federação (UFs), 26 Estados e o Distrito Federal, 5.570 municípios e é agrupado em cinco grandes Regiões Geográficas: Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste (Figura 3).

Figura 2: Área de estudo da pesquisa



Fonte: IBGE (2024).

Figura 3: Regiões geográficas do Brasil



Fonte: Autor (2024).

O Brasil é um país com dimensões continentais e apresenta diferentes tipos de clima, desde o semiárido tropical, com pluviosidade inferior a 600 mm, até climas equatoriais, tropicais e subtropicais, com pluviosidade superior a 3300 mm (Ramos, 2009).

De acordo com IBGE (2004), o Brasil possui seis biomas continentais brasileiros: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa, sendo o bioma de maior extensão, a Amazônia (49,29%), e o de menor extensão, o Pantanal (1,76%), ocupando juntos mais da metade do País.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A ciência, desenvolvida por meio da pesquisa, é um conjunto de procedimentos sistemáticos, baseados no raciocínio lógico, com o objetivo de encontrar soluções para os problemas propostos, mediante o emprego de métodos científicos e definição de tipos de pesquisa. (Cervo; Brevian, 2002; Alves-Mazzotti; Geewandszajder, 1999).

Segundo Oliveira (2002) a pesquisa, tanto para efeito científico como profissional, envolve a abertura de horizontes e a apresentação de diretrizes fundamentais, que podem contribuir para o desenvolvimento do conhecimento.

A pesquisa, sob o ponto de vista de seus objetivos, pode ser: exploratória, descritiva e explicativa (Prodanov; Freitas, 2013). Ainda segundo os autores a pesquisa exploratória possui planejamento flexível, o que permite o estudo do tema sob diversos ângulos e aspectos, já a pesquisa descritiva o pesquisador apenas registra e descreve os fatos observados sem interferir neles, visa a descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis, e a pesquisa explicativa quando o pesquisador procura explicar os porquês das coisas e suas causas, por meio do registro, da análise, da classificação e da interpretação dos fenômenos observados.

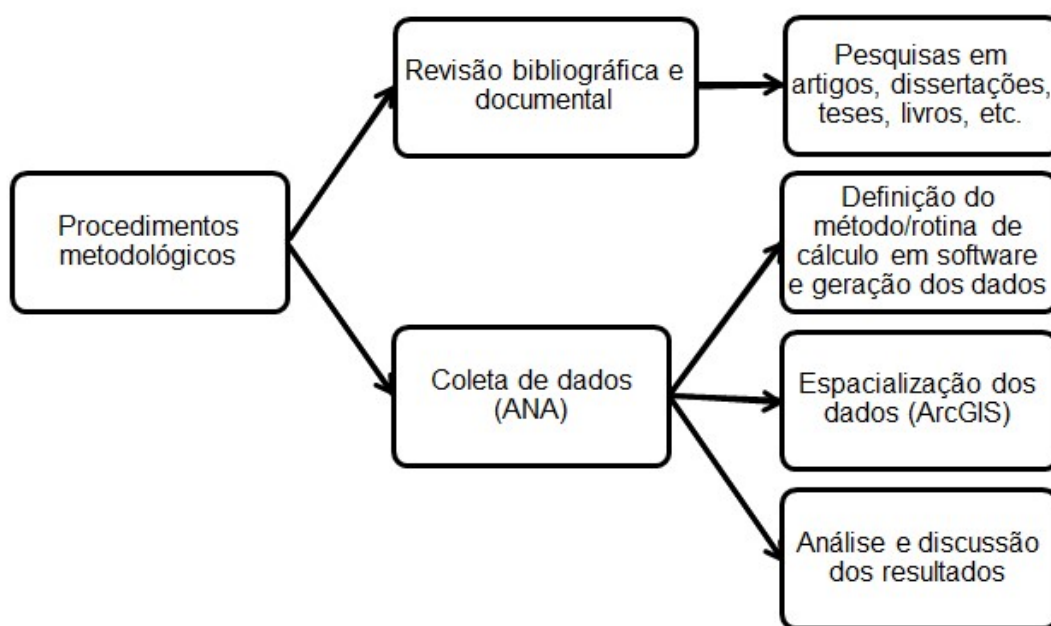
Surge a necessidade dos pesquisadores aplicarem métodos e procedimentos assertivos, um bom planejamento e critérios adequados para a obtenção do resultado final do trabalho.

Dessa forma, é crucial e fundamental estabelecer procedimentos de estudo em consonância com as etapas de desenvolvimento da pesquisa. Com base nas pressuposições expostas, a presente pesquisa terá como base no seu desenvolvimento as formas explicativa e descritiva.

3.2.1 Procedimentos e planejamento da pesquisa

Os objetivos propostos para essa pesquisa foram alcançados através de um planejamento conforme Figura 4, que consistiu em pesquisa e revisão bibliográfica, utilizando diferentes mecanismos de buscas de dados e informações, definição do método a ser utilizado, obtenção dos dados nos postos pluviométricos da ANA, rotina de cálculo em software específico e posterior espacialização dos dados no programa ArcGIS e geração dos mapas.

Figura 4: Fluxograma do procedimento de pesquisa



Fonte: Autor (2024).

Para Gil (1999), a pesquisa tem um caráter pragmático, é um “processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”.

As pesquisas quanto aos procedimentos técnicos conforme Gil (2008), podem ser pesquisas bibliográficas que são desenvolvidas com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos, em pesquisas documentais caracterizadas por materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa e pesquisas experimentais que é quando se determina um objeto de estudo, seleciona-se as variáveis que seriam capazes de

influenciá-lo, define-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

A organização e planejamento deste trabalho iniciaram-se pela definição do assunto a ser abordado, em seguida a revisão bibliográfica nas literaturas, livros, artigos, dissertações, teses, etc., visando aumentar o rol de conhecimento e informações que acrescentassem valor a pesquisa e na sequência a pesquisa documental com dados de chuvas.

3.3 ELABORAÇÃO DA BASE DE DADOS

Foi consultado a série histórica de precipitações e utilizado a base de dados do sistema Hidroweb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2023), importando todos os dados de chuva de todas as estações do país, para o cálculo do fator nd e espacialização dos mapas.

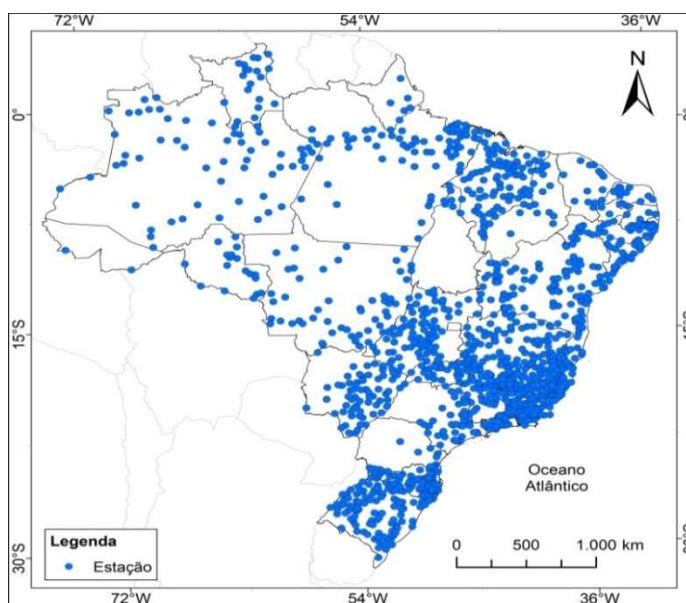
3.4 APLICAÇÃO DO MÉTODO

3.4.1 Coleta de dados

Foram utilizadas as estações pluviométricas que apresentaram falhas inferiores a 5% dos dados no período da mais recente Normal Climatológica (1990 a 2022).

Na Figura 5 consta a representação das estações pluviométricas a serem utilizadas.

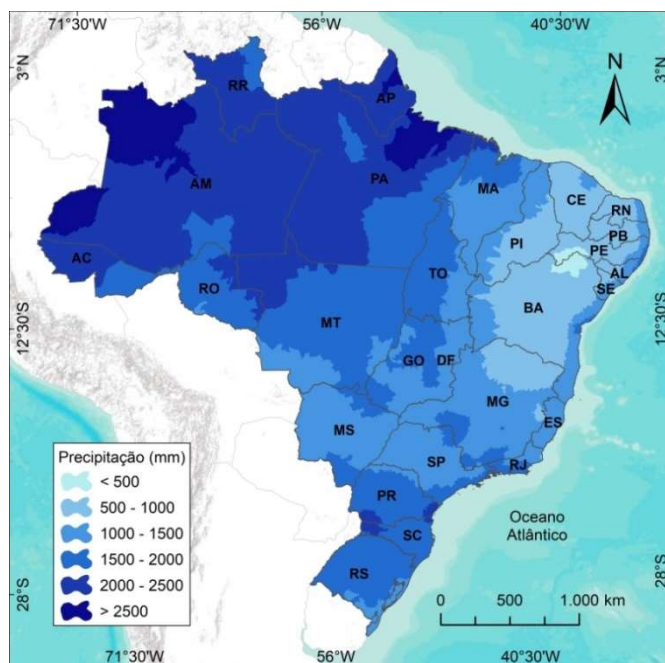
Figura 5: Mapa de espacialização das estações pluviométricas



Fonte: Autor (2024).

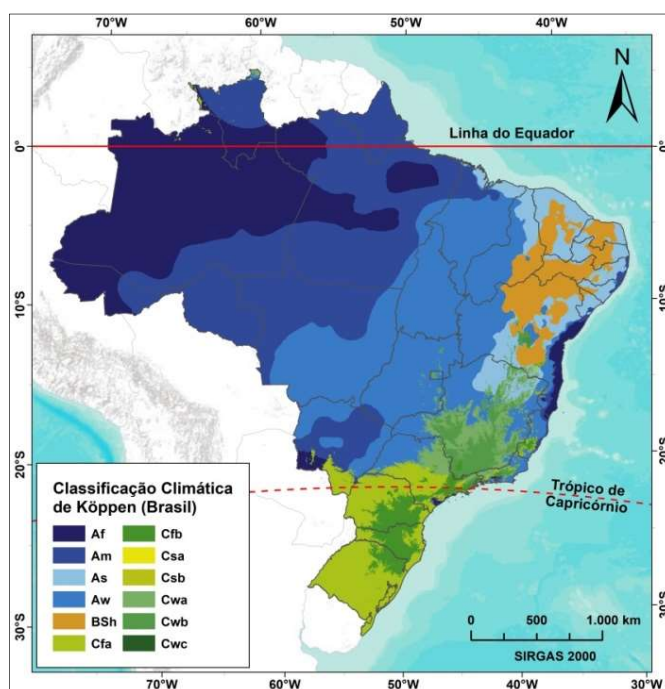
Também foram utilizados na análise, os dados de precipitação média anual para o Brasil conforme Figura 6, juntamente com a classificação climática de Köppen representada na Figura 7.

Figura 6: Mapa precipitação anual para o Brasil (dados de 1990 a 2020)



Fonte: BACK et al. (2023).

Figura 7: Classificação climática de Köppen para o Brasil



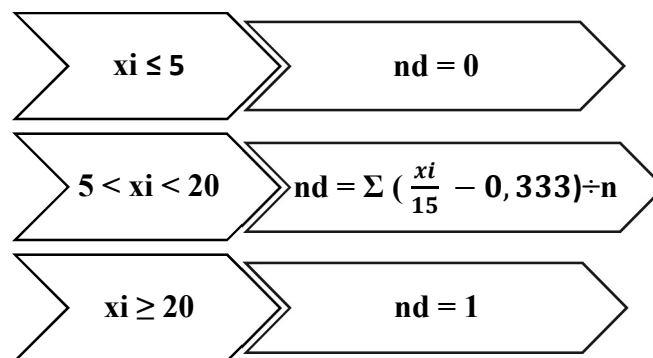
Fonte: BACK et al. (2023).

3.4.2 Cálculo do fator nd

O fator nd foi calculado de acordo com a metodologia do SICRO, em função das intensidades de chuvas registradas nos postos pluviométricos.

O método do SICRO considera que chuvas diárias inferiores a 5 mm não interferem na atividade e chuvas acima de 20 mm implicam na paralisação das atividades, e valores intermediários tem efeito proporcional. Dessa forma, o fator nd pode ser relacionado a intensidade da chuva conforme expressões abaixo (Figura 8).

Figura 8: Expressões para definição do nd

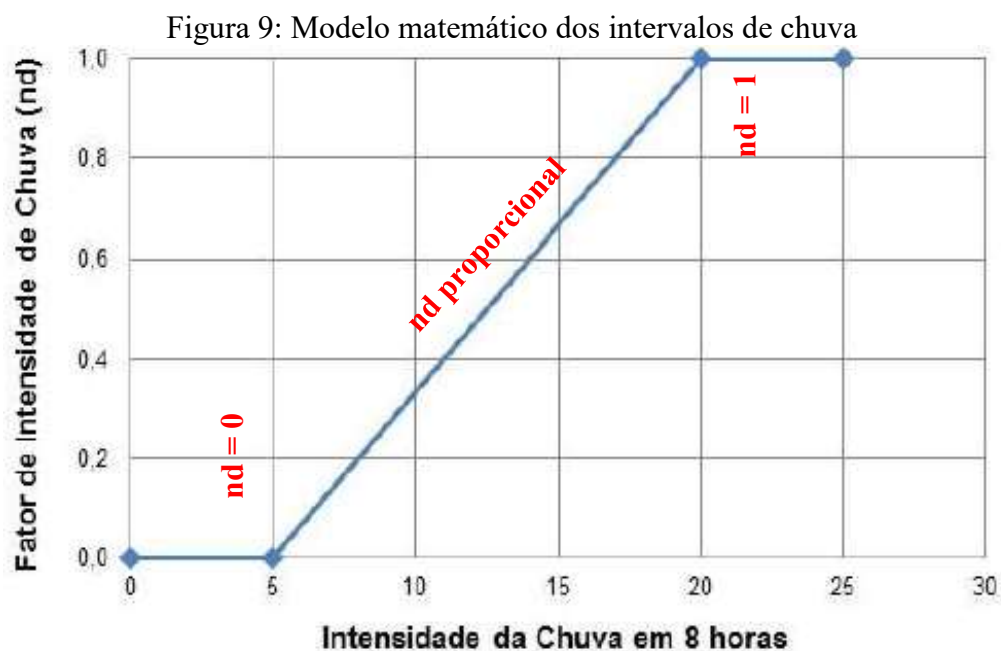


Fonte: DNIT (2017).

Onde:

- **nd** é a média da soma das parcelas dos dias efetivamente paralisados no mês;
- **xi** representa a intensidade da chuva em 8 horas do dia (chuva diária/3) mm;
- **n** é o número de dias do período considerado.

A Figura 9 demonstra um modelo matemático para melhor visualização do comportamento da variação entre o fator de intensidade de chuvas nd e a intensidade de chuva registrada em um turno de trabalho de 8 horas.



Fonte: DNIT (2017).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Aplicação prática do cálculo do fator nd

Abaixo um exemplo de cálculo do nd através de uma planilha eletrônica utilizando dados do DNIT, para um determinado posto pluviométrico, no município de Campo Belo do Sul, no estado de Santa Catarina, para o mês de janeiro do ano de 2013.

- Na primeira coluna tem os dias do mês de janeiro (31 dias);
- Na segunda coluna os dados de precipitação diária extraídos do posto pluviométrico;
- Na terceira coluna a chuva diária (x_i) dividida por três (considera-se um turno de trabalho de 8 horas no dia) e desconsidera os dias de domingo;
- Na quarta coluna aplica-se as expressões conforme metodologia do SICRO;

Figura 10: Modelo de cálculo nd

DIA	CHUVA mm/dia	xi = chuva/3	nd
1	6,70	2,23333	0,00000
2	0,00	0,00000	0,00000
3	0,00	0,00000	0,00000
4	0,00	0,00000	0,00000
5	0,00	0,00000	0,00000
6	64,70	domingo	
7	0,00	0,00000	0,00000
8	31,00	10,33333	0,35556
9	2,30	0,76667	0,00000
10	0,00	0,00000	0,00000
11	0,00	0,00000	0,00000
12	0,00	0,00000	0,00000
13	0,00	domingo	
14	0,00	0,00000	0,00000
15	0,00	0,00000	0,00000
16	5,00	1,66667	0,00000
17	0,00	0,00000	0,00000
18	0,00	0,00000	0,00000
19	19,00	6,33333	0,08889
20	0,00	domingo	
21	0,90	0,30000	0,00000
22	0,20	0,06667	0,00000
23	0,00	0,00000	0,00000
24	0,00	0,00000	0,00000
25	0,00	0,00000	0,00000
26	0,00	0,00000	0,00000
27	0,00	domingo	
28	0,00	0,00000	0,00000
29	0,00	0,00000	0,00000
30	0,00	0,00000	0,00000
31	0,00	0,00000	0,00000
SOMA:			0,44444
fator nd			0,01434

Fonte: Autor (2024).

O fator nd final será a soma dos nd's diários dividido pelo número de dias do mês analisado (31 dias), resultando em um valor igual a 0,01434, ou seja 1,434% desse mês ou 0,44444 dias, é paralisado devido as chuvas.

No presente trabalho não foram desconsiderados os domingos, pois o estudo objetiva determinar a frequência (ou probabilidade) de dias parados. Dessa forma, foram considerados todos os dias do mês.

Foi elaborada uma rotina de programação para fazer a leitura dos dados diários de cada uma das estações pluviométricas, calcular o fator nd para cada mês e para o ano e gerar um relatório com os valores médios mensais e anuais.

Na Tabela 10 é mostrado parte deste relatório, que foi posteriormente utilizado para a espacialização das variáveis nd e dos dias paralisados.

Tabela 10: Dados gerados de nd e dias paralisados

Estação ANA	Dias parados mensal				Dias parados anual	Fator nd mensal				Fator nd anual
	Jan	Fev	Mar	.....		Jan	Fev	Mar	.....
972000	2,0693	1,9877	2,4313	.....	16,15	0,0667	0,0703	0,0784	.....	0,0442
1168001	1,9413	1,9017	1,6817	.....	13,66	0,0626	0,0674	0,0543	.....	0,0374
835139	0,4138	0,5619	0,9325	.....	9,24	0,0134	0,0198	0,0301	.....	0,0253
936076	0,3075	0,1081	0,3044	.....	2,64	0,0099	0,0038	0,0098	.....	0,0073
937013	0,2859	0,4594	0,5144	.....	2,43	0,0092	0,0162	0,0166	.....	0,0066
937023	0,3463	0,1884	0,3816	.....	2,06	0,0112	0,0066	0,0123	.....	0,0056
936113	0,3497	0,2137	0,5372	.....	6,13	0,0113	0,0075	0,0173	.....	0,0168
937018	0,4068	0,2306	0,3281	.....	2,17	0,0131	0,0082	0,0106	.....	0,0059

Fonte: Autor (2024).

4.2 ANÁLISE DO FATOR nd

A Figura 11 mostra a distribuição dos valores do fator nd anual e a Figura 12 dos valores de nd mensal para obras de infraestrutura rodoviária no Brasil e ambas estão diretamente relacionadas de acordo com as regiões, ou seja, a representação espacializada dos fatores nd corroboram. Pode-se observar que há regiões bem definidas, como é o caso da região Nordeste, e regiões com uma variação de intensidades de chuva, como é o caso da região Norte.

A classificação climática de Köppen considera a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação para a determinação dos tipos de clima (CEON, 2024). Sendo assim, cada região tem a sua peculiaridade quanto as temperaturas, precipitação e vegetação que ocorre naturalmente em cada região a qual era a fundamentação inicial de Köppen.

A Região Nordeste tem características conforme a classificação climática de Köppen (Figura 7), de uma mistura de climas do tipo As: clima tropical quente e úmido, com estação seca no inverno e Bsh: clima seco com chuvas no verão, com precipitações anuais sempre inferiores a 1000 mm e normalmente inferiores a 750 mm, que podemos verificar através do mapa de precipitação anual da Figura 6, evidenciando assim conforme Figura 13, que regiões com menos chuvas, o valor de nd tende a ser menor.

Pode-se constatar que a Região Nordeste que chove menos apresenta um nd médio anual de 0,020, sendo o menor fator dentre as cinco regiões. Já a região Norte que chove mais, apresenta um nd médio anual de 0,049, conforme representado na Tabela 12, sendo o maior fator nd dentre as cinco regiões. Claramente pode ser verificado no mapa de nd anual e mensal que a Região Nordeste é a que possui os menores fatores.

Conforme Silva e Bacha (2014), a Região Norte do Brasil é marcada pelas suas peculiaridades, entre as quais se incluem a acentuada desigualdade socioeconômica e também o isolamento geográfico em relação às regiões mais desenvolvidas do país. Seus indicadores sociais estão entre os piores do Brasil, em contraste com o seu expressivo crescimento econômico e populacional, muito acima da média nacional. Ainda segundo Silva e Bacha (2014), o crescimento econômico e populacional não tem ocorrido de forma equilibrada e sustentável, sendo atribuído em parte, à falta de acesso de boa parte da população a serviços de saneamento básico e educação por exemplo. Além disso, há outras variáveis que influenciam, entre elas o acesso às cidades com melhor infraestrutura, onde na maior parte da região é limitado ao modal fluvial. Constata-se que a carência de infraestrutura de transporte é uma constante para quase todos os Estados da Região Norte, onde existem várias cidades quase que completamente isoladas, cujas populações crescem pouco ou mesmo decrescem (Silva; Bacha, 2014).

Sendo a maior região do país, a Região Norte possui características conforme a classificação climática de Köppen (Figura 7), de uma correlação de climas do tipo Af: clima tropical úmido ou superúmido, sem estação seca, com o total das chuvas do mês mais seco superior a 60 mm, com precipitações maiores nos meses de março a agosto e com média anual em torno de 2.165 mm, onde verifica-se através do mapa de precipitação anual da Figura 6 e da Figura 14 e um clima Am: Clima tropical úmido ou subúmido, evidenciando assim, que regiões com maiores volumes de precipitação, o valor do fator nd tende a ser maior.

Pode-se verificar que durante quatro meses do ano (julho, agosto, setembro e outubro) o nd permanece praticamente abaixo de 0,06, ficando evidente um alto valor de nd nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio, apresentando em média um fator nd de 0,049 (Tabela 12).

A Região do Centro-Oeste, composta pelos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal, é a segunda maior região do país. Possui um clima predominantemente tropical semiúmido, com duas estações bem definidas, um inverno seco e um verão muito quente e chuvoso (EMBRAPA, 2024).

Na classificação climática por Köppen, essa região é caracterizada em dois tipos climáticos, o Am: Clima tropical úmido ou subúmido e o Aw: Clima tropical, com inverno seco, apresentando estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). Conforme o mapa de chuvas anual e dados da Figura 14, a região possui precipitação média anual de 1605,20 mm. A espacialização do fator nd na Figura 12, mostra que os meses que apresentam um maior fator nd, são os meses de novembro a março, e nos demais meses apresenta um fator nd abaixo de 0,040. Como pode ser verificado na Tabela 12, é uma região intermediária, apresentando um nd médio anual de 0,038.

A Região Sudeste, é a mais populosa e com maior concentração populacional do território brasileiro, composta por quatro estados: Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. O Sudeste é a região mais rica do país, com a única megalópole brasileira: São Paulo. Como consequência da expansiva urbanização na região, ela é majoritariamente marcada por uma população urbana, residente em cidades, com grande diversidade étnica e cultural (EMBRAPA, 2021).

O clima tropical predomina no litoral, com temperaturas altas e duas estações bem marcadas: o verão, chuvoso, e o inverno, seco. Nos planaltos, o clima tropical de altitude, com grandes variações de temperatura. A vegetação da Região Sudeste varia de acordo com o clima, mas a maior parte da vegetação dessa região é formada pela Mata Atlântica (Portal EMBRAPA, 2024).

A classificação de Köppen, mostra uma combinação entre os climas do tipo Aw no litoral: clima tropical, com inverno seco, apresentando estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro, e para oeste (região do cerrado) dos tipos Cwa: clima subtropical de inverno seco (com temperaturas inferiores a 18°C) e verão quente e Cwb: clima subtropical de altitude, com inverno seco e verão ameno, ocorrendo nas regiões de altitude mais elevada das serras da Canastra, Espinhaço e Mantiqueira.

Por não apresentar altos volumes de precipitação, como verifica-se na Figura 14, estando atrás somente da Região Nordeste, ela possui um fator nd médio de 0,028, e observa-se pela espacialização da Figura 12, que os meses que possuem um maior fator nd são os meses de dezembro e janeiro e os demais apresentam fator nd entre 0,020 e 0,040.

A Região Sul, é a menor região em extensão territorial, formada por três estados, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O clima predominante é o subtropical e se caracteriza por ter as estações do ano bem diferenciadas, com grandes variações de

temperatura. É a região mais fria do País, onde, durante o inverno, ocorrem geadas e até neve em alguns lugares. Segundo a classificação de Koppen, em quase sua totalidade predomina o clima do tipo Cfa: Clima subtropical, com verão quente.

As temperaturas são superiores a 22°C no verão e com mais de 30 mm de chuva no mês mais seco. Esse tipo de clima predomina no litoral e sul do Rio Grande do Sul, litoral de Santa Catarina, planalto norte e centro-leste do Paraná, bacias dos rios Uruguai e Paraná (Golfari et al., 1978).

Tem a presença do clima do tipo Cfb: clima temperado, com verão ameno, chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca e a temperatura média do mês mais quente não chega a 22°C. Precipitação de 1.100 a 2.000 mm. Geadas severas e frequentes, num período médio de ocorrência de 10 a 25 dias no ano. Esse tipo de clima predomina no planalto do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, na região de Campos do Jordão, no estado de São Paulo (Ventura, 1964).

Possui fator nd médio anual de 0,040, e é o segundo maior entre as regiões, como pode ser constatado na Tabela 12, ficando atrás apenas da Região Norte.

Esse fator alto é devido ao volume de precipitação média anual de 1.702 mm, segundo maior entre as regiões, como pode ser constatado na Figura 14.

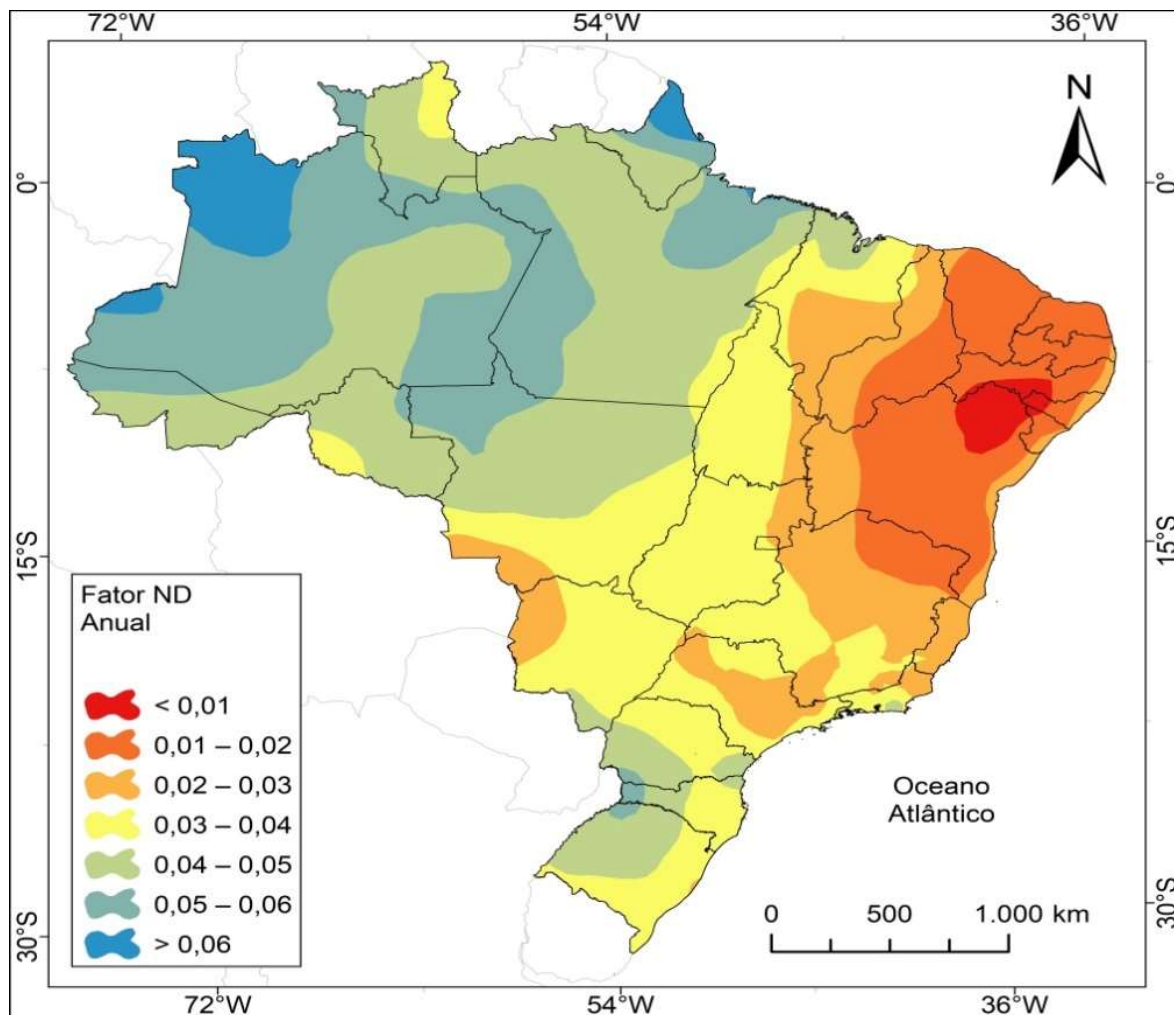
Como o método do DNIT considera o turno de trabalho de 8 horas diárias, logo o fator nd médio para a Região Sul é 0,040 multiplicado por três, resultando em um fator de 0,12, que está coerente com valores de nd apresentados por Mendes (2006) para a Região Sul do Brasil, que indicaram valores de 0,1263, 0,1330 e 0,1545 respectivamente para os estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Esse fator também está de acordo com Back e Coelho (2016), que obtiveram valor de nd de 0,1242 para a cidade de Sombrio, região localizada no extremo Sul Catarinense.

Já Coelho e Back (2015) citam nd de 0,1972 para a cidade de Garuva, no litoral Norte do Estado de Santa Catarina e 0,1803 para a cidade de Abelardo Luz no extremo Oeste do estado de Santa Catarina, demonstrando assim um maior fator nd, comparado ao nd médio deste trabalho para a Região Sul, pois são as regiões com os maiores índices pluviométricos do estado, como podemos observar no mapa de precipitação da Figura 6.

A Figura 11 mostra a espacialização do fator de intensidade de chuva nd anual para todas as regiões do País.

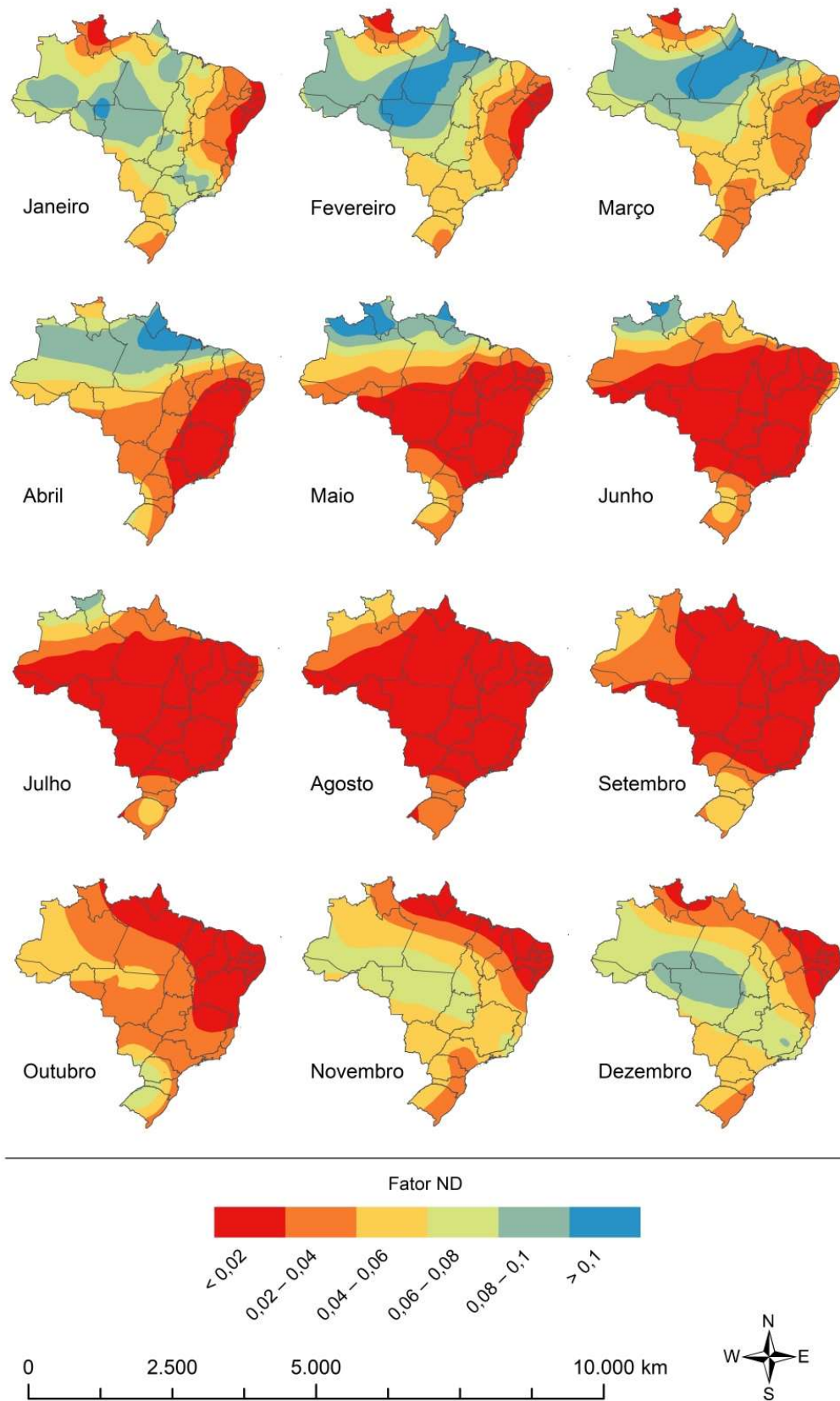
Figura 11: Fator de intensidade de chuva (nd) anual



Fonte: Autor (2024).

Abaixo a Figura 12 apresenta a espacialização do fator de intensidade de chuva para cada mês de todas as regiões do Brasil.

Figura 12: Fator de intensidade de chuva (nd) mensal



Fonte: Autor (2024).

A Tabela 11 mostra o comparativo dos fatores nd médio anual (1999 a 2013) calculados pelo DNIT, com os fatores nd médio anual (1990 a 2022) dessa pesquisa. Fica evidente o aumento dos fatores espacializados neste trabalho comparado aos calculados pelo DNIT, mas ainda assim pode-se constatar que a região que menos tem incidência de chuvas (Nordeste) apresenta menor fator nd e a região que mais tem incidência de chuvas (Norte) apresenta maior fator nd.

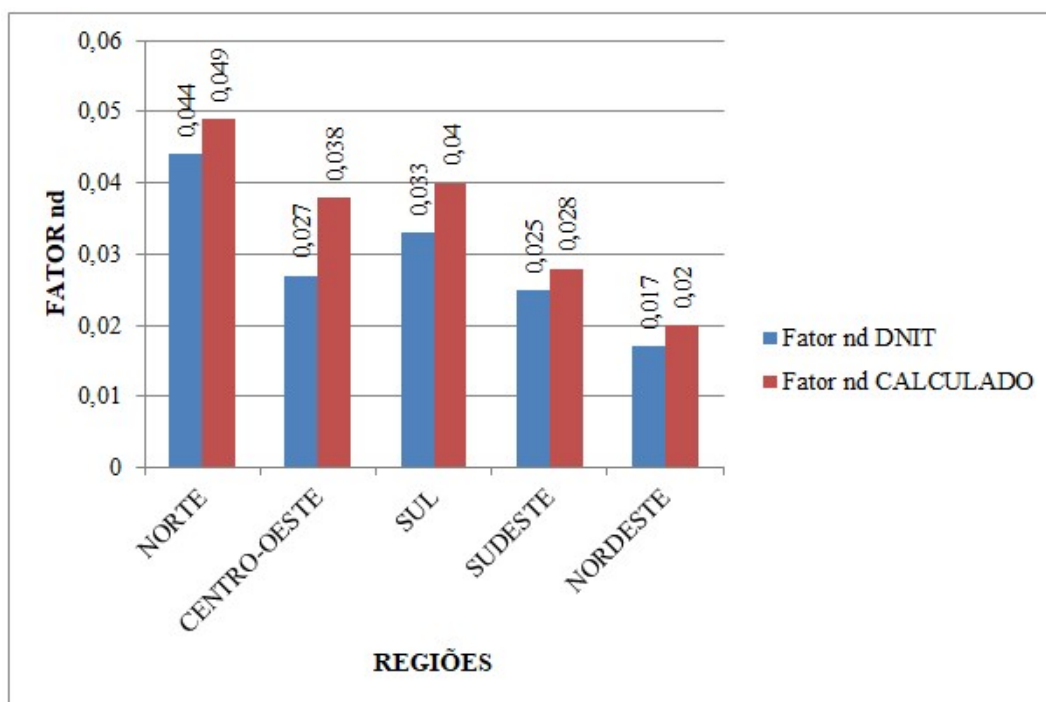
Tabela 11: Comparativo fator nd médio

DNIT				PESQUISA
Região	Unidade da Federação	nd médio por UF	nd médio por região	nd médio por região
Norte	Acre	0,03145	0,044	0,049
	Amapá	0,06041		
	Amazonas	0,05334		
	Pará	0,04583		
	Rondônia	0,04562		
	Roraima	0,03690		
	Tocantins	0,03124		
Centro-Oeste	Distrito Federal	0,02255	0,027	0,038
	Goiás	0,02576		
	Mato Grosso	0,03317		
	Mato Grosso do Sul	0,02682		
Sul	Paraná	0,03459	0,033	0,040
	Rio Grande do Sul	0,02961		
	Santa Catarina	0,03482		
Sudeste	Espírito Santo	0,02475	0,025	0,028
	Minas Gerais	0,02140		
	Rio de Janeiro	0,02580		
	São Paulo	0,02656		
Nordeste	Alagoas	0,01306	0,017	0,020
	Bahia	0,01434		
	Ceará	0,01382		
	Maranhão	0,02748		
	Paraíba	0,01639		
	Pernambuco	0,01647		
	Piauí	0,01796		
	Rio Grande do Norte	0,01143		
	Sergipe	0,02122		

Fonte: Adaptada de DNIT (2017).

Para melhor visualização, a Figura 13 destaca o comparativo por regiões entre o fator nd médio calculado pelo DNIT com o fator nd médio calculado nesta pesquisa. Como já mencionado, para todas as regiões o fator nd calculado no trabalho ficou acima dos valores apresentados pelo DNIT.

Figura 13: Comparativo fator nd por região



Fonte: Autor (2024).

Pode-se constatar ainda que as diferenças variam de 11% para a região Norte (com fator nd obtido neste estudo de 0,049 e fator nd calculado pelo DNIT de 0,044) a 41% para a região Centro-Oeste (com fator nd obtido neste estudo de 0,038 e fator nd calculado pelo DNIT de 0,027).

4.3 ANÁLISE DOS DIAS PARADOS

Os dias efetivamente paralisados em obras de infraestrutura rodoviária no Brasil em função da intensidade das chuvas de acordo com a metodologia do SICRO estão espacializados anualmente conforme a Figura 15 e para cada mês do ano conforme Figura 16. O fator nd anual e mensal das Figuras 11 e 12 respectivamente estão diretamente relacionados

com a quantidade de dias paralisados no ano e no mês, ou seja, quanto maior o fator nd, maior o número de dias parados.

Como já mencionado, o método do DNIT desconsidera os domingos e divide o dia em 3 turnos de 8 horas, dessa forma para impactar em um dia totalmente paralisado (100%), é necessário uma chuva de 60 mm.

Se comparado ao método de Mendes (2006), o método do DNIT se torna menos rigoroso, considerando que pelo método de Mendes uma chuva maior que 20 mm já implica na paralisação total de um dia de trabalho.

Observa-se pelo mapa de precipitação (Figura 6) que a Região Nordeste é a que apresenta os menores volumes de chuva anual (em média 986,52 mm), conseqüentemente apresenta um menor número de dias paralisados do ano, como pode ser verificado na Figura 14. A região tem em média 7,20 dias paralisados no ano devido às chuvas.

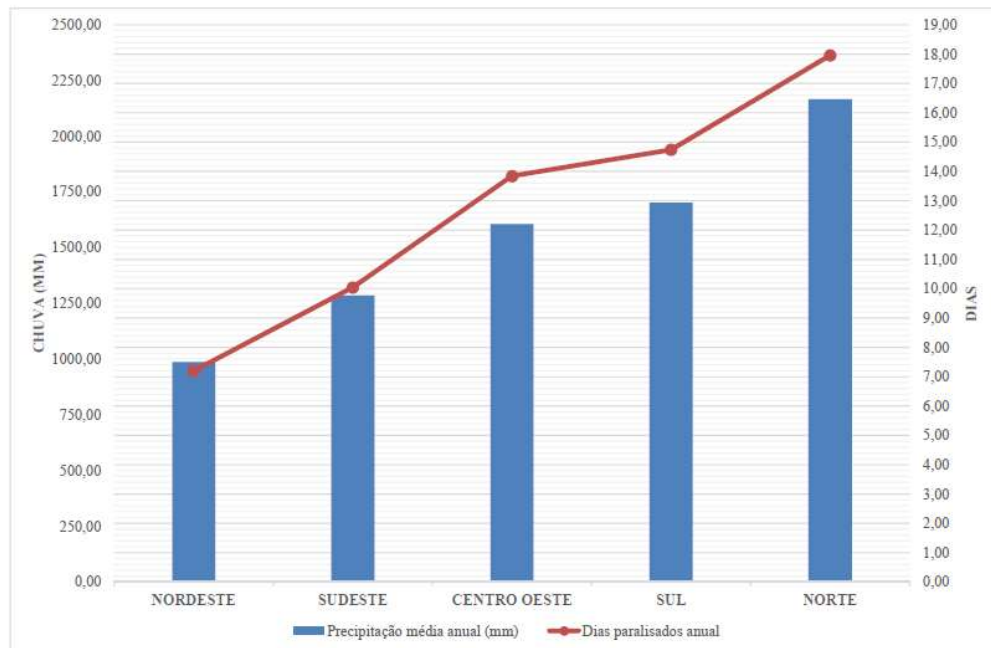
Já a Região Norte do país, que na sua grande maioria esta inserida no Bioma Amazônico e constituída principalmente pela floresta equatorial, apresenta em média 17,96 dias paralisados no ano (Figura 14). Podemos constatar também que é a região que mais chove no país, apresentando volumes anuais em média de 2165,8 mm.

Percebe-se que no período de dezembro a maio são os meses que apresentam o maior número de dias paralisados na Região Norte. Dezembro, janeiro e fevereiro atingem as Regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste, e de março a maio, o maior número de dias paralisados se concentra na Região Norte. Observa-se ainda que no mês de novembro há uma faixa no sentido Noroeste-Sudeste (Figura 16) em que o número de dias paralisados se mantém praticamente uniforme de 1,6 a 2.

Para a Região Sul do Brasil, constata-se que o número de dias parados anual obtidos nessa pesquisa foi de 14,7. Se comparado ao método de Mendes (2006) utilizado por Back (2023), que indica a média anual de 51,8 dias para a região de Capinzal no estado de Santa Catarina, o resultado dessa pesquisa está coerente, pois o valor de 14,7 é para um turno de 8 horas, e o método de Mendes (2006) considera o dia de 24 horas, sendo assim se multiplicarmos 14,7 dias por 3 turnos, obteremos 44,1 dias parados no ano.

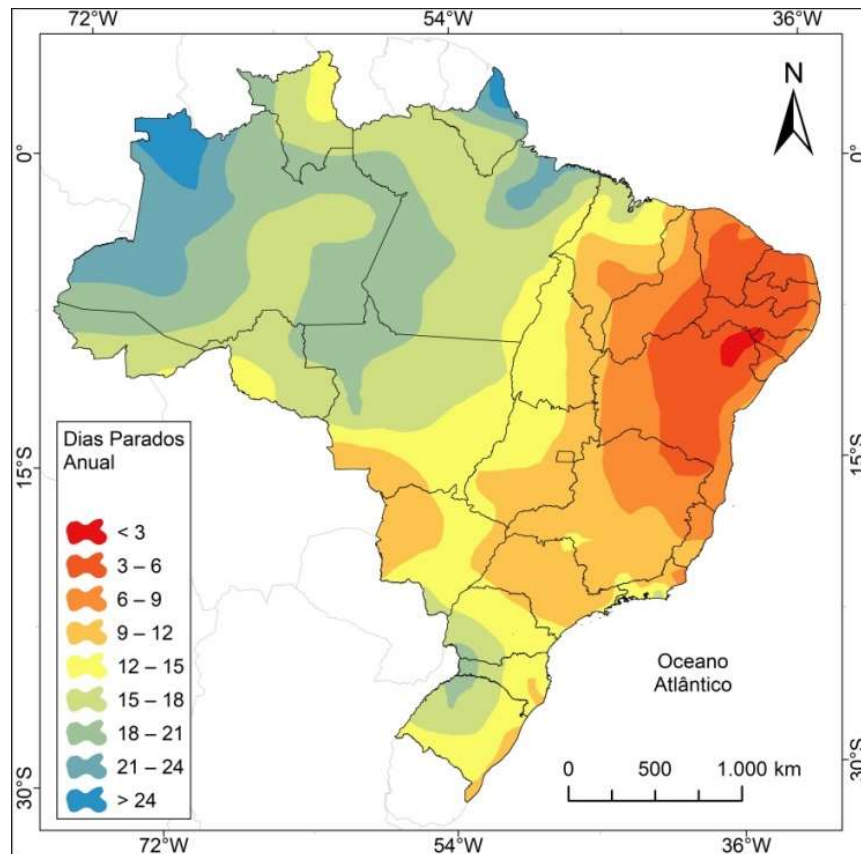
A Figura 14 mostra a correlação entre as regiões geográficas, média da precipitação anual e média dos dias paralisados no ano. Evidencia o comportamento por região dos dias paralisados e da precipitação anual, ou seja, nas regiões com menor volume de precipitação como é constatado na Região Nordeste, tendem a ter um menor número de dias paralisados e regiões com maior volume de precipitação, tendem a apresentar um maior número de dias parados.

Figura 14: Relação chuva e dias paralisados



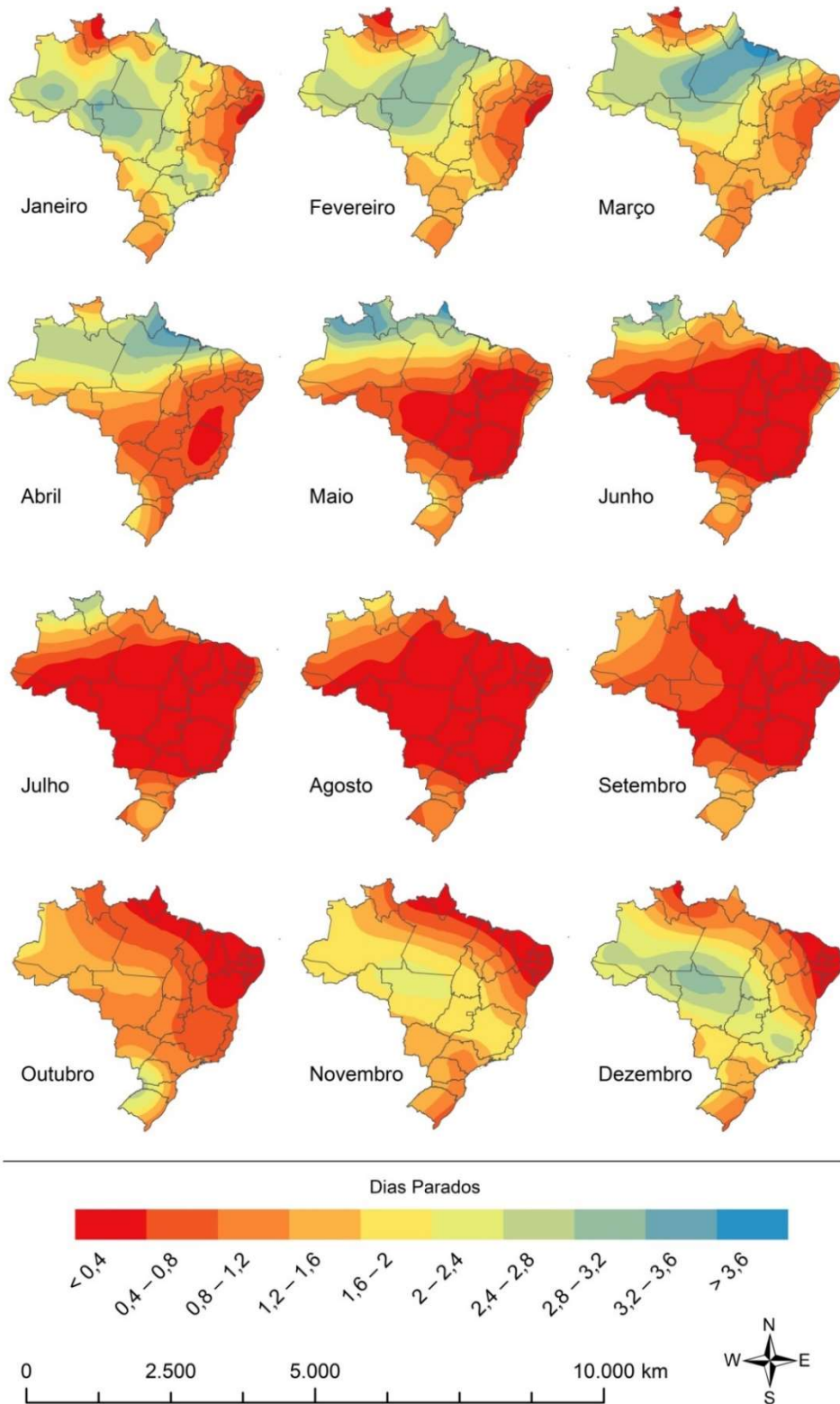
Fonte: Autor (2024).

Figura 15: Dias paralisados no ano



Fonte: Autor (2024).

Figura 16: Dias paralisados no mês



Fonte: Autor (2024).

Abaixo um exemplo de aplicação de como o fator nd, juntamente aos outros três fatores já citados (natureza da atividade, permeabilidade do solo, escoamento superficial) impacta diretamente no custo unitário de execução de um determinado serviço. Neste exemplo é utilizado o fator nd calculado pelo DNIT que resultou no valor do fator FIC para cada unidade federativa como mostra a Figura 17.

Esta sendo considerada uma rodovia com extensão de 10,00 km e largura de 12 m, resultando em uma área a ser regularizada de 120.000 m².

Figura 17: Comparativo de custos por região

Composição:	4011209				
Serviço:	Regularização do subleito				
Data base:	JANEIRO/2024				
Região:	NORIE	NORDESTE	CENTRO-OESTE	SUDESTE	SUL
Estado:	Amapá	Rio G. do Norte	Distrito Federal	Minas Gerais	Santa Catarina
Custo unitário de execução (MO+equip) por m²	R\$ 1,1554	1,1566	1,1155	1,1277	1,1090
Fator FIC	0,0643	0,0106	0,0224	0,0204	0,0395
Custo do FIC por m²	R\$ 0,0743	R\$ 0,0122	R\$ 0,0250	R\$ 0,0230	R\$ 0,0438
Custo total do FIC na obra:	R\$ 8.916,00	R\$ 1.464,00	R\$ 3.000,00	R\$ 2.760,00	R\$ 5.256,00

Fonte: Autor (2024).

Pode-se observar e comprovar que em regiões que chovem mais, como é o caso da região norte, o fator nd será maior, assim como a quantidade de dias paralisados, gerando um Fator de Influência de Chuvas maior e conseqüentemente um custo final de execução agregado maior. Se uma empresa fosse executar esse serviço na região Norte, custaria a ela o valor de R\$ 8.916,00.

Se a mesma empresa fosse executar o mesmo serviço na região Nordeste, onde ficou evidenciado que o fator nd e a quantidade de dias paralisados são menores, o custo para execução seria de R\$ 1.464,00.

A Figura 18 mostra como é a composição de preço unitário – CPU de nº 4011209 – Regularização de subleito que foi extraída das tabelas do SICRO com data base janeiro de 2024. A composição é dividida em custo horário dos equipamentos, custo horário de mão de obra, custo horário de execução, materiais, atividades auxiliares e transporte, que compõem o custo unitário direto final do serviço.

Figura 18: Modelo das composições de preço do SICRO

CGCIT		Santa Catarina Janeiro/2024		FIC 0,03946		Produção da equipe 1.121,33 m ²		DNIT	
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO									
Custo Unitário de Referência									
4011209 Regularização do subleito								Valores em reais (R\$)	
A - EQUIPAMENTOS		Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total		
			Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo			
E9571	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	2,00000	0,51	0,49	325,0471	84,4711		414,3297	
E9518	Grade de 24 discos rebocável de D = 60 cm (24")	1,00000	0,69	0,31	4,5488	3,1677		4,1207	
E9524	Motoniveladora - 93 kW	1,00000	0,71	0,29	281,8874	122,6215		235,7003	
E9762	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,96	0,04	250,5515	121,8786		245,4046	
E9685	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido por pneus de 11,6 t - 82 kW	1,00000	1,00	0,00	210,0962	93,1212		210,0962	
E9577	Trator agrícola sobre pneus - 77 kW	1,00000	0,69	0,31	139,7864	49,3301		111,7449	
							Custo horário total de equipamentos	1.221,3964	
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total			
P9824	Servente	1,00000	h	22,1447		22,1447			
							Custo horário total de mão de obra	22,1447	
							Custo horário total de execução	1.243,5411	
							Custo unitário de execução	1,1090	
							Custo do FIC	0,0438	
							Custo do FIT	-	
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário			
							Custo unitário total de material		
D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário			
							Custo total de atividades auxiliares		
							Subtotal	1,1528	
E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário		
							Custo unitário total de tempo fixo		
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	LN	DMT	RP	P	Custo Unitário	
							Custo unitário total de transporte		
							Custo unitário direto total	1,15	

Obs:

Fonte: Adaptado de DNIT (2024).

5 CONCLUSÃO

A determinação do fator nd é de extrema importância para elaboração de projetos de infraestrutura rodoviária, visto que reflete diretamente nos custos de mão de obra e equipamentos na etapa de execução.

O método do DNIT apresenta valores médios de nd por região do Brasil usando um pequeno número de estações pluviométricas da rede de estações da ANA, indicando valores de nd médio para definir o valor do FIC na composição de preço unitário. O período adotado pelo órgão está defasada, não considerando o incremento de chuvas intensas, uma consequência clara das mudanças climáticas em obras de infraestrutura.

No estudo foram usados dados diários de precipitação de 1347 estações pluviométricas da rede hidrológica da ANA no período de 1990 a 2022.

Na espacialização das estações pluviométricas, verifica-se que as regiões que mais concentram estações são a Região Sul e Sudeste. Pode-se constatar que na Região Norte as estações estão bem dispersas, e o Estado do Tocantins assim como o do Paraná, tem poucas estações.

Pode-se observar a variação do fator nd nos diferentes tipos climáticos, com nd variando diretamente com a precipitação total e dias de chuva. A Região Sul apresenta um clima temperado com verão brando a quente e um inverno brando a rigoroso, com a presença de chuvas em praticamente todo o ano. Nessa região o nd varia de 0,029 a 0,053 com média de 0,040. As Regiões Centro-Oeste e Norte apresentam um clima que varia de tropical chuvoso com invernos secos a um clima equatorial sendo úmido o ano todo. Na região Centro-Oeste o nd varia de 0,025 a 0,056 com média de 0,038. Já na Região Sudeste caracteriza-se pela mistura de um clima temperado equatorial úmido e tropical chuvoso de verões quentes e frescos e invernos secos, possuindo estações bem definidas. Nessa região o nd varia de 0,015 a 0,046 com média de 0,028. E na Região Norte vai desde o clima árido com verões quentes e secos com precipitações menores que 500 mm/ano até regiões tropicais chuvosas. Nessa região o nd varia de 0,025 a 0,074 com média de 0,049.

Os resultados obtidos nesse estudo apresentam valores médios superiores aos indicados pelo DNIT, com diferenças que variam de 11% para a Região Norte a 41% para a Região Centro-Oeste.

Os resultados obtidos na pesquisa evidenciaram claramente que as regiões com os menores volumes de precipitação tendem a ter um menor número de dias paralisados.

Quanto mais chove em uma determinada região, maior será o fator nd, maior será o número de dias paralisados e conseqüentemente implicará em um custo de execução maior.

Foram apresentados mapas com valores de dias parados por ano e também valores mensais, que podem ser usados no planejamento e gerenciamento das obras rodoviárias para o Brasil. O uso destes valores para outras áreas deve considerar o turno de trabalho, uma vez que no método do DNIT é considerado somente 8 horas diárias.

Salientamos que essa pesquisa pode contribuir generosamente em estudos aplicados não só na área da engenharia rodoviária, mas em diversas outras áreas técnicas. Recomenda-se aprofundar os estudos com relação aos dias parados, avaliando os critérios e limites de chuva para a definição dos dias parados bem como a inclusão do turno de trabalho.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA . Hidroweb: Sistemas de Informações Hidrológicas. Available at: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Access on: Jun. 24, 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Ministério do Desenvolvimento Regional. **Mudanças climáticas e recursos hídricos**. c2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/mudancas-climaticas-recursos-hidricos>. Acesso em: 13 nov. 2023.
- ALONSO, U. R. Rebaixamento temporário de aquíferos. São Paulo: TECNOGEO/GEOFIX, 1999. 131 p.
- ANDRADA, Bruno Lima Caldeira de; LONGO, Orlando Celso. Hipóteses de incidência de custos de extensão de prazo em contratos administrativos sob a ótica do controle externo. *Jus Navigandi*, Teresina, ano 13, n. 1696, 22 fev. 2008.
- ANDRADE JÚNIOR, Anderson Soares de *et al.* Classificação climática e regionalização do semi-árido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 36, n. 2, p. 143-151, 2005
- ARAÚJO, Nelma Mirian Chagas de; MEIRA, Gibson Rocha. **O Papel do Planejamento, Interligado a um Controle Gerencial, nas Pequenas Empresas de Construção Civil**. Anais do 18º Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, 1998.
- ARAÚJO, L. E. DE et al. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, p. 162–169, 1 jun. 2008.
- ARQUITETURA & CONSTRUÇÃO. Obras no Período de Chuvas. Jan 1997.
- ÁVILA, E. S. de. **Impactos de regulações ambientais sobre o transporte de cargas no Brasil: uma análise para o transporte de soja**. 2016. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2016.
- BACK, Á. J. Chuvas intensas e chuva para o dimensionamento de estruturas de drenagem para o estado de Santa Catarina. Florianópolis: EPAGRI, 2013. 197 p.
- BACK, A. J. et al. Erosivity index for Brasil based on climatological normals from 1991 to 2020. lume.ufrgs.br, 2023.
- BACK, Alvaro; BACK, Beatriz; BACK, Luisa. Probabilidade de Dias Parados em Obras de Engenharia em Função das Chuvas da Região de Capinzal, Santa Catarina. **XV SBCG: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, Unicentro, Guarapuava/PR, p. 910 - 921, 2023.
- BARRETO, Gustavo Braga; DE ANDRADE, João Vítor Angola; COSTA SILVA, Matheus Henrique; DE CARVALHO, Thiago Dothling. Impacto das chuvas dentro de um contexto histórico em obras na Região de Belo Horizonte – MG. **Impacto das chuvas dentro de um contexto histórico em obras na Região de Belo Horizonte – MG**, [s. l.], 2023.

BIGARELLA, J. J. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. v3. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003. pg. 877 – 1436: il.

BOEHM, S.; SCHUMER, C. 10 conclusões do Relatório do IPCC sobre Mudanças Climáticas de 2023. www.wribrasil.org.br, 24 mar. 2023.

BRASIL, **Lei nº 14.133**, de 01 de abril de 2021. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/14133.htm>. Acesso em: 26 ago. 2024.

CEMADEN. **Pluviômetros**. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, São Paulo: 2013. Disponível em: <<http://www2.cemaden.gov.br/o-que-sao-pluviometros/>>. Acesso em: 26 ago. 2024.

CEON. **Tipos de Clima**. Disponível em: <<https://atlascolar.ibge.gov.br/mundo/2990-dinamica-dos-climas/clima-e-correntes-maritimas/21613-tipos-de-clima.html>>. Acesso em: 26 jun. 2024.

CERVO, Amado Luiz, BERVIAN, Pedro Alcino. Metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2019**. Brasília: CNT, 2019. 236 p.

CNTLL. Confederação Nacional dos Trabalhadores em Transporte e Logística: Modal rodoviário 2020. Disponível em: <https://cntll.org.br/modal-rodoviario>. Acesso em: 14 nov. 2023.

COELHO, D. M.; BACK, A.J. **Estimativa dos dias parados em obras de engenharia em função da chuva**. Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2015. 15 p.

DE SOUZA, G. et al. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite **Classificação Climática de Köppen e de Thornthwaite e sua Aplicabilidade na Determinação de Zonas Agroclimáticas para o estado de São Paulo (1)**. v. 4, p. 711–720, 2007.

DE SOUZA, W.; CORREA, C. **Universidade Federal Do Espírito Santo Centro De Ciências Humanas E Naturais Departamento De Geografia Comportamento Dos Elementos Climáticos, Temperatura E Precipitação, No Município De Vitória (Es) No Período De 1978 A 2007**. [s.l: s.n.], 2020. Disponível em: <<https://geo.ufes.br/sites/geografia.ufes.br/files/field/anexo/Wesley.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2024.

DE, M.; SILVEIRA, H. **Aplicação De Sistemas De Classificação Climática Para A Bacia Hidrográfica Do Rio Pirapó - Pr**. Formação (Online), v. 1, n. 20, 2013.

Departamenro Nacional De Infraestrutura De Transportes. Disponível em:<<https://dados.gov.br/dados/organizacoes/visualizar/departamento-nacional-de-infraestrutura-de-transportes-dnit>>. Acesso em: 14 nov. 2023.

DNIT. **Lança novo Sistema de Custos Referenciais de Obras -SICRO**. Disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/noticias/dnit-lanca-novo-sistema-de-custos-referenciais-de-obras-sicro>>. Acesso em: 15 nov. 2023.

EL-RAYES, K.; MOSELHI, O. Optimizing Resource Utilization for Repetitive Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, 127(1), 18–27, 2001.

EMBRAPA. Região Sudeste. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/contando-ciencia/regiao-Sudeste>>. Acesso em: 27 ago. 2024.

FORMENTINI, Letícia. **Análise dos fatores que afetam a programação de obras: estudo de caso na cidade de Toledo-PR**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

FORMOSO, Carlos Torres. **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001, 50 p.

GALATTO, Sérgio Luciano; SOUZA, Gabriel da Silva; BACK, Álvaro José. Index of rain aggressiveness and erosivity in different climate types in Brazil. **Concilium**, [S.L.], v. 23, n. 6, p. 169-183, 27 abr. 2023. Uniao Atlantica de Pesquisadores. <http://dx.doi.org/10.53660/clm-1119-23d28>.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 1999.

GOLBERT, F D.; L'ASTORINA, H C. **método de avaliação técnica para concessão de aditivos em contratos de obras públicas decorrentes de chuvas excepcionais**. 2011.

GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil: segunda aproximação. Série técnica PRODEPEF, Brasília, n. 11, p. 1 - 66, 1978.

GRECO, J. A. S. Cargas Rodoviárias e Tráfego, Construção de Estradas e Vias Urbanas. 2012

GRIMM, Alice Marlene. **Material básico de estudo para os alunos da Disciplina Meteorologia Básica da Universidade Federal do Paraná**. 1999. Disponível em: <http://fisica.ufpr.br/grimm/>. Acesso em 07 ago. 2024.

HIDROWEB. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>>. Acesso em: 07 ago. 2024.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Mesorregião e Microregião 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am.html>> Acesso em: 13 nov. 2023.

IBGE | **Brasil em síntese | território | divisão política**. Disponível em: <<https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio/divisao-politica.html>>. Acesso em: 26 jun. 2024.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia Física. 2004. Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE.

Introdução À Orçamentação De Obras Rodoviárias, Módulo 1 Considerações Gerais.

[s.l: s.n.]. Disponível em:

<https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/7644/4/M%C3%B3dulo%201%20-%20Considera%C3%A7%C3%B5es%20Gerais%20%281%29.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2024.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

LACERDA, S. M. (2005). Investimentos nos Portos Brasileiros: Oportunidades da Concessão da Infraestrutura Portuária. Rio de Janeiro: BNDES Setorial, n. 22;

Laurance, Bill. **Global ‘Roadmap’ Shows Where To Put Roads Without Costing The Earth**. The Conversation. Ago. 2014. Disponível Em: [Http://Theconversation.Com](http://Theconversation.Com).

Lei n. 8.666, de 21 de junho de 1993. Normas para licitações e contratos da Administração Pública. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 junho de 1993. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8666cons.htm>. Acesso em: 16 nov. 2023.

Lopes, Y, C. **Transporte De Produtos Agrícolas E A Otimização De Seus Resultados**. Fundação Educacional Do Município De Assis – Fema – Assis, 2015. Disponível Em: [Https://Cepein.Femanet.Com.Br/Bdigital/Arqtccs/1211390278.Pdf](https://Cepein.Femanet.Com.Br/Bdigital/Arqtccs/1211390278.Pdf).

Manual de Custos de Infraestrutura de Transporte, 1º edição – Volume 06: Fator de Influência de Chuvas, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria Geral, Diretoria Executiva, Coordenação Geral de Custos de Infraestrutura de Transportes, Brasília, 2017.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M. Avaliação de atributos físicos de um latossolo vermelho distroférico sob diferentes povoamentos florestais. Revista Cerne, Lavras, v. 8, n. 1, p. 32-41, 2002.

MATTOS, A. D. **O impacto das chuvas no planejamento**. Blogs Pini. 19 de Maio de 2015. Disponível em: <http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/o-impacto-das-chuva-no-planejamento-347771-1.aspx>. Acesso em: 16 nov. 2023.

MATTOS, Aldo Dórea. **Gestão de Custos de Obra: Conceitos, boas práticas e recomendações**. São Paulo: Editora Pini 2016.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. 46-48, 2012.

MCTI - **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações**. Disponível em: <https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/ciencia_do_clima/painel_in_tergovernamental_sobre_mudanca_do_clima.html>. Acesso em: 26 jun. 2024.

MENDES, O. R.. **Influência das Chuvas em Obras de Engenharia**. 2006.

MESQUITA, M.G.B.F. Caracterização estatística da condutividade hidráulica saturada do solo. 2001. 110 f. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

MUIANGA, E. A. D.; GRANJA, A. D.; RUIZ, J. DE A. **Desvios de custos e prazos em empreendimentos da construção civil: categorização e fatores de influência.** *Ambiente Construído*, v. 15, n. 1, p. 79–97, mar. 2015.

NASCIMENTO, Nunes. Cronograma físico-financeiro. *Revista Obras Civis*, v. 4, n. 1, p. 46-48, 2012.

Normais Climatológicas Do Brasil 1991 A 2020. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/NORMAISCLIMATOLOGICAS.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2024.

O Estudo Meteorológico Aplicado Para Otimização De Projetos Da Construção Civil - Rodrigues, Wagner e Prof. Ma. Candida Maria Costa Baptista, Universidade São Francisco

OLIVEIRA, Sílvio Luiz de. Metodologia científica aplicada ao direito. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002 p.62.

PEREIRA, D. C.; DUARTE, L. R.; SARMENTO, A. P. Determinação da curva de intensidade, duração e frequência do município de Ipameri – Goiás. *REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, Goiás, v. 13, n. 2, p. 233-246, 2017. DOI: 10.5216/reec.v13i2.43330.

PEREIRA, D. C.; DUARTE, L. R.; SARMENTO, A. P. Determinação Da Curva De Intensidade, Duração E Frequência Do Município De Ipameri – Goiás. *REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v. 13, n. 2, 17 ago. 2017.

Pesquisa CNT de Rodovias. 2023. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/>>. Acesso em: 28 ago. 2024.

PIRES, A.S. **Planejamento De Obras Rodoviárias Rodoanel – Trecho Sul – Lote 4.** 2007.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2. ed. Novo Hamburgo, RS: FEEVALE, 2013. 276.

PRUSKI, F.F.; BRANDÃO, V.S., SILVA, D.D. Escoamento superficial. Viçosa: UFV, 2003, 88 p.

RAMOS, A. M.; Santos, L. A. R. dos; Fortes, L. T. G. (Org.). 2009. Normais climatológicas do Brasil 1961-1990. Rev. e ampl. Brasília, DF: INMET, 465 p.

Região Centro-Oeste - Portal Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/contando-ciencia/regiao-centro-oeste>>. Acesso em: 22 jun. 2024.

RODRIGUES, Wagner. O estudo meteorológico aplicado para otimização de projetos da construção civil. **O estudo meteorológico aplicado para otimização de projetos da construção civil**, [s. l.], 2020.

Rolim, Glauco de Souza; Camargo, Marcelo Bento Paes de; Lania, Daniel Grosseli; Moraes, Jener Fernando Leite de. 2007. **Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo**. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400022>.

SALOMÃO, P. E. A. et al. Impactos ambientais gerados pela construção e operação de rodovias. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 10, p. 01-24, 2019.

Sustainable Development Goal 13: Ação contra a mudança global do clima | As Nações Unidas no Brasil. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/13>>.

SANTOS SILVA, Cyntia *et al.* Metodologia para avaliação de pleitos de construção decorrentes de prejuízos causados por chuvas. **XXII COBREAP**, [S. l.], p. 1 - 27, 11 set. 2023.

SILVA, S. R. DA; ARAÚJO, G. R. D. S. Algoritmo para Determinação da Equação de Chuvas Intensas (Algorithm to Determine the Equation of Intense Rain). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 5, p. 1371, 18 dez. 2013.

SILVA, R. R. DA; BACHA, C. J. C. Acessibilidade e aglomerações na Região Norte do Brasil sob o enfoque da Nova Geografia Econômica. **Nova economia (Belo Horizonte, Brazil)**, v. 24, n. 1, p. 169–190, 2014.

SILVA, Luiz Fernando Soggia Soares da. **Metodologia de reequilíbrio econômico-financeiro aplicada a contratos de arrendamento do setor portuário brasileiro** / L. F. S. S. Silva – São Paulo, 2015. 144 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica.

SILVA, D. D. et al. Equações de intensidade-duração-frequência da precipitação pluvial para o Estado de Tocantins. **Engenharia na Agricultura**, v. 11, n. 4, p. 1-8, 2003.

VARALLA, R. **Planejamento e Controle de Obras**. O nome da Rosa editora. 118 págs. São Paulo: 2003.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. Versão digital. Recife. PE. Brasil. 2005.

VENTURA, A. Problemas técnicos da silvicultura paulista. **Silvicultura em São Paulo**, v.3, p.61-80, 1964.

VIANELLO, R. L. e ALVES, R. A. Meteorologia Básica e Aplicações. Viçosa, UFV. Impr. Univ. 1991. (<https://geo.ufes.br/sites/geografia.ufes.br/files/field/anexo/Wesley.pdf>)