



**UFC**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CAMPUS RUSSAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**GUILHERME MOREIRA DA SILVA**

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DAS PONTES DO ESTADO DO CEARÁ**

**RUSSAS  
2022**

GUILHERME MOREIRA DA SILVA

MAPEAMENTO E ANÁLISE DAS PONTES DO ESTADO DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Graduado em Engenharia Civil. Área de concentração: Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Esequiel Fernandes  
Teixeira Mesquita

Co-orientador: Eng. Israel Nilton Lopes  
Sousa

Russas

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S58m Silva, Guilherme Moreira da.  
Mapeamento e análise das pontes do Estado do Ceará / Guilherme Moreira da Silva. –  
2022.  
118 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus  
de Russas, Curso de Engenharia Civil, Russas, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita.

Coorientação: Prof. Israel Nilton Lopes Sousa□□□.

1. Pontes. 2. Degradação. 3. Mapeamento de danos. I. Título.

CDD 620

---

GUILHERME MOREIRA DA SILVA

MAPEAMENTO E ANÁLISE DAS PONTES DO ESTADO DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Graduado em Engenharia Civil. Área de concentração: Engenharia Civil

Aprovada em:06/12/2022.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita  
(Orientador) Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Jerfson Moura Lima  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Esp. Alênio Cesar Leitão Costa  
Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT)

Dedico este trabalho a minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por me permitir concluir essa etapa importantíssima de minha vida com saúde e ao lado de meus familiares.

Aos meus pais, Ivonilza e Luciano, e a minha irmã, Sophia por todo apoio e paciência, colocando diversas vezes as minhas necessidades e conforto acima dos deles. Sem eles, nada do que conquistei até aqui seria possível.

À Aylla Moreira, pelo apoio intermitente, paciência, carinho, companheirismo e tudo aquilo que conquistamos juntos.

À todos os familiares que me apoiaram com ações e palavras, e por sempre acreditarem em mim.

Aos meus amigos, Gustavo Henrique, Joana Nara, Karina Fernandes e Jaiza Lima, que compartilharam comigo todos os momentos bons, por estarem comigo em todos os momentos ruins e por terem uma relação verdadeira de amizade além da faculdade.

Ao Prof. Dr. Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita, por todo apoio durante a graduação, o compartilhamento de conhecimento, a paciência e a dedicação para com a prosperidade do curso de Engenharia Civil.

À todos os amigos que me deram alegria e que me ajudaram a superar os meus desafios.

Aos meus vizinhos Edson Luiz e Mineiro Neto, que se tornaram minha segunda família, sempre presentes em todos os momentos.

Aos meus professores e professoras pelo comprometimento, empenho e contribuições a minha formação profissional.

*“Se eu vi mais longe,  
foi por estar sobre ombros  
de gigantes.”*  
*(Sir Isaac Newton)*

## RESUMO

O monitoramento das pontes existentes em um estado é um fator imprescindível para viabilizar que sejam realizadas as manutenções e as reformas necessárias em suas estruturas, sendo, portanto, uma medida fundamental para garantir uma infraestrutura adequada à população. Ocorre que há uma dificuldade de se encontrar informações sobre as pontes existentes no Estado do Ceará, principalmente, no que se refere a dados técnicos das pontes estaduais. Diante disso, o presente trabalho buscou coletar material necessário para mapear as pontes Federais e Estaduais do aludido Estado. Para isso, foi necessário verificar como ocorre o acompanhamento da situação das pontes, analisando como funciona um software de geoprocessamento, software QGIS, examinando os dados coletados, extraindo as informações pertinentes e averiguando a forma mais clara e objetiva de expor tais dados. Frente aos resultados obtidos, foram desenvolvidos mapas para facilitar a visualização das pontes federais e estaduais do estado do Ceará. Assim, foi possível a identificação das referidas pontes, estabelecendo as localizações, as datas de construção e a localização em referência a agressividade ambiental de cada região em que estão inseridas. Além disso, no referido mapeamento, foram consideradas as zonas de agressividade ambiental, baseando-se, para tanto, em estudos sobre o comportamento de diversos materiais expostos ao ambiente em estações de controle, os quais confirmam que a faixa litorânea do Estado do Ceará, possui uma atmosfera altamente agressiva. Por fim, optou-se por fornecer um mapa interativo, disponível em um Website, a fim de prover melhor experiência na visualização dos dados, contando com links que disponibilizam os mapas resultados deste trabalho e com todo o material que foi utilizado para construí-los. Como resultado, o trabalho tornou a pesquisa e o estudo sobre as pontes do Estado do Ceará fácil e intuitiva.

**Palavras-chave:** Pontes, mapeamento de danos, degradação.

## **ABSTRACT**

Monitoring existing bridges in a state is an important factor to enable the necessary maintenance and renovations to be carried out in their structures, and is therefore a fundamental measure to guarantee an adequate infrastructure for the population. It happens that there is a difficulty in finding information about the existing bridges in the State of Ceará, mainly, with regard to technical data of the state bridges. In view of this, the present work sought to collect the necessary material to map the Federal and State bridges of the aforementioned State. For this, it was necessary to verify how the monitoring of the situation of the bridges occurs, analyzing how a geoprocessing software, QGIS software, examining the collected data, extracting the pertinent information and verifying in a clearer and more objective way to expose such data. In view of the results obtained, maps were combined to facilitate the visualization of federal and state bridges in the state of Ceará. Thus, it was possible to identify these bridges, establishing the locations, construction dates and location in reference to the environmental aggressiveness of each region in which they are located. In addition, in said mapping, zones of environmental aggressiveness were considered, based on studies on the behavior of various materials exposed to the environment in control stations, which confirm that the coastal strip of the State of Ceará, has a highly aggressive atmosphere. Finally, it was decided to provide an interactive map, available on a website, in order to prove a better experience in data visualization, with links that make available the maps resulting from this work and with all the material that was used to build them. . As a result, the work made the research and study about bridges in the State of Ceará easy and intuitive.

**Keywords:** Bridges, damage mapping, degradation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Demonstração do Google Maps	19
Figura 2 - Demonstração do Google Earth	20
Figura 3 - Fluxograma metodologia	22
Figura 4 - Ponte em arco de pedra Romana de Alcântara	25
Figura 5 - Ponte sobre o rio Aripuanã, Mato Grosso-Brasil	26
Figura 6 - Ponte sobre o Canal de Erie em Nova York	26
Figura 7 - Ponte sobre o Rio Zhijinghe, na China	27
Figura 8 - Exemplo de Ponte Pênsil, Ponte de São Vicente 1914 - São Paulo	27
Figura 9 - Exemplo de ponte estaiada, viaduto de Millau-China	28
Figura 10 - Esquema de locação do eixo de uma ponte com base afastada	30
Figura 11 - Esquema de locação do eixo de uma ponte com duas bases	30
Figura 12 - Esquema de locação do eixo de uma ponte com ponto central de apoio.	30
Figura 13 - Estrutura geral de uma ponte	31
Figura 14 - Veículo trem tipo padrão TB-450 NBR 7188 (2013)	33
Figura 15 - Fissura típica de assentamento plástico	36
Figura 16 - Fissuras típicas de retração plástica do concreto	37
Figura 17 - Fissuras precoces	37
Figura 18 - Ponte Ubá BR-153	39
Figura 19 - Avanço da corrosão por carbonatação em uma estrutura de concreto armado	41
Figura 20 - Interface do SGO	42

Figura 21 - Fluxograma da metodologia do DNIT	43
Figura 22 - Ponte sobre o rio Juá (IFOCS,1929)	51
Figura 23 - Ponte sobre o rio Aracati-Assu (IFOCS,1929)	52
Figura 24 - Ponte sobre o riacho Frio (IFOCS,1929)	52
Figura 25 - Ponte sobre o rio Acaraú - Ponte Othon Alencar	52
Figura 26 - Construção da Ponte sobre o rio Curú	53
Figura 27 - Logo QGIS	62
Figura 28 - Mapa do Ceará: Corrosividade TSU 80 em função dos micro climas	62
Figura 29 - Camadas vetoriais utilizadas no trabalho	63
Figura 30 - Agressividade ambiental no Estado do Ceará	64
Figura 31 - Ambiente de desenvolvimento Qgis	64
Figura 32 - Plugin qgis2web	65
Figura 33 - Interface do Vscod	65
Figura 34 - Mapa de agressividade em conjunto com os dados das pontes Federais, segundo vistoria do DNIT 2018	67
Figura 35 - Mapa de agressividade em conjunto com os dados das pontes Federais em condição problemática, segundo vistoria do DNIT 2018	68
Figura 36 - Mapa de agressividade em conjunto com os dados das pontes Estaduais	69
Figura 37 - Localização das pontes de acordo com a idade e mesorregião	71
Figura 38 - pontes construídas até 1959	72
Figura 39 - Pontes construídas durante a década de 1960	73
Figura 40 - Pontes construídas durante a década de 1970	74
Figura 41 - Pontes construídas durante a década de 1980	75

Figura 42 - Localização das pontes Federais de acordo com as idades e zona de agressividade	76
Figura 43 - Interface do Website	77
Figura 44 - Mapa interativo aproximado	77
Figura 45 - Página dos mapas	78

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quantidade de pontes por década	50
Gráfico 2 - Quantidade de OAE por nota de inspeção	55
Gráfico 3 - Quantidade de pontes por tipo de estrutura	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de acidentes de pontes por causa de 1970 a 2019	16
Tabela 2 - Grau de deterioração mediante o microclima	32
Tabela 3 - Alguns sistemas de gerenciamento no mundo	44
Tabela 4 - Quantidade de pontes por década	49
Tabela 5 - Correlações entre as notas atribuídas e a categoria dos problemas estruturais detectados nas inspeções de pontes rodoviárias	53
Tabela 6 - Condições das pontes federais do Ceará	55
Tabela 7 - Análise das pontes em estado crítico	56
Tabela 8 - Continua: Pontes Federais com nota mínima em 2020	56
Tabela 9 - Quantidade de pontes por tipo de estrutura	58
Tabela 10 - Distribuição das pontes por mesorregião	59
Tabela 11 - Média de concentração de cloretos nas estações de pesquisa do trabalho de Luna et.al(2008)	60

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
SGO	Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais
OAE	Obra de Arte Especial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
LAREB	Laboratório de Reabilitação e Durabilidade das Construções
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
Cl-	Íons cloretos
MSE	Monitoramento de Saúde Estrutural
SHM	<i>Structural Health Monitoring</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica
GNU	Licença Pública Geral

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1.Contextualização.....	14
1.2.Justificativa.....	15
1.3.Objetivo.....	18
1.4. Objetivos específicos.....	18
1.5. Estrutura do trabalho.....	19
1.6. Programa cientista chefe.....	20
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>21</b>
2.1. Conceitos básicos e histórico das pontes.....	21
2.2. Tipos de pontes.....	22
2.2.1. Quanto ao tipo estrutural.....	22
2.2.2. Quanto à finalidade.....	25
2.2.3. Quanto ao material utilizado.....	26
2.2.4. Quanto à durabilidade.....	26
2.2.5. Quanto ao desenvolvimento planimétrico e altimétrico.....	26
2.2.6. Elementos de uma ponte.....	27
2.3. Cargas móveis para pontes.....	29
2.4. Condições Ambientais.....	30
2.5. Principais patologias encontradas em pontes.....	33
2.5.1 Fissuras no estado plástico.....	33
2.5.2 Fissuras no concreto endurecido.....	34
2.5.3. Manifestações patológicas durante a fase de utilização.....	35
2.6. Sistemas de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais.....	38
2.6.1. SGO - Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais.....	38
2.6.2. Outros sistemas de gerenciamento de OAE's.....	42
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>45</b>
<b>4. PESQUISA E ANÁLISE DOS DADOS REFERENTES ÀS PONTES FEDERAIS E ESTADUAIS:.....</b>	<b>48</b>
4.1. Dados das pontes Federais.....	48
4.1.1. Data de construção das pontes.....	48
4.1.2. Classificação das pontes segundo a nota Técnica.....	53
4.1.3. Classificação das pontes segundo o tipo de estrutura.....	57
4.1.4. Distribuição das OAE's por mesorregião do Ceará.....	59
4.2. Médias de cloretos em mg. Cl- /m <sup>2</sup> .dia para o Estado do Ceará.....	59
4.3. Coleta das coordenadas das pontes estaduais do Ceará.....	61
4.4. Elaboração dos mapas.....	61
4.4.1. Software utilizado.....	61

4.4.2 Representação do mapa de agressividade com o Software QGIS.....	63
4.4.3 Elaboração do Website.....	65
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>66</b>
5.1. Mapa de agressividade em conjunto com as pontes, levando em consideração as notas técnicas do DNIT.....	66
5.2. Mapa de agressividade em conjunto com as pontes, levando em consideração a idade das pontes Federais.....	70
5.3. Website Mapa Interativo .....	77
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>79</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>84</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Contextualização

As obras de infraestrutura que possuem a função de ligar pontos separados, seja por obstáculos naturais ou artificiais, são conhecidas por Obras de Artes Especiais (OAE). Importantes para o desenvolvimento de qualquer país, as OAE's ajudam no transporte de alimentos, pessoas, desempenho das estradas, dentre outras funções. Por tais motivos, as OAE's devem ser constantemente vistoriadas e submetidas a manutenções. Segundo a ABNT NBR 5674 (2012), não é possível considerar as obras de engenharia como produtos descartáveis, passíveis da simples substituição quando o seu desempenho não é mais o mesmo de quando construídas.

As estruturas de engenharia civil estão sujeitas a degradação ambiental, independentemente de como foram construídas e do sistema estrutural que foi utilizado, são afetadas pelo envelhecimento, fadiga da estrutura, corrosão das armaduras e vários outros fatores. Os efeitos das anomalias e patologias são amplificados pela manutenção de forma incorreta ou a falta dela. Portanto, é fundamental a realização de inspeções frequentes dos elementos das pontes e viadutos, de modo a monitorar o seu comportamento ao longo do tempo, e assim potencializar as medidas de intervenções nos momentos adequados com o mínimo custo.

As inspeções realizadas nas OAE's devem ser detalhadas, permitindo identificar as principais manifestações patológicas que as afetam e que permitam manter ótimas condições de serviço. Além disso, como aponta Moscoso (2017), uma forma de minimizar os riscos de interdição das OAE's, consiste na utilização de um sistema de gerenciamento, onde é necessária a realização de inspeções para a obtenção de dados que indiquem o estado de conservação das estruturas e que sirva de base para o acompanhamento e a definição das intervenções necessárias em cada OAE.

No Brasil, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), utiliza o Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais (SGO). Esse sistema armazena dados coletados a partir de inspeções realizadas em campo pelo

DNIT e é baseado em vários outros softwares de gerenciamento que são utilizados em outros países, como por exemplo o BRIME, utilizado em vários países da Europa e o GOA, sistema utilizado por Portugal.

O emprego de softwares de apoio à gestão do risco estrutural é fundamental para o controle das condições das OAE's federais e estaduais do país, tornando possível a análise de dados ao longo dos anos. As OAE's devem ser vistoriadas em no máximo a cada dois anos, como aponta a NORMA DNIT 010/2004-PRO, DNIT (2004a, pg 9). Esse prazo foi estabelecido para acompanhar a evolução de patologias dentro de um intervalo relativamente curto, se comparado à vida útil das OAE's.

## **1.2. Justificativa**

No Brasil, encontram-se atualmente registros de 6833 OAE's federais no SGO, onde estão inseridas pontes, viadutos, passarelas e bueiros de maiores dimensões, sendo as pontes Federais os principais registros. No SGO, com os dados da última vistoria registrada no ano de 2020, existem 642 OAE's no Brasil em estado precário, ou seja, obras que possuem danos que geram grave insuficiência estrutural, havendo um risco tangível de colapso estrutural, e mais 1082 em estado sofrível, que indica danos que geram significativa insuficiência estrutural, porém, não existe ainda o risco de colapso estrutural, segundo a ficha de classificação de notas técnicas da NORMA DNIT 010/2004-PRO, DNIT (2004a).

No contexto do estado do Ceará, existem cerca de 610 OAE's, sendo que 399 são de responsabilidade do governo federal e 211 são pertencentes ao governo estadual. Considerando as 399 OAE's federais, 194 são classificadas pelo DNIT como problemáticas, ou seja, que se encontram em estado precário e sofrível, e necessitam passar por inspeções e atividades de manutenção em caráter de urgência, como apontam os dados coletados no SGO, em referência às vistorias realizadas pelo DNIT no ano de 2020.

As pontes federais são catalogadas e inspecionadas de acordo com o SGO. Para as pontes estaduais, não foi encontrado um sistema próprio de monitoramento, vistorias e intervenções realizadas são armazenadas de forma independente no sistema de obras e licitações comum do governo estadual, dificultando o monitoramento da real situação das OAE's estaduais.

De fato, registros de desabamentos de pontes não são frequentes, como exemplifica Silva (2021), com a construção da Tabela 1, que separa os 134 casos notificados de desabamento parcial ou total de pontes ao redor do globo terrestre. Apesar disso, comumente se trafega em rodovias que possuem OAE's com sérios problemas estruturais. Apesar de possuir um sistema exclusivo para as obras de Arte Especiais, a realização de análises mais abrangentes pode se tornar uma atividade complexa, uma vez que o sistema do SGO individualiza informações sobre cada ponte, fazendo com que se torne trabalhoso a análise de uma amostra maior de modo pormenorizado. No entanto, após a entrada dos dados, as informações tornam-se acessíveis, pois dentro da plataforma do SGO, é possível realizar uma pesquisa em lotes, por idade e por classificação.

Tabela 1 - Número de acidentes de pontes por causa de 1970 a 2019

Principais causas	Américas	Europa	Resto do mundo	Total
Colisões de comboios	3	2	4	9
Colisões de barcos ou carros	11	3	4	18
Infraescavação	3	6	1	10
Falha na construção	3	3	12	18
Falha na reconstrução	1	0	2	3
Excesso de carga	5	2	17	24
Corrosão	2	1	2	5
Erro de projeto	4	2	1	7
Cheia	5	4	3	12
Desconhecido	1	3	7	11
Outro	9	5	3	17
Total	47	31	56	134

Fonte: Silva, 2021

Os fatores que diminuem a vida útil de uma ponte podem ser variados, onde, dentre os principais, como aponta Moscoso (2017), podem-se destacar o grande volume de tráfego, o descuido em relação a manutenções preventivas, a própria

data de construção da ponte, a agressividade ambiental da região que a ponte está inserida, entre outros. A corrosão das armaduras das estruturas de concreto armado pode se intensificar se o meio ambiente tiver alta agressividade, contendo entre outros agentes nocivos, altas taxas de íons-cloreto, onde de acordo com Brandão (1998), em relação à corrosão das armaduras, o que de fato importa é a quantidade de cloretos livres.

A atuação dos íons cloretos ( $Cl^-$ ), tem como consequência a precocidade da despassivação do aço. Após essa etapa, os agentes agressivos atacam o aço, provocando o processo de corrosão, SARTORTI (2008). Desta maneira, podem surgir nas estruturas de concreto, pontos de corrosão localizados e trincas, deixando a armadura exposta a outros agentes nocivos. De forma geral, as estruturas que já possuem idades avançadas, apresentam maior potencialidade ao aparecimento de manifestações patológicas, já que segundo Vítório (2003), fatores como a porosidade do concreto, a existência de trincas e a deficiência no cobrimento são responsáveis pela oxidação da armadura, quando esta é atingida por elementos agressivos.

No Quadro 1 e 2, têm-se as rodovias Estaduais e Federais, respectivamente, que possuem a presença de OAE's, destacando novamente a importância dessas estruturas para o Estado.

Quadro 1 - Rodovias Estaduais do Ceará que possuem OAE's

CE-010	CE-138	CE-240	CE-292	CE-371
CE-025	CE-153	CE-253	CE-350	CE-375
CE-040	CE-163	CE-257	CE-356	CE-385
CE-060	CE-163	CE-261	CE-358	CE-421
CE-085	CE-168	CE-263	CE-362	CE-422
CE-090	CE-176	CE-265	CE-364	CE-456
CE-123	CE-183	CE-266	CE-366	CE-458
CE-138	CE-187	CE-284	CE-368	

Fonte: Adaptado Lareb

Quadro 2 - Rodovias Federais do Ceará que possuem OAE's

BR-020	BR-226	BR-403
BR-116	BR-230	BR-404
BR-122	BR-304	BR-437
BR-222	BR-402	

Fonte: Adaptado Lareb

Isto posto, analisar as condições ambientais de exposição da infraestrutura, bem como informações sobre a idade das construções e estado de conservação, podem contribuir para a manutenção, segurança e durabilidade das pontes, além de amparar a gestão da infraestrutura das OAE's, tornando os estudos que demonstrem ou auxiliem a tomada de decisão sobre medidas de intervenção nas obras de engenharia civil para garantia de sua segurança, um critério de interesse para a sociedade.

### **1.3. Objetivo**

Desenvolver e avaliar mapas das pontes do Estado do Ceará, de forma a tornar possível o estudo das pontes estaduais e federais de acordo com a região, idade, nota técnica e agressividade atmosférica da região.

### **1.4. Objetivo específico**

- Analisar e desenvolver mapas para as pontes federais do Estado do Ceará de acordo com a data de construção, tipo de estrutura e nota de avaliação das vistorias do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT);
- Desenvolver mapas que facilitem a visualização das pontes federais e estaduais do estado do Ceará, considerando as zonas de agressividade ambiental do Estado;
- Elaborar um Website para registrar os mapas das pontes do Estado do Ceará.
- Elaborar um banco de dados com as informações coletadas no presente trabalho.

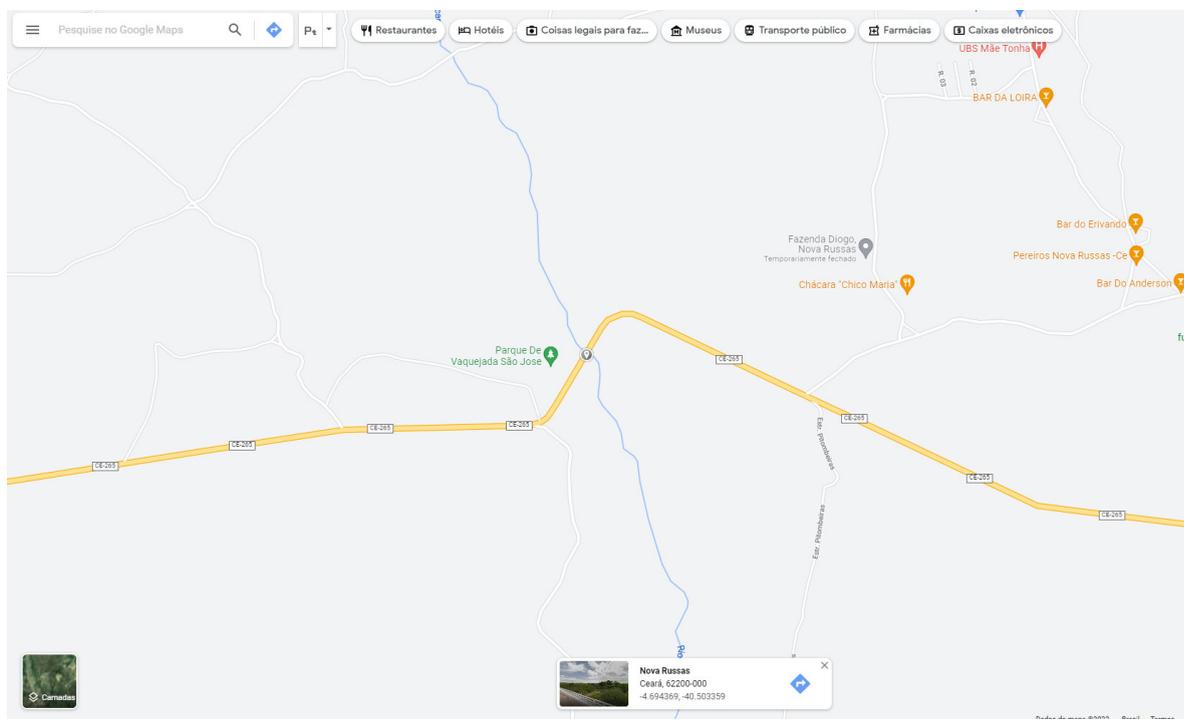
### **1.5. Metodologia**

Para reunir informações coesas e relevantes sobre as pontes do Ceará, partiu-se do princípio de definir quais informações deveriam ser encontradas e de quais informações poderiam ser encontradas. Reunir as informações sobre as pontes é um dos objetivos do trabalho. Assim, tomou-se como base para a busca de

dados, o SGO para as pontes federais, e as ferramentas Google Earth® e Google Maps®, para as pontes estaduais.

Como dito, as informações sobre as pontes estaduais foram pesquisadas de modo individual e foi realizada uma análise visual por meio das ferramentas do Google®. Utilizando as ferramentas Google Maps®, Figura 1, e Google Earth®, Figura 2, foi possível visualizar os encontros de rios e os viadutos em rodovias estaduais. Dessa forma, os dados de coordenadas e os nomes das pontes, quando possuíam sinalização, foram coletados.

Figura 1 - Demonstração do Google Maps



Fonte: Google Maps

Figura 2 - Demonstração do Google Earth



Fonte: Google Earth

Além de reunir dados sobre as pontes, este trabalho buscou inserir essas informações dentro do território do Estado do Ceará, analisando a agressividade ambiental, na qual a ponte está sujeita. Para essa análise, o trabalho de LUNA et.al(2008), foi utilizado como base, já que o trabalho interpolou dados de um vasto estudo da agressividade ambiental do Ceará e chegou a um mapa que classifica o Estado em zonas de agressividade.

Para a realização desse processo, foi necessário a utilização do SIG (Sistema de Informação Geográfica), que são ferramentas que possibilitam analisar e tratar dados espaciais, elaborar mapas, entre outras funções. Para esse procedimento, foi utilizado o software QGIS®. Porém, nada impede a utilização de outro software, optou-se pelo QGIS® por ser um software de código aberto.

Com todos os dados definidos, coletados e analisados, foi possível manipular os arquivos dos dados para inseri-los no QGIS®. Foi necessário buscar camadas vetoriais compatíveis com o QGIS®, com o objetivo de representar o mapa do trabalho dentro do software. As camadas vetoriais do território brasileiro, do Estado do Ceará e dos limites dos municípios, foram encontradas nos sites governamentais do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e do IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará).

Conseguindo inserir todos os dados representados dentro do QGIS®, foi possível construir os mapas, que reuniram as informações encontradas e facilitaram a representação dos dados. Logo, foi permitido a verificação da quantidade de pontes inseridas em cada região de agressividade do Estado e também a quantidade de pontes por mesorregião do Estado. Além disso, prosseguiu-se a analisar em quais regiões do Estado se encontravam as pontes com idades mais avançadas. Com todos os dados armazenados e organizados, foi possível elaborar um website, com o intuito de disponibilizar os mapas construídos no trabalho e um mapa interativo, onde é possível visualizar todas as informações disponíveis das pontes do Estado, facilitando a pesquisa e a busca por dados.

Para a elaboração dos mapas, foi necessário processar os arquivos que continham os dados das pontes para o software QGIS, de maneira que o software interpretasse as pontes federais de acordo com seu estado de preservação. No seguimento, foram inseridos dois arquivos .csv (separado por vírgula), contendo as coordenadas geográficas, nome e condição de preservação para as pontes federais e coordenadas geográficas e nome para as pontes estaduais. As outras camadas vetoriais necessárias foram inseridas para o mapa referente somente à agressividade ambiental do Estado.

A seguir, tem-se a Figura 3, representando o resumo do procedimento adotado para o desenvolvimento do trabalho, tornando visível a rotina e os principais pontos a serem desenvolvidos no processo.

Figura 3 - Fluxograma metodologia



Fonte: Elaborado pelo autor

## 1.6. Estrutura do trabalho

A parte introdutória do trabalho indica quais são os objetivos a serem alcançados e apresenta os detalhes da motivação e metodologia utilizada para o mapeamento das pontes, quais os critérios levados em consideração para a elaboração dos mapas, bem como as fontes de pesquisa e estudo.

Após a explicação de como o trabalho foi realizado, busca-se introduzir o leitor ao tema das pontes, em princípio de maneira mais abrangente, tornando possível o entendimento de um breve histórico das pontes, dos tipos de pontes usuais, um pouco de como ocorre a locação dos eixos das pontes na fase de projeto e, ainda, como questões de dimensionamento não são o foco deste trabalho, apresenta-se brevemente o significado de cargas móveis e trem tipo, segundo a NBR 7188 (2013). Adiante, a revisão bibliográfica retrata brevemente sobre como as condições ambientais podem interferir na vida útil das OAE's. Para finalizar a revisão

bibliográfica, é exposto um apanhado sobre os sistemas de gerenciamento de obras de artes especiais, buscando explicar como o SGO brasileiro funciona e ainda exemplifica outros sistemas utilizados no mundo.

O trabalho é baseado em pesquisa e análise de dados, portanto, o tópico referente ao desenvolvimento do trabalho, busca explicar como se deu a obtenção dos dados e de como eles foram tratados durante todo o projeto, buscando mostrar quais dificuldades e quais facilidades o software SGO proporcionou durante a pesquisa. Os dados obtidos durante o trabalho, bem como algumas análises, serão discutidos nesta etapa de desenvolvimento.

Ao final do trabalho, um webSite foi elaborado para registrar todos os dados obtidos no trabalho, bem como a disponibilização de um mapa interativo das pontes do Estado, possibilitando a visualização das coordenadas de cada pontes, data de construção e nota técnica das pontes federais. E conseqüentemente, a discussão e apresentação dos mapas construídos no trabalho, para enfatizar a usabilidade desses mapas em futuras discussões e planejamentos de vistorias pelo próprio DNIT.

### **1.7. Programa cientista chefe**

Boa parte dos resultados do presente trabalho estão relacionados com o programa Cientista Chefe - Infraestrutura, que tem como objetivo unir o meio acadêmico e a gestão pública. A pesquisa fez parte do subprojeto 2: indústria 4.0 – transformação digital na área de infraestrutura rodoviária e outras ações de tecnologia ligadas à gerência de pavimentos (2019-2022), em especial, que tratou do desenvolvimento de um banco de dados para o monitoramento estrutural de pontes e viadutos, por meio do LAREB (Laboratório de Reabilitação e Durabilidade das Construções).

Esse sistema baseava-se no Monitoramento de Saúde Estrutural (MSE, ou do inglês, *Structural Health Monitoring* - SHM), que se caracteriza pela utilização de técnicas de coleta e avaliação de dados de estruturas de engenharia, a fim de identificar e caracterizar tais danos, visando garantir a segurança e a integridade das estruturas. A coleta de dados realizada neste trabalho serviu de base para a análise de quais pontes e viadutos do Estado se encontravam em um estado mais crítico.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Conceitos básicos e histórico das pontes**

Como cita El Debs e Takeya (2007), as pontes são obras destinadas à transposição de obstáculos, rios, braços de mar, vales profundos, rodovias, etc. Quando se realiza a transposição sobre um rio, ou algum obstáculo molhado, denomina-se a obra como sendo uma ponte, já para a transposição de obstáculos secos, sem a presença de água, denomina-se como viaduto. Em grandes cidades e nas regiões de intenso tráfego, as pontes e os viadutos são indispensáveis para a locomoção dos habitantes e transporte de todos os tipos de cargas. Nas cidades, as OAE's amenizam o trânsito criando rotas alternativas, reduzindo distâncias ou tempo de deslocamento e fazem a transposição de acidentes geográficos, podendo também servirem para a travessia segura de animais.

As OAE's estão diretamente ligadas ao desenvolvimento humano. Possibilitou o desenvolvimento tecnológico para transpor obstáculos cada vez maiores e ainda a descoberta de novas áreas, Figura 4. As primeiras pontes eram feitas de troncos e pranchas de madeira, com a chegada da idade do bronze, a tecnologia possibilitou a construção de pontes em laje de pedra, tornando as estruturas mais duradouras. Das pontes em arco há vestígios desde cerca de 4000 a.C. na Mesopotâmia e no Egito, e mais tarde na Pérsia e na Grécia (cerca de 500 a.C.). De acordo com Nystrom (1997), a mais antiga estrutura chegada aos nossos dias é uma ponte de pedra, em arco, situada no Rio Meles, na região de Esmirna, na Turquia, e datada do século IX a.C.

No início do século XX, o concreto foi amplamente utilizado na construção de pontes, substituindo as pedras nos arcos das pontes e tomando a frente das pontes metálicas, como cita El Debs e Takeya (2007). A portificação das pontes começou a ser difundida nos anos de 1912, com a utilização do concreto armado em vigas e pórticos. Já em 1948, o concreto protendido começou a ser difundido e seu emprego logo ganhou espaço pelas vantagens em relação ao concreto convencional, especialmente pela possibilidade de maiores vão livres e redução na quantidade de armadura, segundo El Debs e Takeya (2007). Este material, concreto protendido, foi utilizado pela necessidade de reconstruir várias pontes em pouco tempo, assim

possibilitou vencer grandes vãos, com comprimentos de até 230 metros, conforme apontou Leonhardt (1979).

Figura 4 - Ponte em arco de pedra Romana de Alcântara, Espanha (construída em 103-106 DC)



Fonte: disponível em <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Ponte\\_de\\_Alc%C3%A2ntara](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ponte_de_Alc%C3%A2ntara)>

## 2.2. Tipos de pontes

Neste tópico, foram abordados os aspectos gerais das pontes de forma breve e concisa, a fim de introduzir o leitor ao assunto, tornando-o apto a entender todos os resultados discutidos ao fim do trabalho. Segundo El Debs e Takeya (2007), as pontes são classificadas segundo alguns critérios, os mais importantes deles são os seguintes:

- material da superestrutura;
- comprimento;
- natureza do tráfego;
- desenvolvimento planialtimétrico;
- desenvolvimento altimétrico;
- sistema estrutural da superestrutura;
- seção transversal;
- posição do tabuleiro;
- processo de execução.

### 2.2.1. Quanto ao tipo estrutural

De acordo com El Debs e Takeya (2007), as tipologias estruturais das pontes podem ser categorizadas em pontes de laje/viga, pontes em treliça, pontes em arco, pontes suspensas, pontes estaiadas e pontes em balanço. O primeiro tipo é considerado o mais simples e o mais barato, pontes em viga/lajes. O tabuleiro é levantado por uma ou mais vigas que recebem os esforços de flexão e fazem a distribuição para os pilares, que suportam esses esforços, Figura 5.

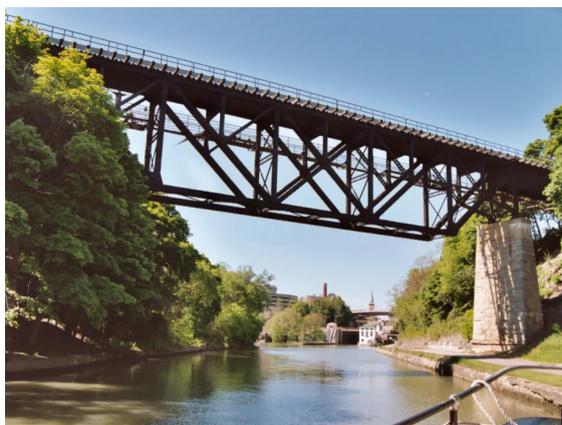
Figura 5 - Ponte sobre o rio Aripuanã, Mato Grosso-Brasil.



Fonte: disponível em: <<http://www.sinfra.mt.gov.br/-/4451307-obra-da-maior-ponte-de-concreto-de-mt-entra-na-reta-final>>

As pontes treliçadas são construídas utilizando unidades triangulares nas articulações, suspendendo pesos por meio da tensão e compressão, Figura 6. Relativamente barata, tornaram-se populares entre os anos de 1870 e 1930. Os elementos triangulares suportam os esforços de tensão e compressão que são aplicados sobre eles.

Figura 6 - Ponte treliçada sobre o Canal de Erie em Nova York



Fonte: disponível em <<https://www.inovacivil.com.br/pontes-conheca-os-principais-tipos/>>

As pontes em arco são utilizadas pois apresentam um comportamento estrutural que reduz muito os esforços de flexão, e por isso, o material mais utilizado é o concreto, já que os esforços de compressão são acrescidos, porém, também é comum a utilização do aço como material, Figura 7.

Figura 7 - Ponte sobre o Rio Zhijinghe, na China.



Fonte: Disponível em <<https://gigantesdomundo.blogspot.com/2012/04/ponte-em-arco-mais-alta-do-mundo.html>>

As pontes suspensas, conhecidas também como pontes pênsil, distribuem seu peso, o peso das cargas móveis e das permanentes para as torres localizadas nas extremidades através de cabos de aço que percorrem toda a ponte. Os cabos são conectados ao maciço rochoso das extremidades da ponte e em seguida encordoadas sobre os pilares. A plataforma da ponte é ligada ao cabo principal através de cordas ou varas verticais e o peso da plataforma é transferido como esforços de tensão para esses cabos. Essas cargas aplicadas nos cabos principais são transferidas para os pilares e nas extremidades do cabo esses esforços são equilibrados pelo esforço de ancoragem do solo, Figura 8.

Figura 8 - Exemplo de Ponte Pênsil, Ponte de São Vicente 1914 - São Paulo.



Fonte: disponível em<<https://www.cidadeecultura.com/ponte-pensil-de-sao-vice>>

Assim como as pontes suspensas, as pontes estaiadas possuem cabos para o sustento da ponte, porém, a grande diferença para uma ponte pênsil é que os cabos em uma ponte estaiada são angulados e portanto existe uma força tanto horizontal quanto vertical sobre a pista; e a mesma tem que ser forte o suficiente para resistir a força horizontal. Em uma ponte pênsil a pista é sustentada verticalmente e pode ser mais leve, Figura 9. Em compensação, pontes estaiadas são mais rígidas, o que reduz o balanço e as oscilações da pista.

Figura 9 - Exemplo de ponte estaiada, viaduto de Milau-China.



Fonte: disponível em <<https://gigantesdomundo.blogspot.com/2011/05/o-viaduto-mais-alto-do-mundo.html>>

As pontes Cantiléver, nome “cantiléver” vem do tipo de estrutura utilizada nessas pontes, são sustentações que devem estar apoiadas a uma estrutura sólida em apenas uma de suas extremidades, para se estender no espaço, o tabuleiro das pontes deve se apoiar em vigas, já que irão dissipar a energia gravitacional e cinética dos carros.

### 2.2.2. Quanto à finalidade

As pontes podem ser destinadas ao tráfego rodoviário, ferroviário, misto de veículos e trens, aeroviário e exclusivas para pedestres. Quando o tráfego for rodoviário, se diz que é uma ponte rodoviária, quando for um tráfego ferroviário, se trata de uma ponte ferroviária. Tratando-se de um tráfego misto, a ponte é denominada rodoferroviária, para passagem de aviões, aeroviárias e uma ponte exclusiva para tráfego de pedestres é chamada de passarela.

### 2.2.3. Quanto ao material utilizado

Em relação ao material utilizado nas superestruturas, as pontes podem ser: de madeira, de pedra, metálicas, em concreto armado, em concreto protendido, pré-moldadas. Para a infraestrutura das pontes, geralmente emprega-se concreto armado.

### 2.2.4. Quanto à durabilidade

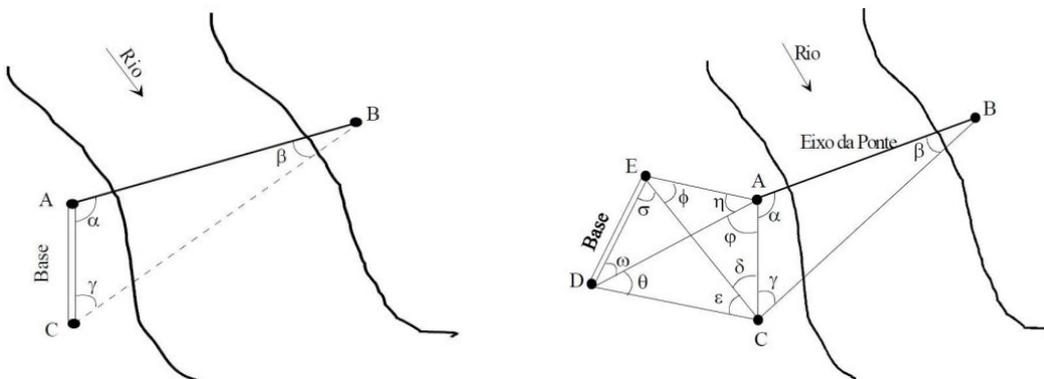
Segundo Barbosa (2017), pontes permanentes são aquelas construídas em caráter definitivo, sendo que sua durabilidade deverá atender até que sejam alteradas as condições da estrada. Pontes provisórias são as construídas para uma duração limitada, geralmente até que se construa a obra definitiva. Já as pontes desmontáveis, são construídas para uma duração limitada, diferindo das das provisórias por serem reaproveitáveis.

### 2.2.5. Quanto ao desenvolvimento planimétrico e altimétrico

De acordo com Corrêa (2012) a locação de eixos de pontes pode ser efetuada através do processo da triangulação, controlado a partir de uma ou duas bases, e deve sempre estar amarrada a uma RN (referência de nível). Existem diferenças para a locação do eixo da ponte a depender do tamanho do vão e também das condições do local em que a ponte está instalada.

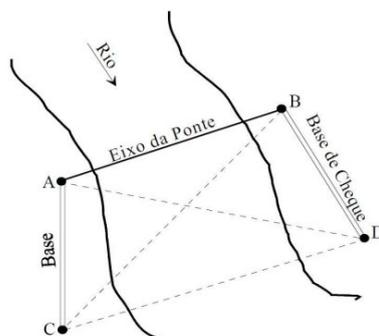
Para pontes com vão pequeno, entre 200 a 300 metros, a locação do eixo pode ser efetuada, utilizando um erro relativo menor que 1:20.000, a medição de uma base em uma das margens do rio. Para pontes de vãos maiores, deve-se utilizar uma precisão de 1:10.000. Exemplificando as situações encontradas no campo, têm-se as Figuras 10, 11 e 12, que representam a locação do eixo a depender da situação.

Figura 10 - Esquema de locação de eixo de uma ponte com base afastada



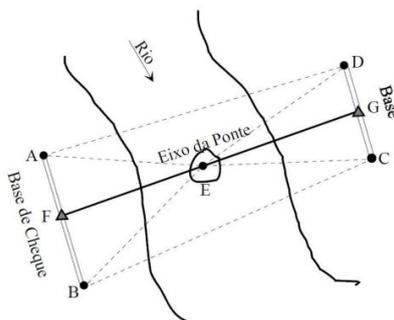
Fonte: Topografia aplicada à Engenharia Civil (13ª Edição Revisada e Ampliada)

Figura 11 - Esquema de locação do eixo de uma ponte com duas bases.



Fonte: Topografia aplicada à Engenharia Civil (13ª Edição Revisada e Ampliada)

Figura 12 - Esquema de locação do eixo de uma ponte com ponto central de apoio.



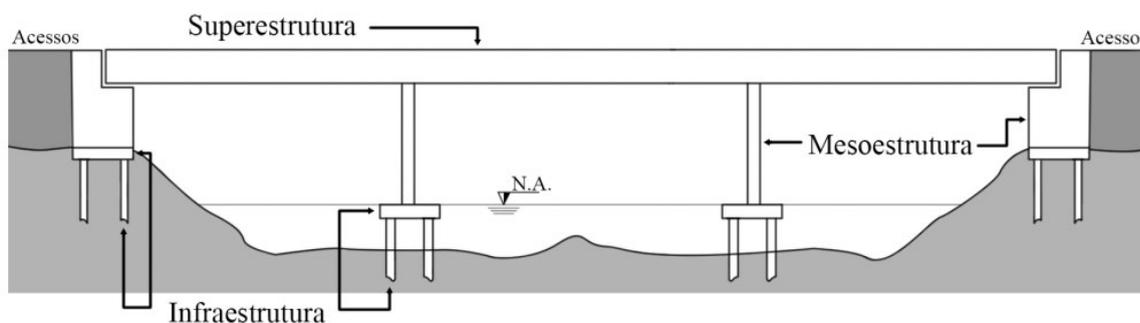
Fonte: Topografia aplicada à Engenharia Civil (13ª Edição Revisada e Ampliada)

## 2.2.6. Elementos de uma ponte

Toda ponte possui um sistema construtivo que divide os principais elementos dentro de três grupos principais: superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura,

Figura 13. A partir disso, será explicado o que cada grupo engloba e quais as funções de cada elemento para o sistema estrutural da ponte.

Figura 13 - Estrutura geral de uma ponte.



Fonte: Silva(2020)

### 2.2.6.1 Superestrutura

Como aponta Vitório (2015), é definida como a parte superior da ponte, onde se localizam alguns elementos que são responsáveis por realizar o transporte horizontal das cargas e transmiti-los a mesoestrutura, absorvendo diretamente os esforços resultantes do tráfego na ponte. Como dito acima, a superestrutura é dividida em elementos separados, do tipo estrutural e utilitário, são eles:

- Elementos estruturais: Laje do tabuleiro e viga.
- Elementos utilitários: Pista de rolamento, passeios, barreiras de proteção, guarda-corpo, juntas, dispositivos de drenagem, dispositivos de iluminação, tubulações para utilidade pública, placas de transição.

### 2.2.6.2 Mesoestrutura

É definida pelo agrupamento de elementos estruturais localizados na porção média da estrutura de uma ponte, que são responsáveis pela transmissão dos esforços da superestrutura para a infraestrutura. A mesoestrutura de uma ponte é, em geral, formada pelos pilares, aparelhos de apoio e encontros, estando frequentemente sujeita a forças externas hidráulicas e eólicas relevantes. A infraestrutura é um componente estrutural localizado na porção inferior da estrutura de uma ponte, sendo responsável pela transmissão dos esforços da mesoestrutura para o solo.

### 2.2.6.3 Infraestrutura

É, em geral, formada pelos elementos de fundação, como sejam sapatas, tubulões ou estacas, segundo El Debs e Takeya (2007). A longarina é a viga de sustentação em que se apoiam uma série de estacas. Cada uma das vigas sobre as quais repousa o tabuleiro das pontes, pode ser entendida como a designação da viga que se situa ao longo de uma estrutura resistente da ponte.

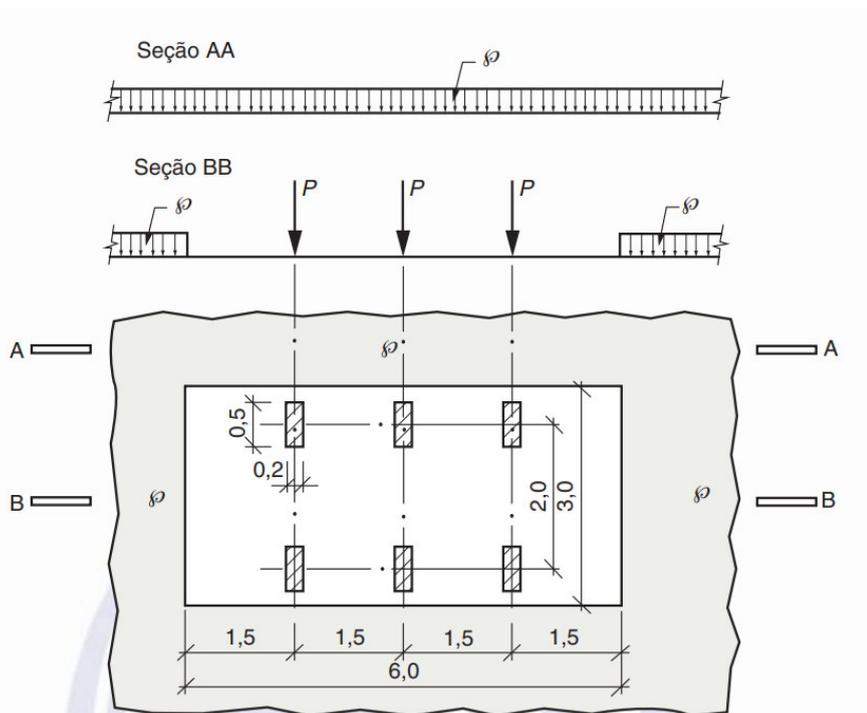
#### *2.2.6.4 Encontros*

São elementos estruturais que possibilitam uma transição entre a via de tráfego e a obra de arte. São simultaneamente os apoios extremos da ponte e elementos de contenção e estabilização dos aterros de acesso. Podem ser leves e de grande peso, a depender do tipo de contenção que proporcionam e do seu peso.

### **2.3. Cargas móveis para pontes**

Qualquer carga que tenha seu valor intensificado ou amenizado em função da sua posição na estrutura, é considerada uma carga móvel. A cada posição da carga móvel há um determinado campo de esforços, reações e deslocamentos, como cita Magalhães (2018). Para realizar o cálculo de uma OAE, é necessário utilizar as cargas móveis padronizadas pela NBR 7188 (2013). As cargas utilizadas para os cálculos são superiores às cargas reais que a OAE vai suportar durante a sua vida útil. Para esse cálculo, a NBR 7188 (2013) indica o seguinte: A carga móvel rodoviária padrão TB-450 é definida por um veículo tipo de 450 kN, com seis rodas,  $P = 75$  kN, três eixos de carga afastados entre si em 1,5 m, com área de ocupação de 18,0 m<sup>2</sup>, circundada por uma carga uniformemente distribuída constante  $p = 5$  kN/m<sup>2</sup>, conforme segue abaixo na Figura 14.

Figura 14 - Veículo trem tipo padrão TB-450 NBR 7188 (2013)



Fonte: NBR 7188 (2013)

A NBR 7188 (2013) ainda permite diminuir o valor das cargas móveis padrões, desde que a construção da OAE seja realizada em estradas vicinais municipais de somente uma faixa e para obras particulares, onde, a critério da autoridade competente, a carga móvel mínima é do tipo TB-240, possuindo um trem tipo de 240 kN, com seis rodas,  $P = 40$  kN, com três eixos de carga afastados entre si em 1,5 m, com área de ocupação de 18,0 m<sup>2</sup>, circundada por uma carga uniformemente distribuída constante  $p = 4,0$  kN/m<sup>2</sup>.

## 2.4. Condições Ambientais

A vida útil de uma ponte está diretamente ligada à agressividade do meio ambiente em que ela está inserida. Ambientes agressivos deterioram a estrutura e permitem que patologias surjam rapidamente. Determinar a agressividade de uma determinada zona ambiental não é uma tarefa fácil. Porém, a NBR 6118:2014 (ABNT, 2014) utiliza a Tabela 2 para representar as classes dos ambientes mais comuns em território brasileiro.

Percebe-se pela Tabela 2, que estruturas inseridas próximas ao mar e em localidades que possuem indústrias em seu entorno, recebem os riscos mais elevados de deterioração da estrutura.

Tabela 2 - Grau de deterioração mediante o microclima

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana	Pequeno
III	Forte	Marinha Industrial	Grande
IV	Muito Forte	Industrial Respingos de maré	Elevado

a - Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambiente internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

b - Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

c - Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118:2014 (ABNT, 2014)

Segundo Helene (1997), as principais formas de deterioração sobre a estrutura de concreto são:

- **Lixiviação:** cuja sintomatologia básica é uma superfície arenosa ou com agregados expostos sem a pasta superficial, eflorescências de carbonato, elevada retenção de fuligem e risco de desenvolvimento de fungos, com conseqüente redução do pH do extrato aquoso dos poros superficiais;
- **Expansão por sulfatos:** cuja sintomatologia é uma superfície com fissuras aleatórias, esfoliação e redução significativa da dureza e resistência superficial do concreto, com conseqüente redução do pH do extrato aquoso dos poros superficiais. Os sulfatos presentes na água do mar, nas águas servidas, nas águas industriais e nos solos úmidos e gessíferos, podem acarretar reações

deletérias de expansão, com formação de compostos expansivos do tipo etringita e gesso secundário;

- **Expansão por reação álcali-agregado:** dentre os agregados reativos pode-se destacar a opala, a calcedônia, as sílicas amorfas, certos calcários, que, para conduzir a reações significativamente deletérias, requerem estar em presença de elevada umidade. A sintomatologia básica é uma expansão geral da massa de concreto, com fissuras superficiais e profundas;
- **Reações superficiais deletérias:** destaca-se os problemas oriundos com agregados que contém pirita, que podem acarretar manchas, cavidades e protuberâncias na superfície dos concretos.

Quanto aos mecanismos de deterioração relativos à armadura Helene (1997) aponta:

- **Despassivação por carbonatação:** o fenômeno não é perceptível a olho nu, não reduz a resistência do concreto e até aumenta a sua dureza superficial. A identificação da frente ou profundidade de carbonatação requer ensaios específicos. Ao atingir a armadura, dependendo das condições de umidade ambiente, pode promover séria corrosão, com aparecimento de manchas, fissuras, destacamentos de pedaços de concreto e até perda da seção resistente e da aderência, promovendo o colapso da estrutura ou de suas partes;
- **Despassivação por cloretos:** eventualmente, teores elevados de cloreto podem ter sido introduzidos durante o amassamento do concreto, geralmente através do excesso de aditivos aceleradores de endurecimento e também, durante a vida útil da ponte, a depender da agressividade ambiental da região. O fenômeno não é perceptível a olho nu, não reduz a resistência do concreto, nem altera seu aspecto superficial. A identificação da frente ou da profundidade de penetração de certo teor crítico de cloreto requer ensaios específicos. Ao atingir a armadura, pode promover séria corrosão, com aparecimento de manchas, fissuras, destacamentos de pedaços de concreto e até perda da seção resistente e da aderência, promovendo o colapso da estrutura ou de suas partes.

## 2.5. Principais patologias encontradas em pontes

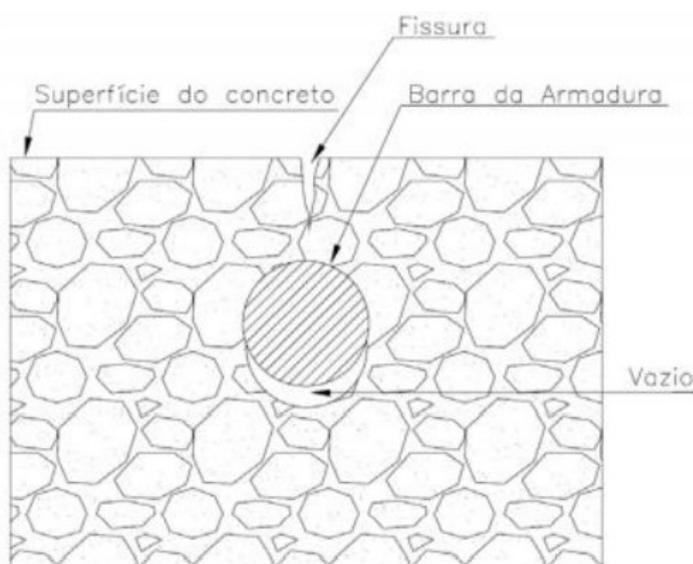
### 2.5.1 Fissuras no estado plástico

As fissuras nas estruturas de concreto podem surgir em todas as fases de vida da ponte. Os tipos mais comuns são relacionados ao estado plástico do concreto, ou seja, elas surgem nas primeiras horas após a concretagem da estrutura. Existem três tipos de fissuras relacionadas ao estado plástico, são elas;

#### 2.5.1.1 Assentamento plástico do concreto:

Esse tipo de fissura é, em geral, acompanhada de um vazio embaixo da armadura, chamado efeito de parede Ripper e Souza (1998), que pode ser visualizada na Figura 15.

Figura 15 - Fissura típica de assentamento plástico

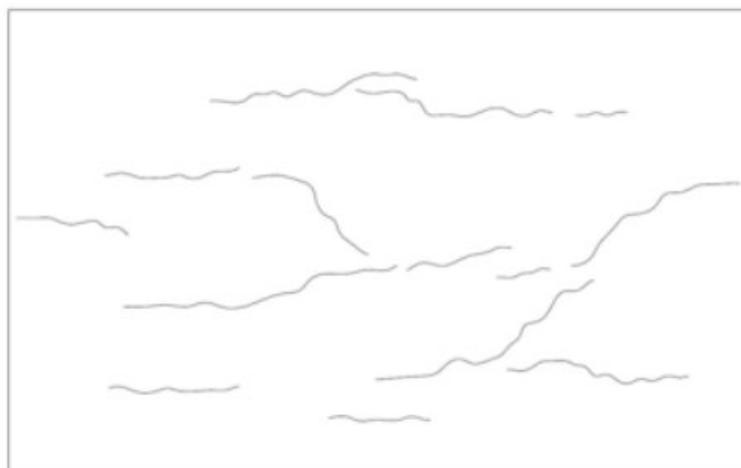


Fonte: Silva (2021)

#### 2.5.1.2 Retração plástica do concreto:

A água que estava destinada para o processo de hidratação da pasta é perdida para o meio, tendo como consequência a diminuição da resistência e a ocorrência de fissuras. Ripper e Souza (1998), pode ser visualizada na Figura 16.

Figura 16 - Fissuras típicas de retração plástica do concreto

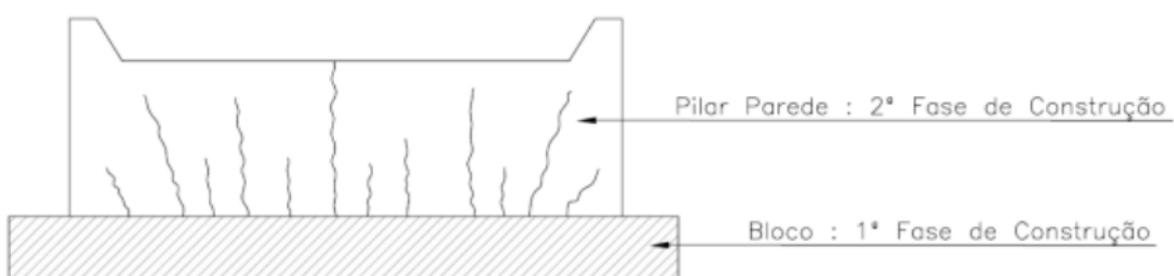


Fonte: Silva (2021)

### 2.5.1.3 Retração térmica inicial:

Ocasionada por armação insuficiente ou inadequada nas juntas de construção, ocorre nos primeiros dias de concretagem, na fase de endurecimento. Localiza-se, geralmente, perpendicularmente às juntas de construção, pode ser visualizada na Figura 17.

Figura 17 - Fissuras precoces



Fonte: Silva (2021)

### 2.5.2 Fissuras no concreto endurecido

Podem aparecer devido a perda de umidade e também pela corrosão das armaduras ao longo do tempo de vida da estrutura. Segundo Vitório (2003), fatores como a porosidade do concreto, a existência de trincas e a deficiência no cobrimento

são responsáveis pela oxidação da armadura, quando esta é atingida por elementos agressivos. A parte que sofre oxidação tem seu volume aumentado em cerca de 8 vezes, e a força da expansão expõe o concreto do cobrimento, deixando a armadura totalmente exposta à ação agressiva do meio.

### 2.5.3. Manifestações patológicas durante a fase de utilização

Durante todas as fases de uma ponte, desde a execução ao uso, ela pode apresentar diversas patologias, onde essas patologias se originam de algumas falhas e fatores que ocorrem durante a construção e durante o uso da ponte. As falhas mais comuns que ocasionam essas patologias são as seguintes:

#### 2.5.3.1. Falhas no sistema de drenagem

Durante a execução, pode-se formar pontos de acúmulo de água. Os pontos podem estar localizados em locais críticos, que junto à ação do tempo, podem influenciar na degradação da estrutura, permitindo a entrada de água através da camada protetora de concreto.

#### 2.5.3.2. Fissuras no concreto devido às cargas móveis

A passagem de cargas móveis acima das que foram utilizadas para o dimensionamento da ponte, pode acarretar em fissuras nos pontos críticos, ou seja, nos elementos estruturais com maiores solicitações de esforços.

#### 2.5.3.3. Falhas nas pistas de rolamento

Segundo o manual do DNIT (2010), os ressaltos, depressões e desníveis de juntas, produzem importantes efeitos dinâmicos, Figura 18. Esses efeitos aumentam os impactos das cargas móveis na estrutura, a depender da força do efeito, pode ocasionar o deslocamento do tabuleiro, se os aparelhos de apoio estiverem em más condições.

Figura 18 - Ponte Ubá BR-153



Fonte: Disponível em

<<https://tribunadovale.com.br/2022/08/17/secretaria-divulga-licitacoes-em-jacarezinho/>>

#### 2.5.3.4. Falhas na concretagem

Existem diversas consequências para as falhas de concretagem na estrutura, dentre elas, as principais são:

- Segregação do concreto, durante o transporte ou lançamento na forma.
- Ausência de espaço para penetração do concreto entre as armaduras.
- Fuga na nata de cimento por abertura na forma.
- Deficiência ou ausência de vibração.

Qualquer uma dessas consequências e falhas facilitam o desenvolvimento não só de patologias corriqueiras, como também diminuição da qualidade estrutural da ponte completa.

#### 2.5.3.5. Fadiga

Fathalla et. al. (2018) apontam que a vida útil de pontes e viadutos também está diretamente associada às variações cíclicas de tensão devido ao tráfego de veículos. Hobbacher et. al. (2016) aponta que após um determinado número de ciclos de carga-descarga, tem-se a formação e a propagação de fissuras que podem levar ao colapso da estrutura por fadiga. Santos (2013), provou em seu trabalho que

o colapso por fadiga pode acontecer com tensões inferiores ao limite elástico do conjunto aço-concreto.

De acordo com Yadav e Thapa (2020), a fadiga é um mecanismo de falha estrutural que ocorre em um material submetido a variações de tensões repetitivas, ou seja, que oscilam de forma intermitente durante um determinado intervalo de tempo. O conjunto das etapas de carga e descarga é denominado ciclo. Vários ciclos culminam com o surgimento de microfissuras ou com a propagação de microfissuras pré-existentes, podendo causar o colapso da estrutura (CERVO, 2004).

Devido a circulação de pessoas e veículos de transporte, as pontes sofrem diversas ações provenientes de carregamentos dinâmicos. Para o efeito de fadiga, as cargas permanentes não influenciam, já que elas não variam durante a vida útil. Já as cargas móveis, apresentam-se de maneira diferente, podendo aparecer em intensidades diferentes em toda a vida útil da ponte, essa mudança de intensidade, ocasiona variações de tensões na estrutura com o passar do tempo, promovendo fissuras nos pontos solicitados e em caso mais graves, pode gerar rupturas bruscas na estrutura.

#### *2.5.3.6. Corrosão*

Pode-se definir corrosão como sendo a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente associada ou não a esforços mecânicos, segundo Gentil (2011) . Sendo a corrosão uma das principais causas de deterioração das estruturas de concreto armado, afetando diretamente a durabilidade da estrutura.

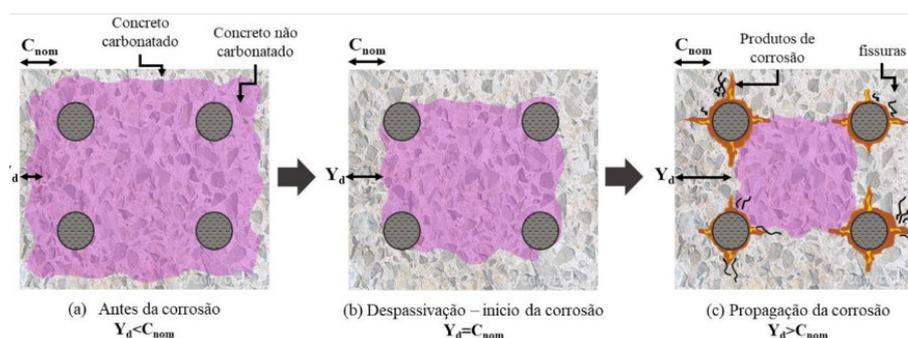
Segundo Helene (1986), as estruturas de concreto se encontram passivas em função da alta alcalinidade do extrato aquoso do concreto, que possui pH entre 12 e 13, favorecendo a formação de um filme de óxidos submicroscópico passivante, compacto e resistente aderido à superfície da armadura, inviabilizando assim a ocorrência da corrosão. Essa camada é constituída por um óxido transparente de pequena espessura, podendo ser desfeita por agentes agressivos, num processo chamado de despassivação. Após essa etapa, os agentes agressivos atacam o aço, provocando o processo de corrosão (SARTORTI, 2008). A relação água-cimento e a espessura do recobrimento da estrutura são fatores determinantes no processo de

corrosão, porque o primeiro define a porosidade do concreto e o segundo influencia na velocidade de carbonatação (CURCIO, 2008).

### 2.5.3.7. Carbonatação

Segundo Pauletti (2009), a carbonatação é um fenômeno físico-químico de reação entre o dióxido de carbono da atmosfera e os produtos da hidratação do cimento, que reduz a alcalinidade do concreto, destruindo a película passivadora que envolve o aço, podendo dar condições para a iniciação da corrosão das armaduras. Com isso, a reação principal de carbonatação no concreto ocorre entre o gás carbônico e o hidróxido de cálcio. A carbonatação fará com que a estrutura dos poros da camada de cimento seja alterada, permitindo assim que a estrutura sofra com ataques de cloretos, Figura 19, por exemplo.

Figura 19 - Avanço da corrosão por carbonatação em uma estrutura de concreto armado.



Fonte: Félix e Carrazedo (2021)

## 2.6. Sistemas de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais

Um sistema de gerenciamento de Obras de Arte Especiais é uma ferramenta de apoio à decisão, que após sistematizar os dados, utiliza modelos matemáticos para fazer previsões e recomendações de intervenções futuras nas estruturas. Um sistema de gerenciamento de Obras de Arte Especiais deve conter procedimentos de coleta de dados, processamento e atualização; previsão da degradação; identificação de alternativas de ação; previsão de custos; determinação de políticas ótimas; previsão das necessidades financeiras a curto e longo prazo e recomendação de planos de ação que tenham em conta as limitações políticas e orçamentais (FHWA, 2010).

### 2.6.1. SGO - Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais.

O Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais, no Brasil – SGO, Figura 20, é alimentado a partir de inspeções técnicas de campo realizadas de acordo com a Norma DNIT 010/2004-PRO, DNIT (2004a). A operação do SGO engloba uma série de procedimentos e rotinas, tais como: levantamento de dados cadastrais, levantamento de dados relativos às condições de segurança e de conservação das pontes, registros fotográficos, vídeos, croquis e a atualização permanente dos dados (RIBEIRO et al., 2013).

Figura 20 - Interface do SGO.



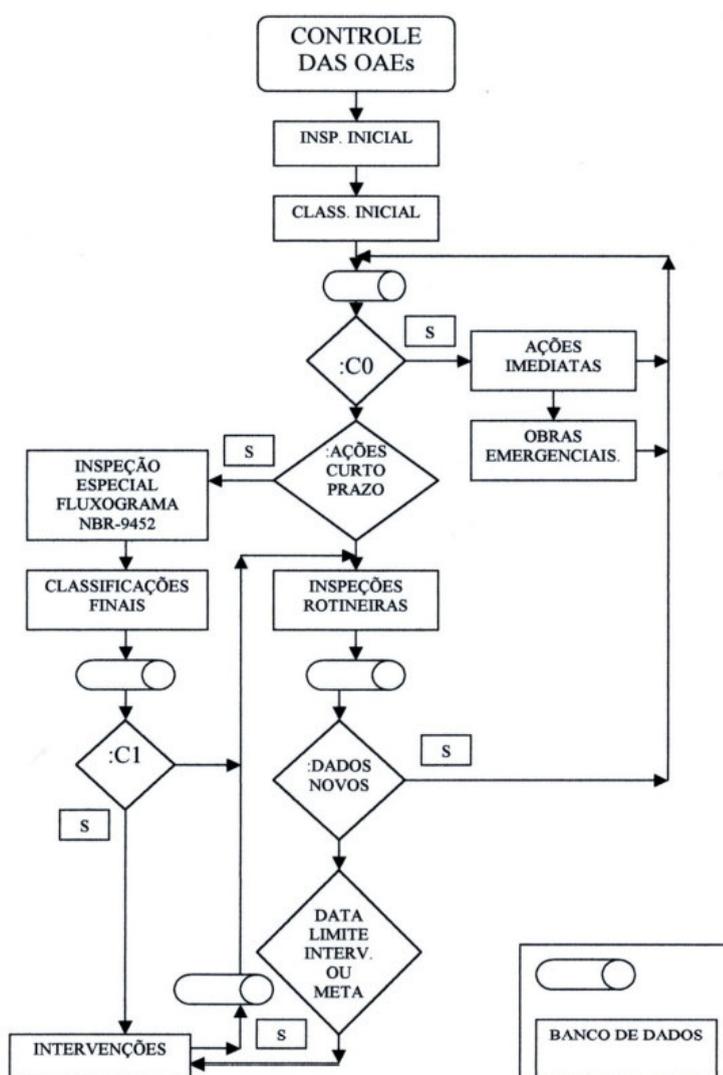
Fonte: DNIT

O SGO conta com módulos de auxílio ao gerenciamento:

- Módulo de gerenciamento de manutenção de pontes com a indicação de atividades padrões de manutenção;
- Módulo de gerenciamento de pontes notáveis;
- Módulo de gerenciamento de pontes de madeira;
- Módulo de gerenciamento de pontes em rodovias sob o regime de concessões;
- Módulo de gerenciamento de cargas móveis excepcionais ou cargas indivisíveis.

É iniciada a análise da OAE pelo cadastro das estruturas, Figura 21, e de seus elementos para que fique documentado, e o engenheiro encarregado tenha conhecimento das informações relevantes das estruturas. As informações disponíveis no cadastro serão a base para as inspeções futuras, que terão como objetivo avaliar e comparar os comportamentos dos elementos das OAE's. No SGO existem diretrizes para a realização de inspeções nas OAE's, para que se padronizem os procedimentos.

Figura 21 - Fluxograma da metodologia do DNIT



Fonte: Vitório (2002)

No que diz respeito às Inspeções do SGO, o DNIT indica que as vistorias regulares de campo sejam realizadas em um intervalo máximo de dois anos, onde são registradas informações dos danos e das insuficiências encontradas nas

estruturas, estes dados são utilizados para uma avaliação da segurança e da condição da OAE. Segundo o DNIT (2004b) o SGO realiza inspeções do tipo cadastral e rotineira, também podendo ocorrer uma inspeção especial, extraordinária ou intermediária, em casos de problemas ou danos repentinos. Essas inspeções são feitas de acordo com o regulamento do DNIT.

- **Inspeção Cadastral:** é uma inspeção realizada após a conclusão da obra ou quando existe uma intervenção significativa na OAE. Devem ser registrados os dados de localização da obra, desenho estrutural e funcional da estrutura.
- **Inspeção Rotineira:** são inspeções realizadas em tempos regulares, busca-se com essas inspeções manter ativo e dar seguimento ao comportamento da OAE. As inspeções rotineiras são feitas de dois em dois anos e são vistorias de caráter visual. Se a OAE se encontra localizada em ambientes agressivos, as realizações das inspeções rotineiras devem ser feitas em intervalos menores.
- **Inspeção Especial:** são inspeções mais detalhadas, onde as OAE's de difícil acesso são examinadas com a ajuda de lunetas, andaimes ou veículos especiais dotados de lança e gôndola. Em alguns casos como os das pontes em caixão, segundo DNIT (2004b), é necessário utilizar equipamentos auxiliares de iluminação, como também ventilação forçada, devido à existência de gases tóxicos.
- **Inspeção Intermediária:** segundo o DNIT (2004b) este tipo de inspeção é realizada para dar seguimento a análise de uma deficiência suspeita ou que já foi detectada em inspeções anteriores.
- **Inspeção Extraordinária:** é uma inspeção não programada, mas necessária em casos onde aconteça alguma catástrofe natural que altere a segurança e funcionalidade de uma OAE.

De acordo com a norma DNIT (2004b) as inspeções especiais são requeridas nas seguintes situações:

- Quando a inspeção cadastral ou a inspeção rotineira revelar defeitos graves ou críticos na estrutura da obra;
- Em pontes que se distinguem por seu vulto ou complexidade, em intervalos regulares e não superior a cinco anos e em substituição às inspeções rotineiras;

- Em ocasiões especiais, como antes e durante a passagem de cargas excepcionais.

Das inspeções realizadas nas OAE's é obtida uma nota de avaliação numérica, que varia de 1 a 5, segundo as instruções de atribuições de notas de avaliação que se encontra no anexo A, sendo 5 o valor dado a uma ponte que não apresenta danos ou insuficiência estrutural e 1 é atribuído às OAE's com grave dano estrutural. Segundo o DNIT (2004b), de acordo com as notas de avaliação é condicionado os serviços de manutenção e recuperação a serem executados nas pontes e viadutos. A cada um dos elementos da estrutura é atribuída uma nota. Essa nota é atribuída segundo o grau de degradação do elemento, sendo que, quanto mais graves são os problemas encontrados no elemento, menor é a sua nota de avaliação.

Conforme VERLY (2015), todos os elementos de uma OAE recebem uma nota de avaliação, em função dos danos constatados durante a inspeção rotineira. A estrutura como um todo é avaliada com base nas notas recebidas nos elementos individualmente, de modo que a nota geral da OAE corresponde à menor nota técnica recebida pelos seus elementos com função estrutural.

A aplicação de uma avaliação é uma condição obrigatória nas inspeções voltadas para o auxílio da elaboração de projetos de recuperação, alargamento ou reforço estrutural das pontes existentes nas rodovias federais do Brasil segundo VITÓRIO (2015), já que o colapso de uma estrutura, quando esta se encontra em estado crítico, é iminente e sem aviso.

## 2.6.2. Outros sistemas de gerenciamento de OAE's.

### 2.6.2.1 BRIME

É um projeto desenvolvido por laboratórios de pesquisa de rodovias do Reino Unido, França, Alemanha, Noruega, Eslovênia e Espanha (ELLIS et al., 2008). No início, o sistema de inspeção era baseado em um manual de classificação numérica de 1 a 6, sendo dado para os elementos em condição nova o valor de 6. Os números representam uma combinação da severidade de defeitos e sua extensão.

Na atualidade os elementos das OAE's são definidos especificamente, e a condição da estrutura é determinada pela gravidade e extensão, separadamente. Os

estados de condição dos elementos estão dados por letras, A= Excelente, B= Bom, C= Regular e D= Má. O inspetor deve registrar a quantidade de defeitos em cada um dos quatro estados de condição dos elementos

#### 2.6.2.2. GOA

É um sistema de gerenciamento de OAE's, desenvolvido em Portugal pelo BETAR Consultores, Ltda. Os módulos do sistema são, segundo MENDOÇA, BRITO e MILHAZES (2010):

- Tabelas Auxiliares Gestão de Permissões
  - Módulo de Inventário Módulo de Inspeções Principais
  - Módulo de Inspeções de Rotina
  - Módulo de Inspeções Subaquáticas
  - Módulo de Batimetria • Módulo de Histórico
  - Módulo de Consultas
  - Módulo de Registo de Transportes Especiais • Módulo de Relatórios
- Exportação em Lotes

#### 2.6.2.3. Bridgit

É um pacote de software de gerenciamento de OAE's, destinado a atender as necessidades das agências estaduais, locais e outras. Fornece orientação sobre decisões de gerenciamento de nível de rede e ações em nível de projeto. O Bridgit foi desenvolvido no âmbito do Programa Cooperativo de Pesquisa Rodoviária (National Cooperative Highway Research Program - NCHRP).

Moscoso (2017) apresentou a tabela 3, com alguns dos outros principais sistemas de gerenciamento utilizados em nível mundial, apresentando a escala adotada por cada sistema, o intervalo entre cada vistoria rotineira, o nome do software e as observações analisadas durante a vistoria.

Tabela 3 - Alguns sistemas de gerenciamento no mundo.

País	Escala das notas de Avaliação	Tempo entre as Inspeções	Software - Observações nas Inspeções
Estados Unidos	0 - 9	2 anos	BMS - Estados dos elementos, reparação, manutenção, reabilitação ou substituição
França	1 - 3	3 anos	LAGORA - Urgência de manutenção, de reparos e segurança
Alemanha	1 - 4	3 anos	SIB-Defeitos, ameaça à segurança
Noruega	1 - 4	1 ano	Brutus-Capacidade de carga, operações de tráfego, custos de manutenção
Sul África	4 categorias	3 - 5 anos	STRUMAN-Danos severos, cargas, urgência de reparos
Suécia	3 categorias	3 anos	BaTMan-Física, funcional e condição econômica
Reino Unido	1 - 5	2 anos	SMIS-Capacidade de carga, manutenção, reabilitação

Fonte: Moscoso(2017)

Logo, ao utilizar o software SGO, o Brasil se equipara, a nível de tecnologia, com os demais países conhecidos mundialmente por serem bons gestores de OAE's. Porém, utilizar o software para armazenar dados, não é suficiente para manter a preservação dessas estruturas. O software auxilia na verificação de quais OAE's precisam de manutenção e reparos, mas não os faz por si só.

## **4. PESQUISA E ANÁLISE DOS DADOS REFERENTES ÀS PONTES FEDERAIS E ESTADUAIS:**

### **4.1. Dados das pontes Federais**

Para o estudo das pontes federais do Estado do Ceará, o levantamento de dados se deu a partir do SGO, que foi consultado com o apoio do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) do município de Russas/Ceará. Apesar de ter a opção de gerar relatórios em lote, os modelos disponíveis não apresentavam todas as informações necessárias para este trabalho, de forma que a coleta das informações referentes às pontes federais, foi realizada de forma manual.

Assim, as informações de cada ponte foram acessadas individualmente no SGO, para a composição da base de dados. Abaixo, têm-se os dados que foram buscados durante a pesquisa no SGO.

- Coordenadas geográficas;
- Nota técnica das vistorias do DNIT;
- Condição da estrutura segundo o DNIT;
- Data da última vistoria do DNIT;
- Tipo de estrutura das pontes;
- Patologias recorrentes nas pontes;
- Data de construção das pontes.

Com os parâmetros de coleta definidos, iniciou-se a busca dos dados. Nas seções abaixo, os resultados obtidos foram discutidos.

#### **4.1.1. Data de construção das pontes**

##### **4.1.1.1 Dados do SGO**

Constatou-se que o Estado do Ceará possui 399 OAE's de jurisdição federal, nas quais estão incluídas, as pontes, viadutos e bueiros de maiores dimensões. Com a pesquisa, obteve-se a data de construção de 322 pontes, totalizando 80% de todas as OAE's federais do Estado.

As pontes foram separadas por décadas de construção. As datas individuais de cada ponte podem ser verificadas no drive compartilhado que se encontra nos anexos deste trabalho. Na Tabela 4, apresenta-se o número de pontes construídas em cada década. Em relação às pontes que possuem o registro de data de construção, obteve-se que 317 delas foram construídas antes dos anos 2000.

As pontes mais antigas do Ceará informadas no SGO são as pontes sobre o Riacho dos Frios e a ponte do Km 106,29, que foram construídas nos anos de 1946 e 1938 respectivamente. Optou-se por incluí-las nas pontes da década de 1950. Com essa informação, nota-se que a ponte do Km 106,29, possui uma idade de 84 anos, no ano de 2022, sendo uma idade expressiva, visto que, segundo VESHOSKY et al. (1994), que estudou as taxas de degradação de estruturas de aço e de pontes de concreto protendido, a idade é o principal agente na degradação da superestrutura, acompanhada pelo tráfego médio diário.

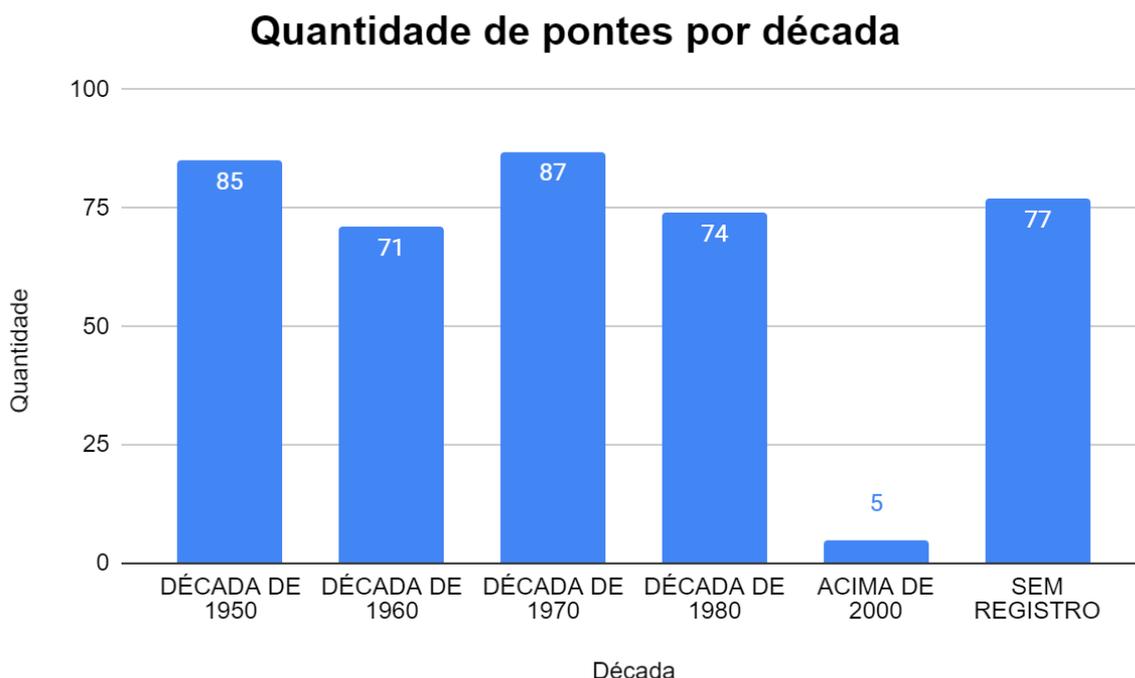
Tabela 4 - Quantidade de pontes por década

Década	Quantidade
Década De 1950	85
Década De 1960	71
Década De 1970	87
Década De 1980	74
Acima De 2000	5
Sem registro	77

Fonte: Elaborado pelo autor

Ainda pela tabela 4, nota-se que 85 das 322 pontes com datas registradas possuem no mínimo 63 anos, considerando 1959 como último ano da década de 1950. Abaixo, encontra-se o Gráfico 1, que representa a quantidade de pontes em cada década.

Gráfico 1 - Quantidade de pontes por década



Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.1.1.2. Trecho Fortaleza-Sobral - BR-222

Tratando-se de idade, é imprescindível retratar a rodovia BR-222 - trecho Fortaleza-Sobral, pois, com a autorização de sua construção em 1921, como aponta Aguiar (2011), foram construídas as pontes modernas mais antigas registradas no Estado do Ceará. Foram construídas 6 obras de arte especiais, cujo a data de construção, difere das datas registradas no SGO. Segundo Aguiar (2011) as 6 pontes são as seguintes:

- Ponte sobre o rio Juá, 15 metros de vão (Figura-22)
- Ponte sobre o rio Aracati-Assu (Figura -23)
- Ponte sobre o riacho dos Frios (Figura-24)
- Ponte Othon de Alencar, 200 metros de vão (Figura-25)
- Ponte sobre o rio Curú, 90 metros de vão (Figura -26)
- Ponte sobre o rio Cauhype, 20 metros de vão.

As cinco primeiras pontes foram construídas até o ano de 1929, isso reflete em uma idade de quase 100 anos. Todas as pontes que possuíam menores vãos da BR-222 trecho Fortaleza - Sobral, foram construídas em concreto armado,

utilizando-se um projeto padrão, como aponta Aguiar (2011), porém, as pontes de maiores vãos como a ponte Othon de Alencar, finalizada em 1932 e que possui 200 metros de vão, divididos em 8 tramos de 25 metros, foi construída com um projeto diferente e muito moderno para a época.

Ao tratar das datas de construção das pontes, um ponto a ser mencionado é o fato de que as pontes citadas, construídas na BR-222 trecho Fortaleza - Sobral, foram construídas pela inspetoria federal de obras contra as secas (IFOCS), tornando-se posteriormente o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). No ano de 1934, o engenheiro Vinícius César Silva de Berredo, assinou artigos sobre a padronização de obras de arte, nos boletins do IFOCS do ano de 1934. Os artigos tratavam da uniformização de tipos de sobrecarga móvel a serem levados em consideração nos projetos de OAE's para estradas de rodagem, segundo Queiroz(2020). A relevância dessa informação se confirma com as falas do engenheiro Vinícius César, ao afirmar em seus artigos que o cálculo das pontes construídas pela IFOCS, não possuía trem-tipo padrão, ou seja, isso se traduz em cargas móveis diferentes para cada OAE, como aponta Queiroz(2020).

Abaixo, segue as imagens das pontes da BR-222 obtidas na pesquisa:

Figura 22 - Ponte sobre o rio Juá (IFOCS,1929)



Fonte: Aguiar (2011)

Figura 23 - Ponte sobre o rio Aracati-Assu (IFOCS,1929)



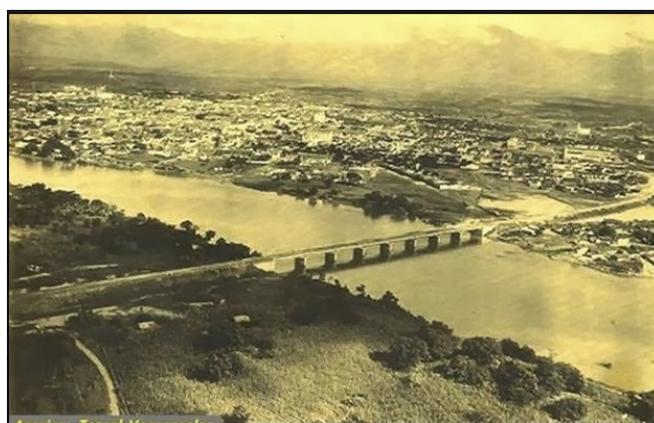
Fonte: Aguiar (2011)

Figura 24 - Ponte sobre o riacho Frio (IFOCS,1929)



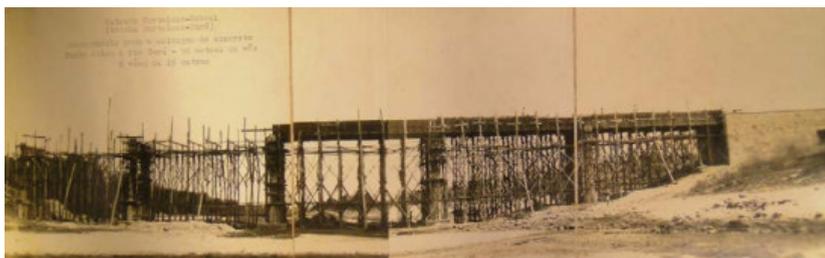
Fonte: Aguiar (2011)

Figura 25 - Ponte sobre o rio Acaraú - Ponte Othon Alencar



Fonte: Disponível em < <http://laprovitera.blogspot.com/2019/10/danacoes-de-antigamente.html> >

Figura 26 - Construção da Ponte sobre o rio Curú



Fonte: Aguiar (2011)

#### 4.1.2. Classificação das pontes segundo a nota Técnica

Como explicado na revisão bibliográfica, o DNIT classifica a conservação das pontes de acordo com 5 notas, onde a nota 5 equivale a melhor nota e representa uma obra sem problemas e vai decaindo até à nota 1, que representa uma obra com sérios riscos estruturais. As notas e as classificações estão exemplificadas abaixo, na tabela 5. A ficha de classificação completa pode ser verificada no anexo A do documento.

Tabela 5 - Correlações entre as notas atribuídas e a categoria dos problemas estruturais detectados nas inspeções de pontes rodoviárias.

Nota	Danos no elemento/insuficiência estrutural	Ação corretiva	Condições de estabilidade	Classificação das condições da ponte
5	Não há danos nem insuficiência estrutural	Nada a fazer.	Boa	<b>Obra sem problemas</b>
4	Há alguns danos, mas há sinais de gerando insuficiência estrutural	Nada a fazer; apenas serviços de manutenção	Boa	<b>Obra sem problemas importantes</b>
3	Há danos gerando alguma insuficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra.	A recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, neste caso, colocar-se o problema em observação sistemática.	Boa aparentemente	<b>Obra potencialmente problemática</b> Recomenda-se acompanhar a evolução dos problemas através das inspeções rotineiras, para detectar, em tempo hábil, um eventual agravamento da insuficiência estrutural.

Nota	Danos no elemento/ insuficiência estrutural	Ação corretiva	Condições de estabilidade	Classificação das condições da ponte
2	Há danos gerando A recuperação significativa insuficiência (geralmente com estrutural na ponte, porém reforço estrutural) da não há ainda, obra deve ser feita aparentemente, um risco no curto prazo. tangível de colapso estrutural.		Sofrível	<b>Obra problemática</b> Postergar demais a recuperação da obra pode levá-la a um estado crítico, implicando também sério comprometimento da vida útil da estrutura. Inspeções intermediárias são recomendáveis para monitorar os problemas.
1	Há danos gerando grave A recuperação insuficiência estrutural na (geralmente com ponte; o elemento em reforço estrutural) – questão encontra-se em ou em alguns casos, estado crítico, havendo um substituição da obra risco tangível de colapso – deve ser feita sem estrutural. tardar.		Precária	<b>Obra crítica</b> Em alguns casos, pode configurar uma situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhada de medidas preventivas especiais, tais como: restrição de carga na ponte, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramentos provisórios, instrumentação com leituras contínuas de deslocamentos e deformações, etc.

Fonte: (Fonte: DNIT, 2004).

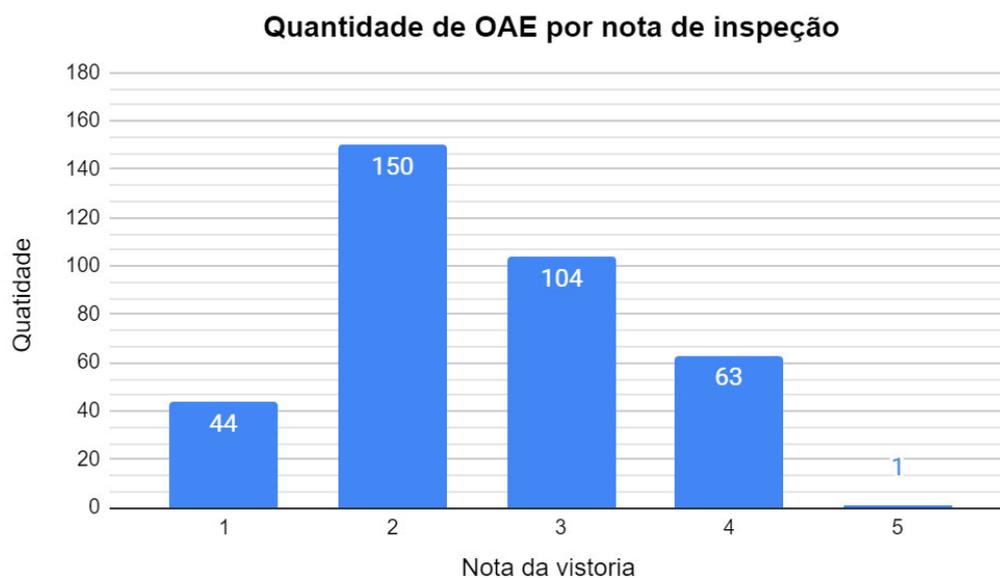
A tabela 6 e o gráfico 2 apresentam o quantitativo e as condições das pontes federais, onde 44 encontram-se em estado precário (problemática), ou seja, 11% das pontes do estado receberam nota mínima, 150 estão em situação sofrível (problemática), totalizando (37%), 104 em observação (26%), 63 em boas condições (15%), somente uma ponte recebeu nota máxima, representando 0,2%, 37 pontes não possuíam nota técnica até a data da pesquisa. A classificação destas pontes decorre da classificação do DNIT após a realização de inspeções e vistorias no ano de 2020.

Tabela 6 - Condições das pontes federais do Ceará

Nota	Condição	Quantidade
1	Precária	44
2	Sofrível	150
3	Em observação	104
4	Boas condições	63
5	Excelente	1

Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 2: Quantidade de OAE's por nota de inspeção



Fonte: Elaborado pelo autor

Percebeu-se uma piora nas notas com o avanço dos anos. Pela tabela 6, nota-se o decaimento das notas de 2014 a 2020, onde todas as pontes analisadas, obtiveram nota mínima no ano de 2020. Para as pontes sobre o riacho Cachoeira e sobre o rio Juá, percebe-se uma piora expressiva, onde a nota técnica, em apenas 6 anos, passou de 5, estado excelente, para 1, estado crítico.

Tabela 7 - Análise das pontes em estado crítico

Ponte	Nota 2014	Nota 2018	Nota 2020
Pontilhão 87	2	2	1
Carrapateira	3	2	1
Bom Jesus	3	2	1
Riacho sobre o rio Jordão	3	3	1
Riacho cachoeira	5	3	1
Rio Ceará	3	1	1
Juá 2	5	2	1

Fonte: Elaborado pelo autor

A análise do decaimento das notas foi realizada apenas nas pontes que obtiveram nota mínima em 2020. Tem-se a tabela 8, que mostra o restante das pontes com nota mínima em 2020, porém, que não possuíam dados referentes a 2014. Retirando-se as que mantiveram nota 1, em 2018 e 2020, todas as pontes receberam uma nota menor em 2020 do que em 2018, caracterizando um agravamento nas patologias.

Tabela 8 - Pontes Federais com nota mínima em 2020

Ponte	Nota 2014	Nota 2018	Nota 2020
Cuncás		4	2
Felizardo		2	1
Capim Pubo		2	1
Sangue 1		2	1
Cachoeirinha		3	2
Tourão			1
Km 76		3	2
Flores belas		1	1
94			1
Rio Ceará LD		2	1
Cruxati		1	1
Lagamar		3	1
Coaçu		1	1
Carro quebrado		1	1

Ponte	Nota 2014	Nota 2018	Nota 2020
Transnordestina Id		1	1
Transnordestina le		1	1
Riacho coaçu		1	1
Cocó LD		3	1
Cocó LE		1	1
Pirangi		2	1
São Pedro		2	1
Banabuiu		2	1
111		1	1
Umburanas		1	1
Piranji		2	1
Bananeira		2	1
Cocó Le Marginal		2	1
135		2	1
Rio Ceará le		2	1
Ponte Km 3		2	1
Viaduto sobre Br 116		1	1
Riacho Seco		2	1
Ponte km38		3	1
Ponte Km 0		2	1
Ponte km 0		3	1
Gado bravo			1

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.1.3. Classificação das pontes segundo o tipo de estrutura

Sobre as características das pontes do Estado do Ceará, observa-se que elas não possuem grandes vãos a serem vencidos. As pontes construídas no Estado possuem estruturas majoritariamente em concreto armado, sistema estrutural mais comum utilizado. Foi constatado que 47% das pontes foram construídas em viga de concreto armado, 23% em laje de concreto armado, 12% em outros sistemas estruturais e 11% não possuíam registro. Os dados podem ser conferidos na tabela 9.

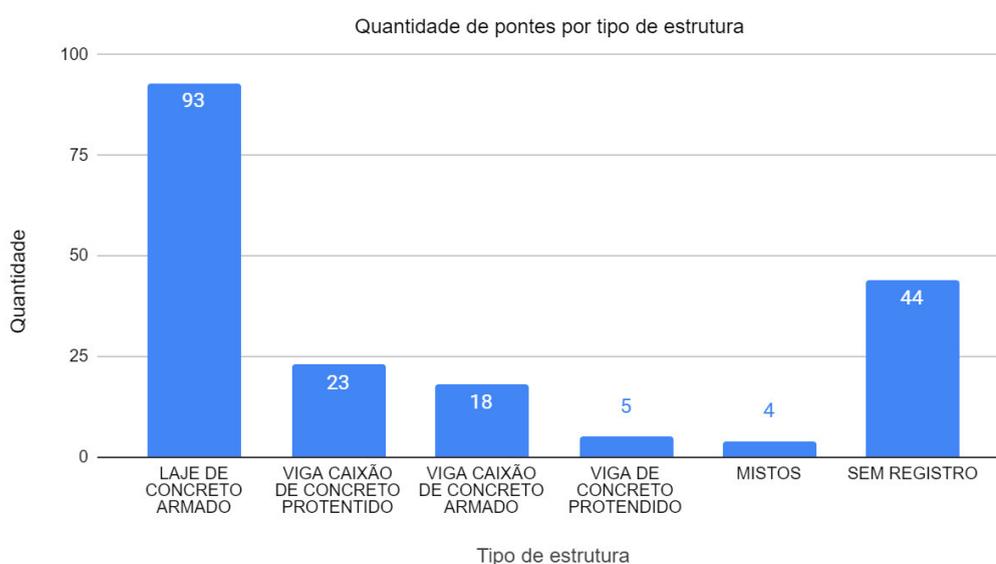
Notou-se que 92% das pontes federais do Estado possuem extensões menores que 100 metros. Porém, o Estado possui 4 pontes com extensões superiores a 400 metros. A maior delas, localizada sobre o Rio Jaguaribe, possui 467 metros de extensão e foi construída em viga de concreto protendido. Ela foi construída em 1985 e conta com pista dupla, chegando aos 15 metros de largura, suas coordenadas geográficas são -4.5765166667, -37.7883500000, representando a latitude e longitude respectivamente.

Tabela 9 - Quantidade de pontes por tipo de estrutura

Tipo de estrutura	Quantidade
Viga de concreto armado	191
Laje de concreto armado	93
Viga Caixão de concreto protendido	23
Viga caixão de concreto armado	18
Viga de concreto protendido	5
Mistos	4
Sem registro	44

Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 3 - Quantidade de pontes por tipo de estrutura



Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.1.4. Distribuição das OAE's por mesorregião do Ceará.

O estado do Ceará é dividido em sete mesorregiões que convergem características econômicas e sociais. A Tabela 10 apresenta o quantitativo da distribuição de pontes Federais e Estaduais por mesorregião. Dividiu-se as pontes Federais de acordo com a condição da OAE, segundo os dados do DNIT.

Tabela 10 - Distribuição das pontes por mesorregião

Mesorregião	Estado de conservação				Estadual
	Boa	Regular	Problemática	Não identificado	
Noroeste	22	19	16	3	43
Norte	20	10	20	1	34
Região Metropolitana de Fortaleza	52	26	16	23	24
Sertões cearenses	26	27	28	2	52
Jaguaribe	2	8	13	0	27
Centro Sul	2	6	11	8	12
Sul	1	3	2	0	12

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2. Médias de cloretos em mg. Cl- /m<sup>2</sup>.dia para o Estado do Ceará

Foi utilizado o trabalho de Luna et al. (2008) como base para análise dos teores de cloretos na atmosfera do Ceará. O trabalho utilizou um total de 18

estações de acompanhamento, distribuídas por todos os microclimas do Estado do Ceará. Foram recolhidas várias variáveis para a correta definição da agressividade do Estado, dentre elas, destacam-se; teores de cloretos, sulfatos e partículas sedimentáveis, taxa de corrosão dos materiais utilizados na rede de distribuição de energia, como o aço carbono, cobre eletrolítico, bronze, além de medições de temperatura e umidade relativa do ar. Na Tabela 11, encontra-se a média das taxas de deposição de cloretos, dos 4 anos de pesquisa. Percebe-se, como esperado, que as maiores médias de concentração foram de estações localizadas na faixa costeira do Estado, tendo Cofeco uma média de 2456,05 mg. Cl- /m<sup>2</sup>.dia.

Tabela 11 - Média de concentração de cloretos nas estações de pesquisa do trabalho de Luna et.al(2008)

Identificação da Estação	Concentração de Cloretos (mg. Cl- /m <sup>2</sup> .dia)
Itapipoca	49.68
Acaraú	87.54
Sobral	44.79
Camocim	480.01
Inhuçu	23.19
Nutec	388.47
Cofeco	2456.05
Maracanaú	23.63
Pecém	88.1
B.Sucatinga	245.27
Itaiçaba	52.67
Aracati	15.86
Limoeiro	25.19
Quixadá	17
Crateús	13.51
Iguatú	26.57
Crato	25.81
Guaramiranga	63.44
Pacoti	21.16
Fortaleza ( Praia do Futuro)	378.71

Fonte: Elaborado pelo autor

### **4.3. Coleta das coordenadas das pontes estaduais do Ceará**

Foram utilizados o Google Maps® e o Google Earth® para a coleta de dados das pontes estaduais, tendo em vista que não foram encontradas bases de dados significativas que contivessem dados simples, como as coordenadas e as datas de construção das pontes estaduais. Logo, foi necessário localizar as pontes de forma manual, percorrendo o Estado virtualmente e anotando as coordenadas das pontes encontradas.

Ao final da pesquisa, obteve-se um total de 211 coordenadas de pontes Estaduais. Estas coordenadas serviram de base para a análise das posições das pontes Estaduais em conjunto com a agressividade ambiental do Ceará. A base de dados contendo as coordenadas de cada pontes encontra-se no anexo C.

### **4.4. Elaboração dos mapas**

#### **4.4.1. Software utilizado**

O QGIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto, licenciado segundo a Licença Pública Geral (GNU), assim, distribuído livremente, sem a necessidade de realizar pagamento para o serviço, tornando-o extremamente acessível e sendo uma excelente ferramenta para análise e tratamento de dados geográficos.

Conduzido pela Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) e licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU. Opera com a ajuda de voluntários, que o mantém atualizado, sem bugs, documentado, repassam o conhecimento através de fóruns e fornecem suporte para os usuários.

Utilizado principalmente para a elaboração de mapas, o software possibilita a construção de mapas a partir de camadas raster e ou vetoriais. O QGIS também possibilita o tratamento de dados, armazenados em pontos, linhas ou polígonos, e também tem a capacidade de realizar tratamento de imagens para o processo de georreferenciamento.

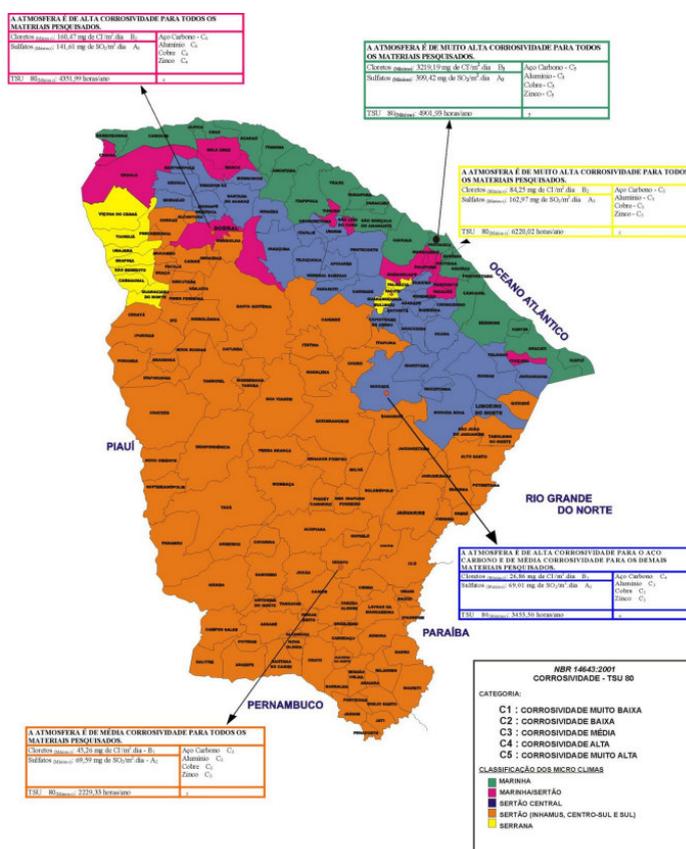
Figura 27 – Logo QGIS



Fonte: < www.qgis.org >

O software foi utilizado para reproduzir o mapa obtido em Luna et al. (2008), que contempla as zonas de agressividade do Estado do Ceará de acordo com a Figura 28, que classifica o Estado em 5 zonas de agressividade e para a construção dos mapas propostos no trabalho, os quais representam o mapeamento das pontes federais e estaduais de acordo com a zona de agressividade, mapeamento das pontes federais de acordo com a idade e mapeamento das pontes federais e estaduais de acordo com a mesorregião.

Figura 28 - Mapa do Ceará: Corrosividade TSU 80 em função dos micro climas



Fonte - Luna et.al (2008)

#### 4.4.2 Representação do mapa de agressividade com o Software QGIS.

A variável de agressividade atmosférica utilizada na confecção do mapa foi a concentração de íons cloretos na atmosfera. O mapa foi elaborado para servir de base para a inserção das coordenadas das pontes federais e estaduais. Para a confecção do mapa com o software QGIS, foram utilizadas camadas disponibilizadas na internet, os arquivos do tipo SHAPEFILE, do Estado do Ceará, dos municípios do Estado, e ainda do território brasileiro, disponíveis no site do IBGE e do IPECE, Figura 29.

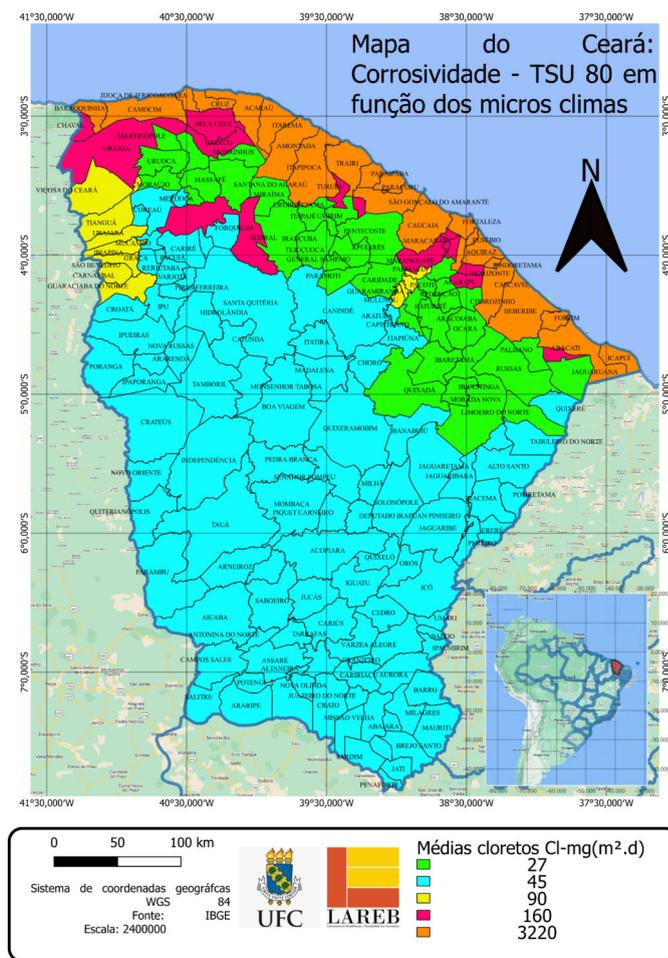
O sistema de coordenadas utilizado na criação do mapa foi o WGS-84, mesmo que o recomendado para ser utilizado em todos os trabalhos brasileiros seja o SIRGAS 2000, atualmente, não existem parâmetros de transformação entre SIRGAS 2000 e WGS 84 porque eles são praticamente iguais, ou seja,  $DX = 0$ ,  $DY = 0$  e  $DZ = 0$ . O sistema utiliza coordenadas geográficas (Latitude e Longitude). Por fim, colocou-se as informações referentes a cada zona de agressividade, Figura 31 e o mapa obtido pode ser visualizado na Figura 30 e no Anexo B.

Figura 29 - Camadas vetoriais utilizadas no trabalho.



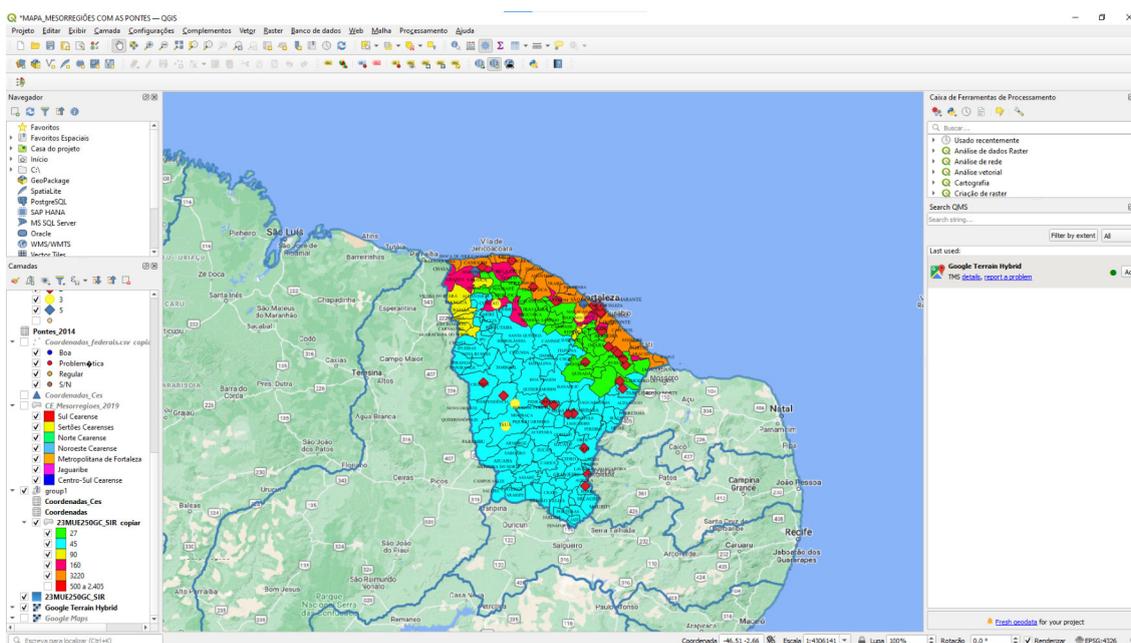
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 30 - Agressividade ambiental no Estado do Ceará



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 31 - Ambiente de desenvolvimento Qgis

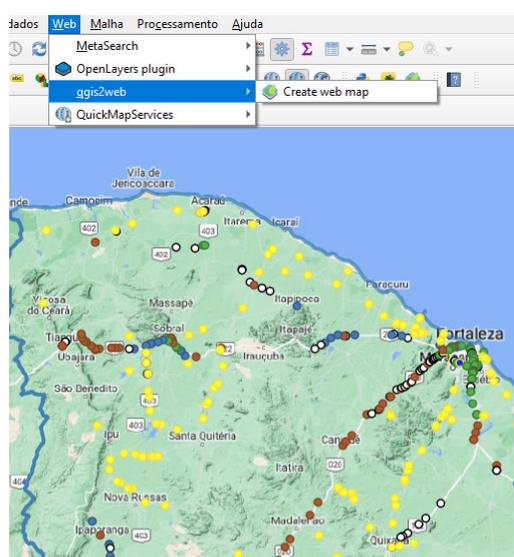


Fonte: Elaborado pelo autor

### 4.4.3 Elaboração do Website

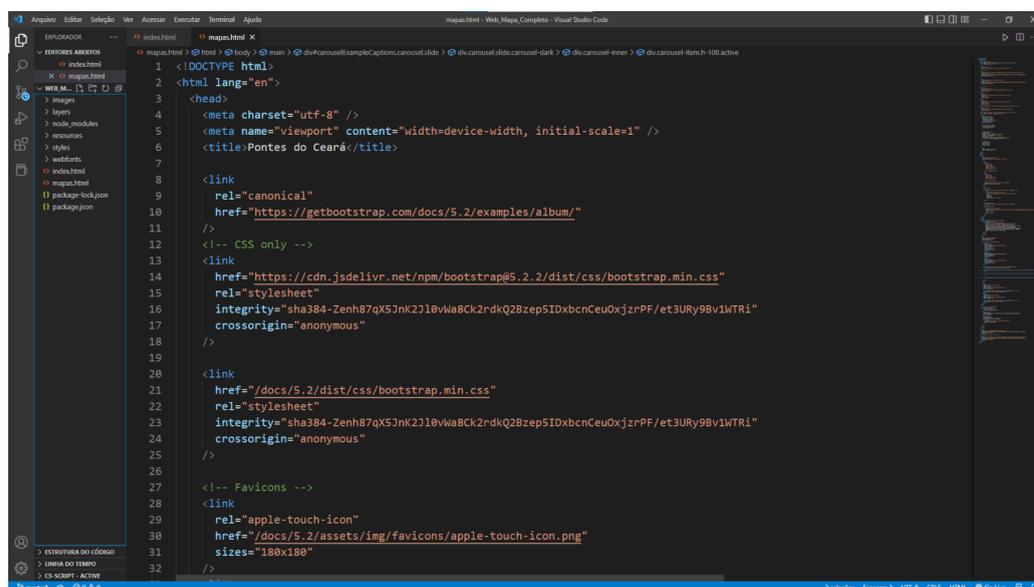
Para a elaboração do Website que contém todos os dados das pontes encontrados durante a pesquisa, utilizou-se um plugin do software QGIS, o “qgis2web”. O plugin permite a criação de mapas interativos em formato web. Além do plugin, foram utilizadas ferramentas para a criação do Website, como o bootstrap, que permite a utilização de blocos de código para sites e o editor de código Vscode.

Figura 32 - Plugin qgis2web.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 33 - Interface do Vscode



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5. RESULTADOS

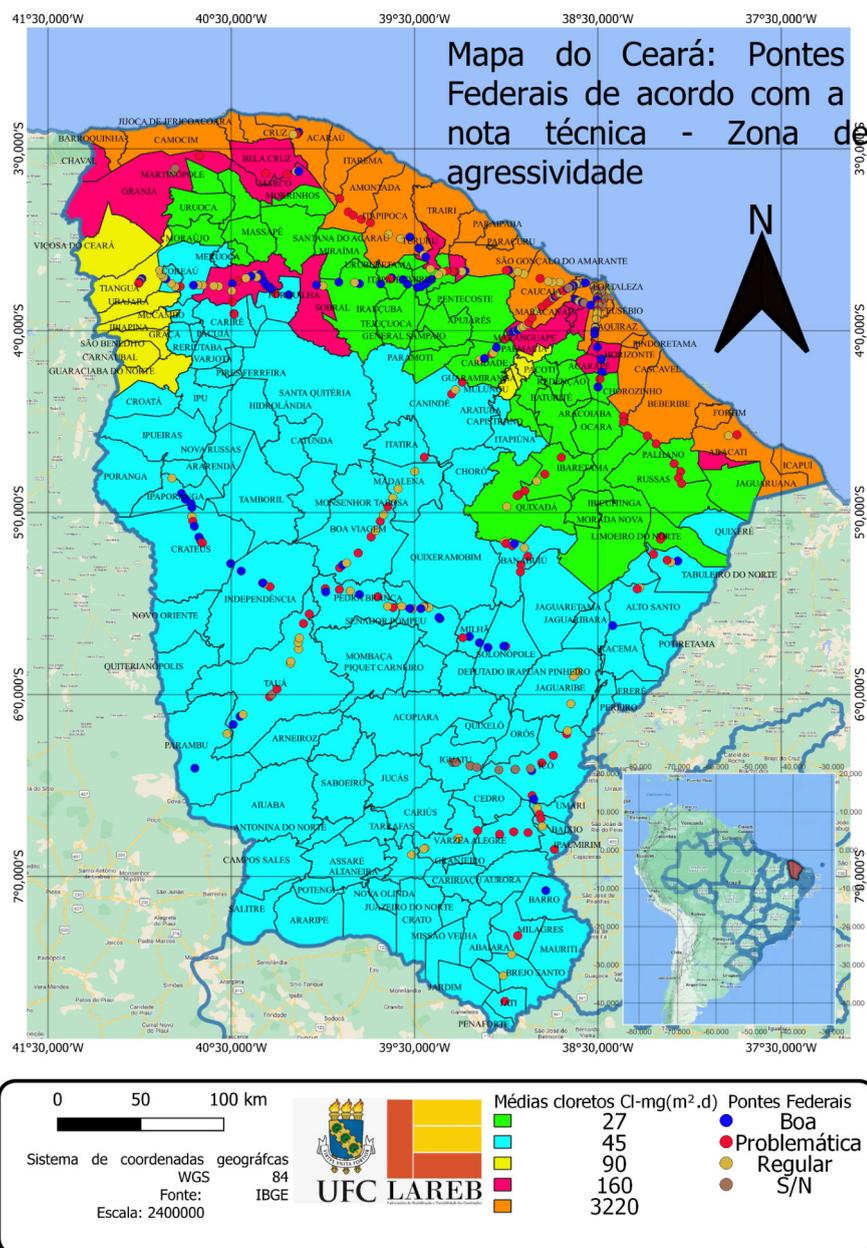
### 5.1. Mapa de agressividade em conjunto com as pontes, levando em consideração as notas técnicas do DNIT.

Como o Estado contém 399 OAE's Federais catalogadas e foram encontradas 211 OAE's estaduais, após verificação, preferiu-se dividir o mapeamento em dois mapas. Para a elaboração do primeiro, foram utilizados somente os dados das OAE's federais e para o segundo, somente dados das OAE's estaduais. Essa separação proporcionou melhora na visualização das pontes do Estado, principalmente se analisados pelas imagens de alta qualidade disponíveis em anexo e no link do drive do trabalho, localizado nos anexos do trabalho. Os mapas podem ser visualizados nas Figuras 34 e 36. Os mapas completos se localizam no anexo B. O mapa da Figura 34 foi construído com base em dados disponibilizados pelo DNIT de vistorias realizadas no ano de 2018. As pontes foram divididas em três condições: boa, regular e problemática, segundo o DNIT, onde essas condições representam os conjuntos de notas técnicas 1-2, 3, e 4-5, respectivamente.

Percebe-se, pelo mapa das Figura 35, que 37 pontes que receberam notas 1 e 2, localizam-se na zona de maior agressividade, a região costeira do Estado. Nesse sentido, pelos aspectos apresentados neste trabalho, pode-se afirmar que o ambiente em que a OAE se encontra, juntamente com a idade da ponte e a falta de manutenções preventivas, influi diretamente na conservação da vida útil da mesma. Uma zona de agressividade ambiental elevada, incrementa a necessidade de vistorias em um intervalo menor do que o prazo comum, de 2 anos, indicado pelo DNIT, visto que, como apresentado nas seções anteriores deste trabalho, os processos de deterioração dos materiais das pontes se tornam mais rápidos e severos.

Percebe-se também pelo mapa da Figura 34, que as outras pontes que receberam notas 1 e 2, estão presentes em zonas menos agressivas e mesmo assim, apresentam altos índices de corrosão, devido à problemas de drenagem e falta de manutenções, segundo dados do DNIT.

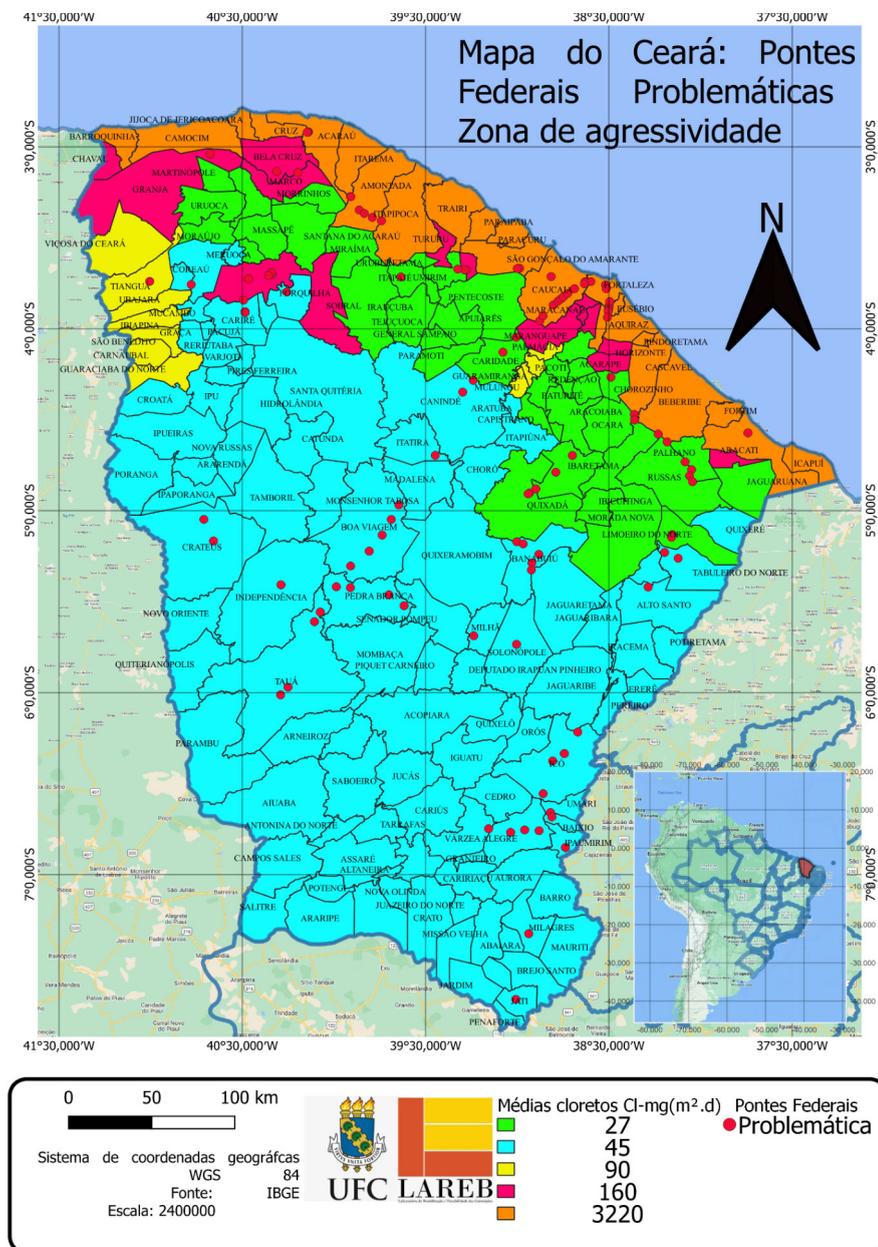
Figura 34 - Mapa de agressividade em conjunto com os dados das pontes Federais, segundo vistoria do DNIT 2018.



Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa apresentado na Figura 35, apresenta somente as pontes em situação problemática de acordo com inspeções do DNIT em 2018, em consonância com os dados das idades das pontes Federais registrados, pode-se observar que 39 pontes em condição problemática foram construídas na década de 1950, 26 na década de 1960, 35 na década de 1970 e 7 na década de 1980.

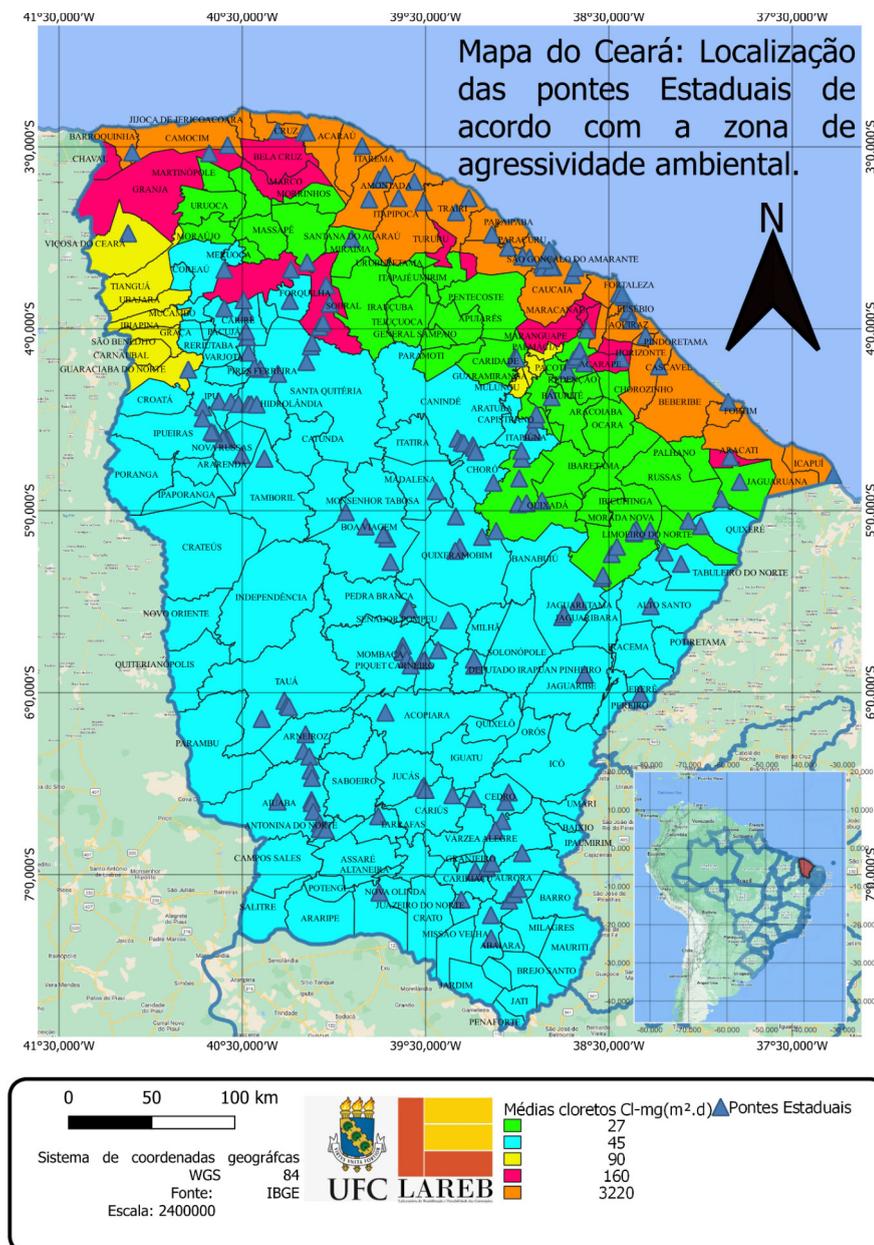
Figura 35 - Mapa de agressividade em conjunto com os dados das pontes Federais em condição problemática, segundo vistoria do DNIT 2018.



Fonte: Elaborado pelo autor

Além das pontes Federais, têm-se outras 35 pontes estaduais localizadas na região costeira do Estado, Figura 36, ou seja, na região com maior agressividade ambiental. Não foram encontrados dados de conservação e datas de construções para as pontes estaduais, impossibilitando as análises que foram realizadas para as pontes federais.

Figura 36 - Mapa de agressividade em conjunto com os dados das pontes Estaduais



Fonte: Elaborado pelo autor

## 5.2. Mapa de agressividade em conjunto com as pontes, levando em consideração a idade das pontes Federais.

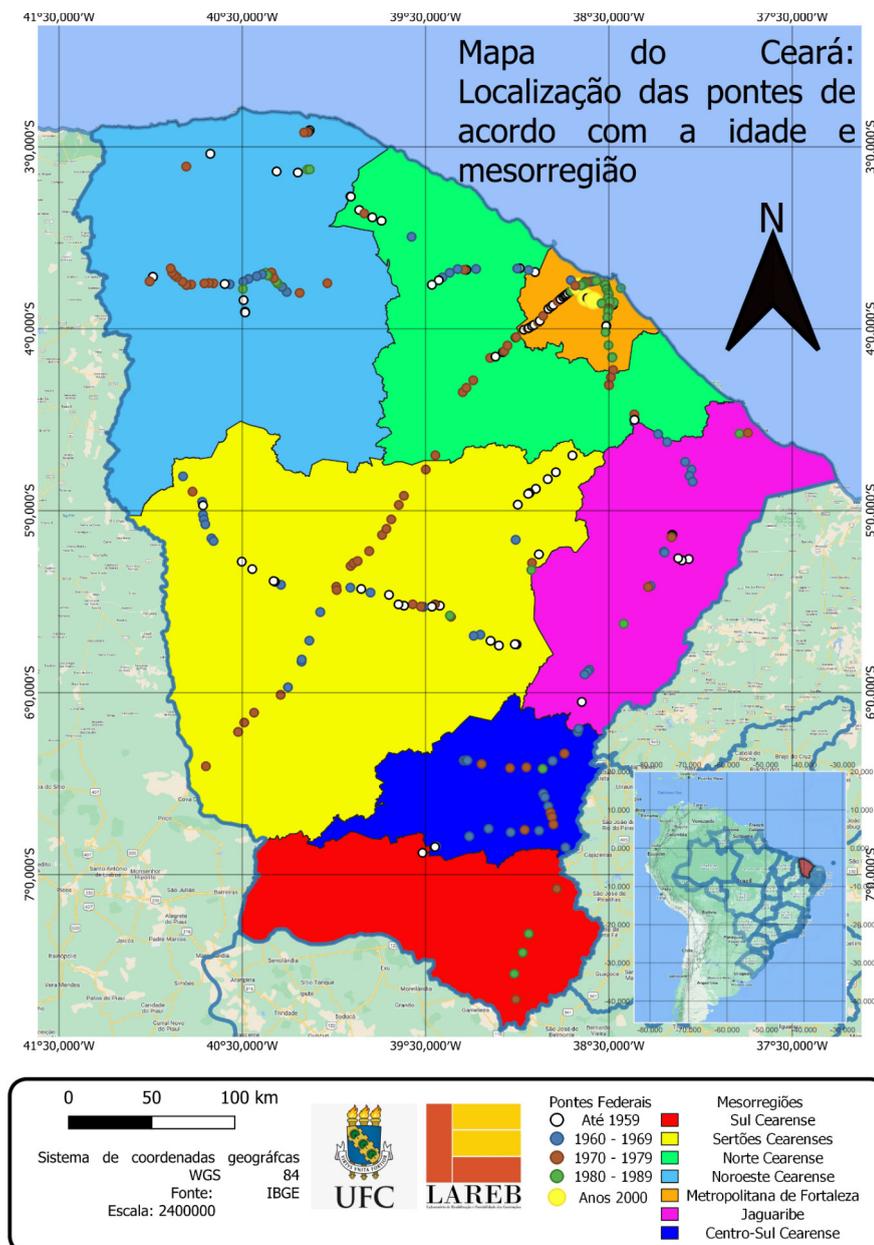
Os mapas foram construídos com os dados obtidos na pesquisa e podem ser visualizados no tópico 4.1 deste trabalho. Os dados referentes às idades das pontes foram inseridos no software QGIS em conjunto com os demais dados, já retratados

no tópico acima. Os mapas, apresentaram um resultado interessante, pois, é possível perceber, através da divisão da construção das pontes por década, como se deu o avanço das principais vias federais e onde as pontes mais antigas estão localizadas. Os mapas foram apresentados em forma cronológica, a fim de facilitar a visualização dos quantitativos das pontes, e por fim, um mapa geral foi apresentado, contendo todas as pontes juntas.

Para um melhor entendimento da localização das pontes de acordo com a idade e para se ter uma melhor noção geográfica do Estado, na Figura 37, tem-se um mapa das mesorregiões do Estado em conjunto com as pontes federais de acordo com suas idades. Com este mapa, as explicações e afirmações abaixo ficarão mais claras e visíveis. As figuras dos mapas por ordem cronológica foram apresentadas logo abaixo, os mapas completos estão disponíveis no anexo B e no link do drive disponibilizado na seção dos anexos, são eles:

- Localização das pontes de acordo com a idade e mesorregião - Figura (37)
- Pontes construídas até o ano de 1959 - Figura (38)
- Pontes construídas durante a década de 1960 - Figura (39)
- Pontes construídas durante a década de 1970 - Figura (40)
- Pontes construídas durante a década de 1980 - Figura (41)
- Localização das pontes de acordo com a idade e zona de agressividade - Figura (42)

Figura 37 - Localização das pontes de acordo com a idade e mesorregião.

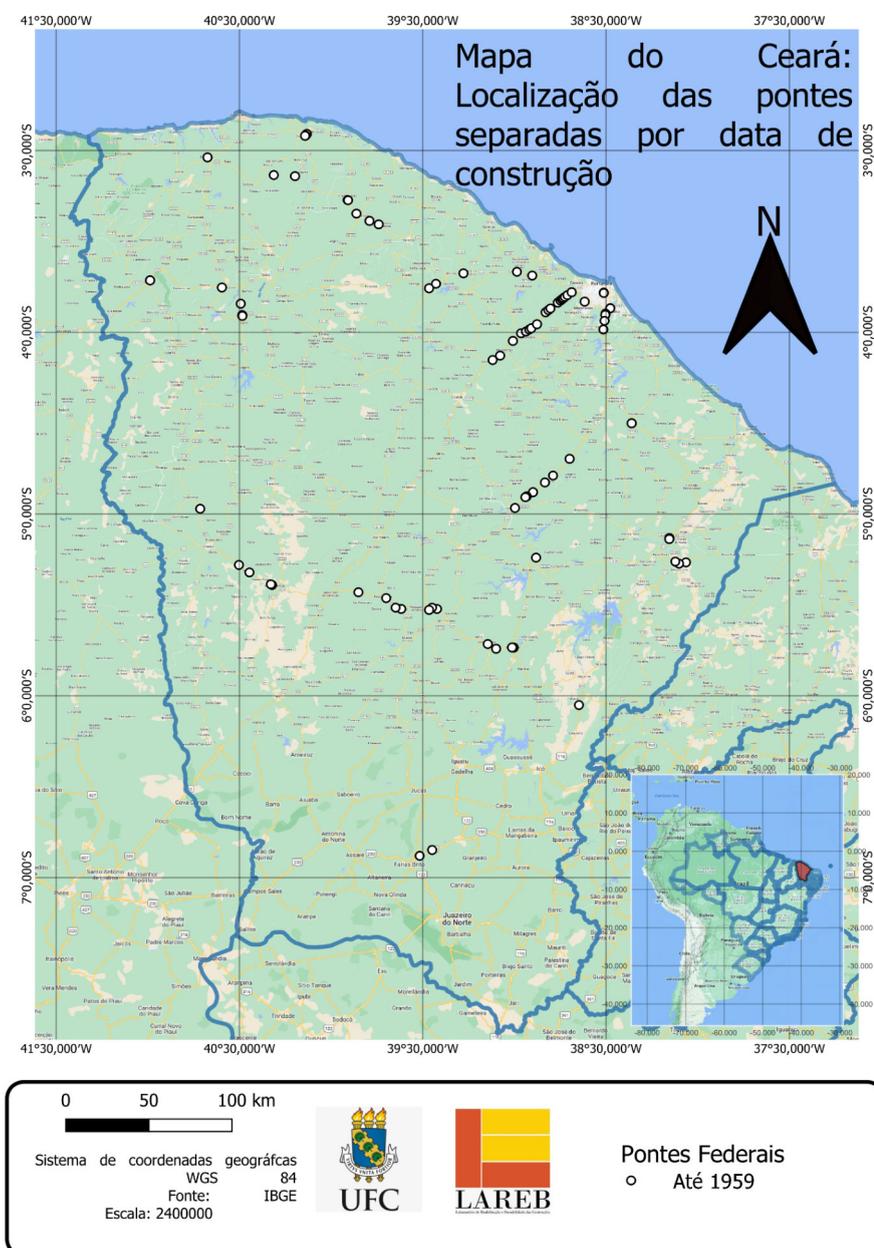


Fonte: Elaborado pelo autor

Pelo mapa das pontes construídas até 1959, é possível inferir que as OAE's construídas nessa época, tinham como objetivo principal a chegada à capital do Estado, Fortaleza, inferida pela alta concentração de pontes na região da capital e de sua região metropolitana. Apesar disso, também é possível notar pontes pelo interior do Estado e para a região da cidade de Sobral, como citado no tópico da BR-222 trecho Fortaleza-Sobral. Durante a época, a construção de OAE era

praticamente nula para as regiões do Centro-Sul Cearense, para o Sul-Cearense e para a região do Jaguaribe.

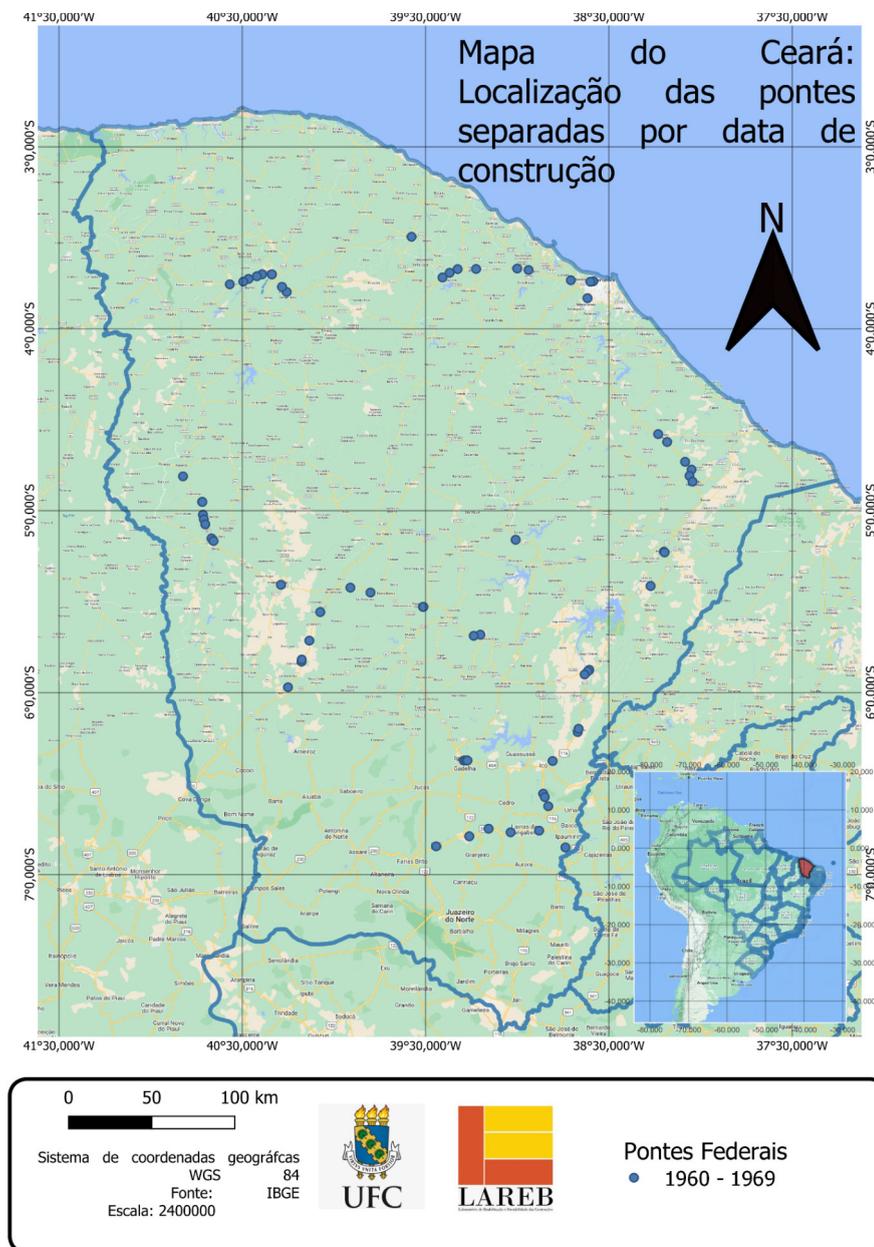
Figura 38 - Pontes construídas até 1959



Fonte: Elaborado pelo autor

Pela Figura 39, nota-se uma maior expansão das pontes para o interior do Estado, evadindo a concentração de OAE's da capital do Estado e região metropolitana, e ocupando as regiões do Centro-Sul, Jaguaribe, Sertões Cearenses e parte do Nordeste e Norte do Estado.

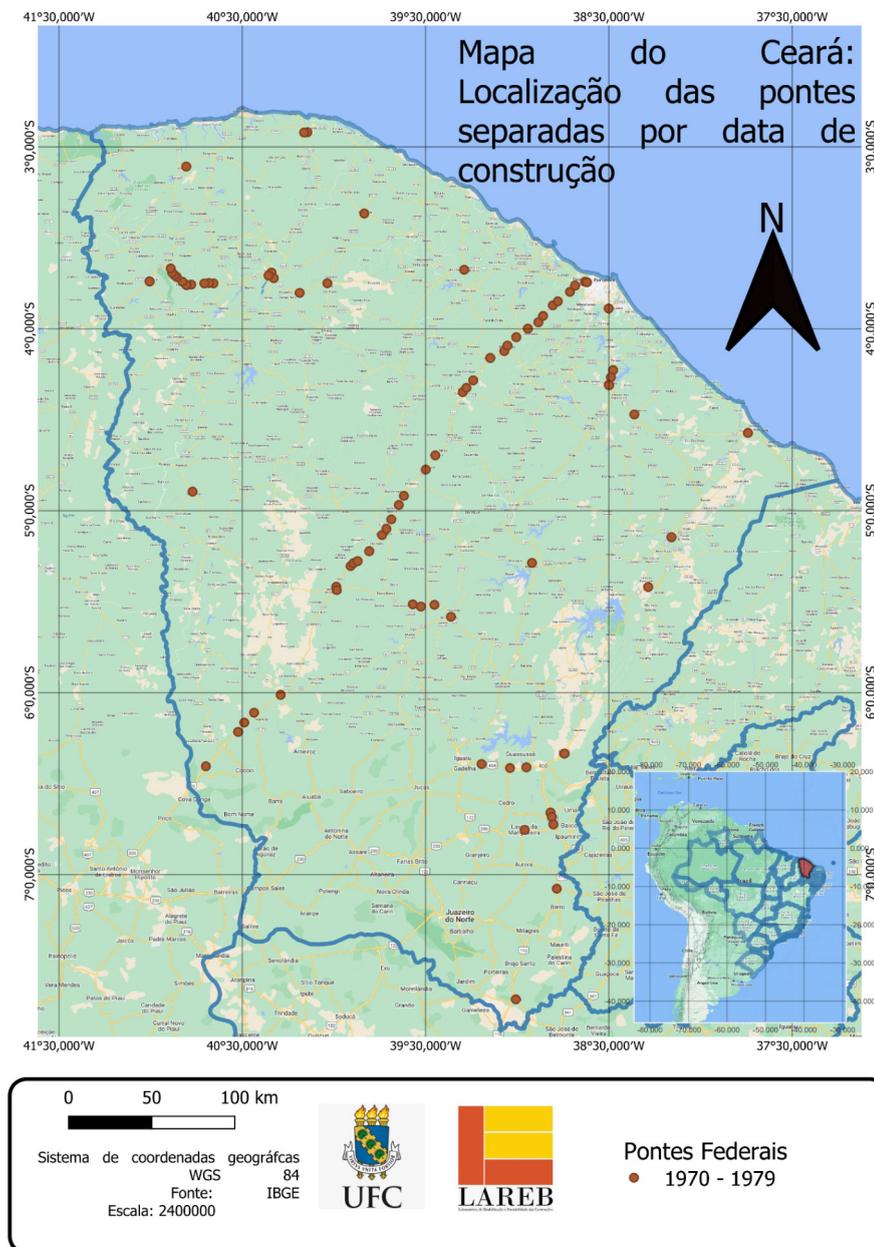
Figura 39 - Pontes construídas durante a década de 1960



Fonte: Elaborado pelo autor

Pela Figura 40, fica claro que na década de 1970, o principal objetivo do governo Federal foi desenvolver as OAE's da rodovia BR-020, rodovia Federal que liga Brasília à Fortaleza. Percebe-se, com clareza, o trecho retilíneo de novas OAE's que cortam todo o Estado, partindo da ponta da região dos Sertões Cearenses, até a região metropolitana de Fortaleza.

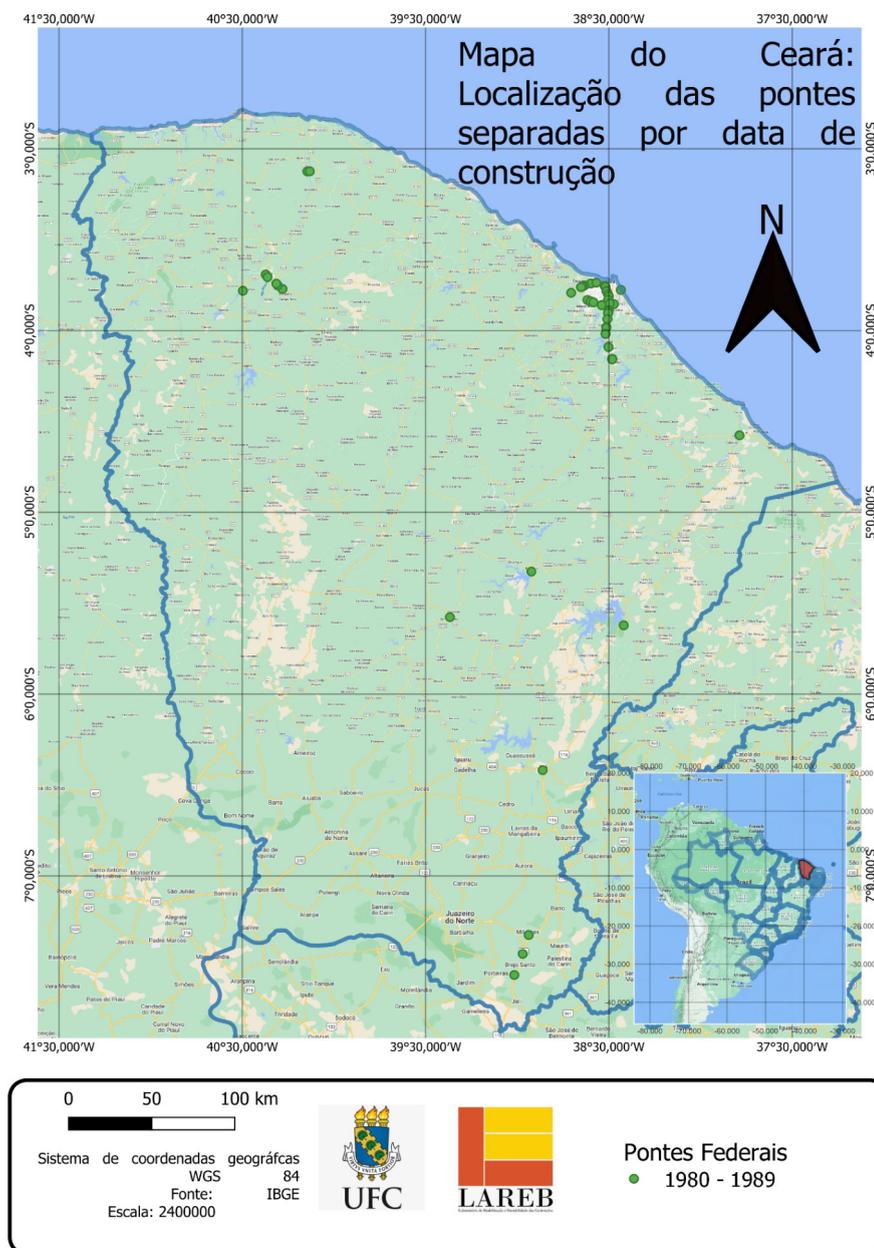
Figura 40 - Pontes construídas durante a década de 1970



Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo Silva (2017), o principal motivo para a crise econômica do Brasil na década de 1980, foi o alto endividamento externo que o país obteve na década de 1960 e 1970. Porém, observa-se que mesmo com o baixo crescimento e desenvolvimento do país, outras 75 novas OAE's federais foram construídas no Estado, dessa vez com alta concentração na região metropolitana de Fortaleza.

Figura 41 - Pontes construídas durante a década de 1980



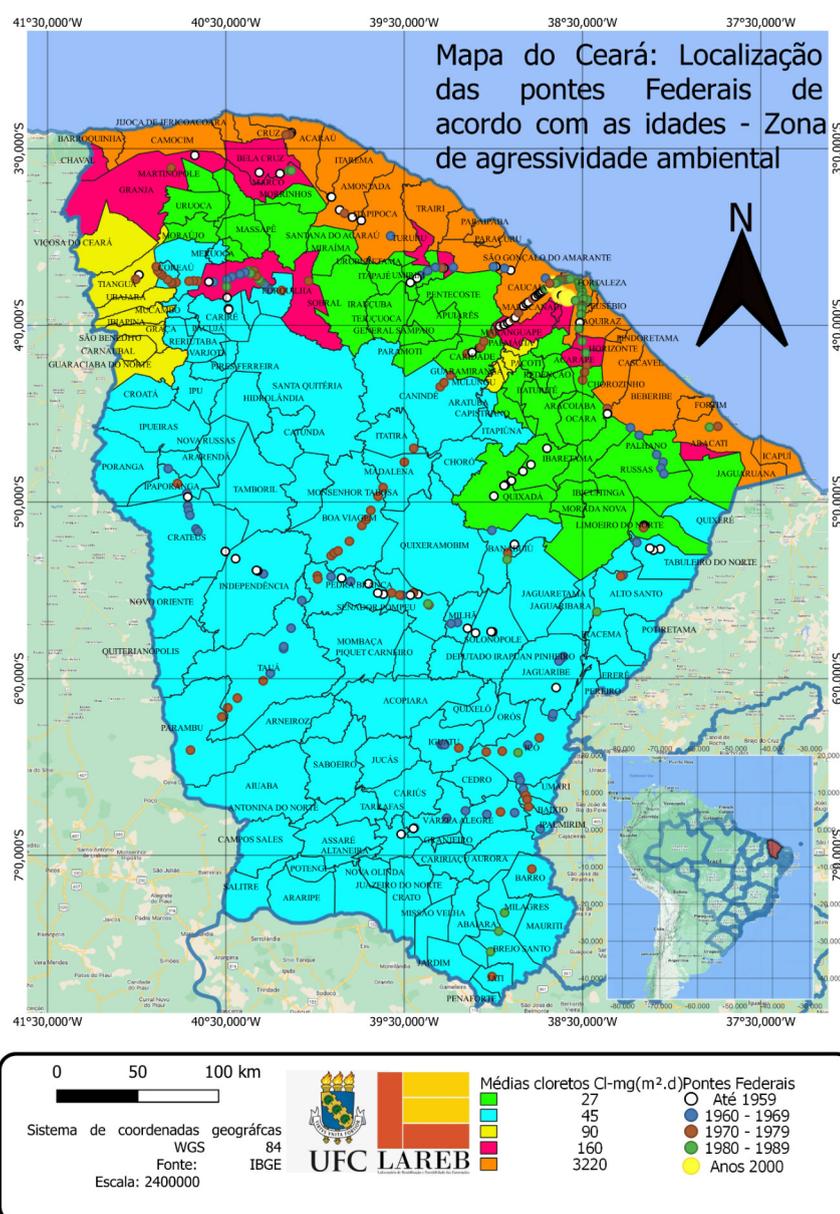
Fonte: Elaborado pelo autor

Durante os anos da década de 1990, nenhuma OAE federal tem registro de construção no SGO, 3 novas construções aparecem após os anos 2000. Apesar desse fato, não significa que não foram construídas novas OAE's estaduais, porém, como não foram obtidos dados relacionados a essas pontes, a informação não pôde ser confirmada. Abaixo, na Figura 42 , segue o último mapa referente às idades das

pontes federais, ele contém todas as pontes registradas no SGO, mas agora, levando em consideração a zona de agressividade ambiental do Estado.

Pelo mapa da Figura 42, nota-se a presença de OAE's com idades avançadas em zonas mais agressivas. Aliando-se às idades elevadas e a falta de manutenções corretivas, a agressividade ambiental é seguramente incrementada no quesito de problematização para as estruturas, já que, mesmo em áreas com menores agressividades, às patologias presentes facilitam a entrada de agentes prejudiciais à vida útil da OAE.

Figura 42 - Localização das pontes Federais de acordo com as idades e zona de agressividade.

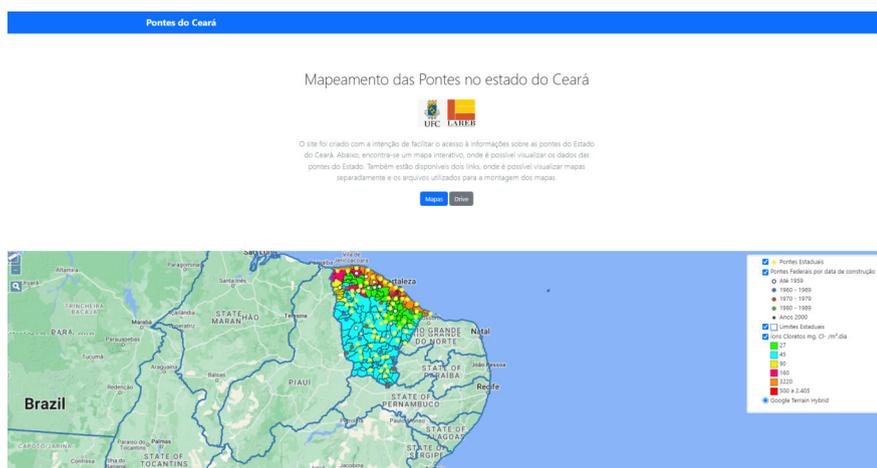


Fonte: Elaborado pelo autor

### 5.3. Website e mapa interativo

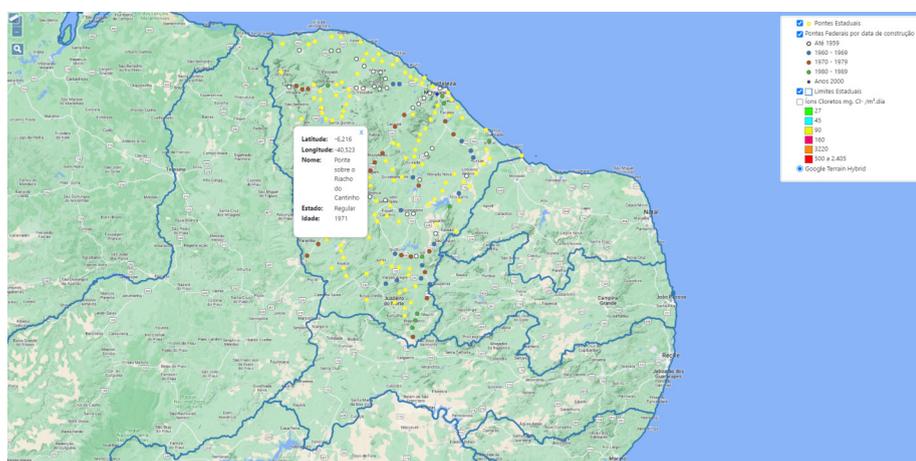
Com a criação do Website, as informações referentes às pontes do Estado do Ceará podem ser acessadas e visualizadas facilmente, Figura 43. Com o mapa interativo, Figura 44, há a possibilidade de analisar dados separadamente, como por exemplo, a zona de agressividade que a ponte se encontra, pontes federais, dívidas por data de construção, pontes estaduais e ainda, por nota técnica para as pontes federais. Além disso, o Website também conta uma página para a visualização dos outros mapas, Figura 45, expostos no presente trabalho e, ainda, o link para acessar o drive com todos os arquivos utilizados no trabalho. Para acessar o site, basta acessar o link <<https://pontesceara.000webhostapp.com/>>.

Figura 43 - Interface do Website



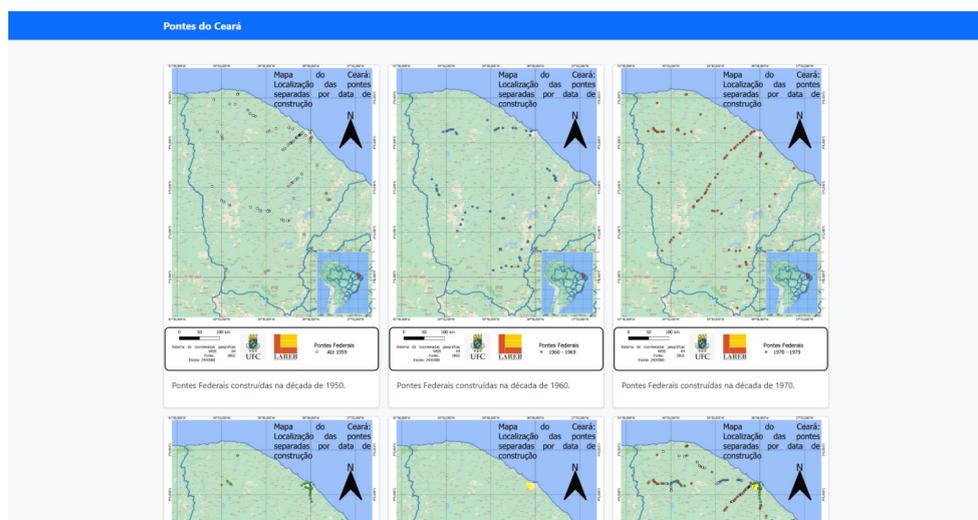
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 44 - Mapa interativo aproximado



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 45 - Página dos mapas



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6. CONCLUSÃO

Como citado na fase introdutória deste trabalho, a idade é um dos fatores mais importantes para o estado de conservação de uma estrutura de concreto, portanto, o trabalho buscou expor o ano de construção de cada ponte de acordo com os dados obtidos no SGO do DNIT. Assim, após a realização da pesquisa, notou-se que, pelo menos, 79% das pontes federais do Estado foram construídas antes dos anos 2000, levando em consideração que 317 das 399 pontes Federais encontradas no SGO possuíam a data de construção.

Após a realização da pesquisa, foi possível notar a falta de intervenções preventivas e de restauração das pontes do Estado. Na aba de vistorias, no SGO, as pontes costumavam apresentar patologias comuns e corriqueiras nas inspeções de 2014, por exemplo, que não foram resolvidas e com o tempo, as patologias se agravaram, gerando problemas maiores, tais como, deslocamento do concreto, armaduras expostas, ferragem principal muito oxidada em pontos localizados, entre diversos outros que são apresentados para cada componente estrutural da ponte no SGO.

Agora, em relação ao mapeamento das pontes e das zonas de agressividade ambiental do Estado, foi plausível confirmar as zonas mais agressivas do Estado, que se concentram nas regiões costeiras. As zonas, segundo o trabalho de Luna et.al(2008), não foram definidas somente com os dados das coletas, mas sim, com o auxílio de experimentos que analisavam a deterioração de certos materiais na zona estudada. O mapa construído aqui neste trabalho, pode ser de grande ajuda para o monitoramento e futuras intervenções em pontes que tenham recebido notas baixas durante as inspeções rotineiras e que estejam inseridas em regiões altamente agressivas.

Ademais, as notas técnicas das vistorias realizadas pelo DNIT são dados cruciais para se ter noção do estado de vida útil que uma ponte se encontra. Aliada a essa nota, os mapas desenvolvidos neste trabalho, servirão de base para entender em quais regiões do Estado existe a maior concentração de pontes e ainda, é possível enxergar a zona de agressividade ambiental na qual as pontes com as piores notas estão inseridas. Para as pontes Estaduais, a localização de cada ponte já é um bom resultado, visto que não foram encontrados dados dessas pontes, já que não estão concentrados em um único sistema, dificultando a pesquisa. Com a

disponibilização do Website, a pesquisa e visualização dos dados tornou-se vertiginosa. Apesar de simples, o site contempla todos os dados encontrados no trabalho e o mapa interativo facilita ainda mais a visualização das pontes.

Pode-se citar, como sugestão para trabalhos futuros, a criação de um roteiro generalístico para as inspeções em pontes, já que, atualmente, usa-se o prazo máximo de dois anos para se realizar uma vistoria rotineira em determinada ponte, porém, pode-se reduzir ou aumentar este valor de acordo com as características levantadas no trabalho em questão, idade, zona de agressividade na qual a ponte está inserida, nota da última vistoria e ainda alguns outros dados, como fluxo de veículos e o valor da carga média transportada na rodovia da ponte.

Por fim, a implementação e a utilização de um software para as pontes estaduais é importantíssimo para manter a vida útil dessas obras, visto que, durante o trabalho, não foram encontradas informações a respeito de como se dá o gerenciamento das OAE's estaduais.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, MARCOS FABIO PORTO, ET.AL. (2011). **Estudo histórico e das condições atuais da rodovia BR-222 no estado do ceará**. Coninfra 2011 – 5º Congresso de Infraestrutura de Transportes (Coninfra 2011 - 5º Transportation Infrastructure Conference).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674 - Manutenção de edificações - Procedimento**. Rio de Janeiro: Brasil. ABNT. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7188: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas**. Rio de Janeiro, 2013.

BARBOSA, V. A. F. and Correia, V. C. (2017). **Uma Introdução Ao Estudo Das Pontes Em Viga**.

BRANDÃO, A. M. da (1998). **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado**. Usp - Universidade de São Paulo.

Cervo, T. C. (2004), **“Estudo da resistência à fadiga de concretos de cimento Portland para pavimentação”**, Tese de Doutorado em Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CORRÊA, I. C. S. (2012). **Topografia aplicada à Engenharia Civil (12a Edição Revisada e Ampliada)**. Departamento de Geodésia Iran Carlos Stalliviere Corrêa’.

CURCIO, Ronald Cristhian de Lima (2008). **Pontes rodoviárias: levantamento das principais patologias estruturais**. Monografia (Graduação) – Universidade 88 São Francisco, Curso de Engenharia Civil, Itatiba, 2008.

DNIT. **Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido - Procedimento**. Norma Dnit 010/2004 - Pro. Brasil, 2004a.

DNIT. **Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias. Brasil: 1. Rodovias – Inspeções – Manuais**. I. Série II. 2004b.

EL DEBS, M. K.; TAKEYA, T. (2007). **Introdução às Pontes de Concreto**. São Carlos- SP.

ELLIS; THOMPSON; GAGNON; RICHARD. **Design and implementation of a new bridge management system for the Quebec Ministry of Transport**. Tenth International Conference on Bridge and Structure Management. 2008.

FATHALLA, EISSA ET.AL. (2018) **Remaining fatigue life assessment of in-service road bridge decks based upon artificial neural networks.**

FÉLIX, EMERSON FELIPE E CARRAZEDO, ROGÉRIO E POSSAN, EDNA. (2021) **Probabilistic analysis of the useful life of reinforced concrete slabs subjected to carbonation corrosion by Monte Carlo simulation..** Construction and Building Materials.

FHWA (2010). **Bridge Management Questionnaire Report.** Whashington, DC. Estados Unidos.

GENTIL, Vicente. **Corrosão.** 4ªed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 6ª ed., 2011.

HELENE, P. R. do L. (1997). **Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concreto armado.** Ambiente Construído.

HELENE, P. R. do L. **Corrosão das Armaduras para Concreto Armado.** São Paulo, IPT, PINI, 1986.

HOBACHER, Adolf F. et al. **Transfer of Australasian bridge design to fatigue verification system of Eurocode 3.** Journal of Constructional Steel Research

LEONHARDT, F. (1979). **Vorlesungen über Massivbau: Sechster Teil Grundlagen des Massivbrückenbaues..**

LUNA, A. M., ET.AL. (2008). **Mapeamento da Corrosividade Atmosférica do Estado do Ceará.** INTERCORR 2008. Recife, Brasil.

MAGALHÃES, PAULO RICARDO CASTRO (2018). **Aplicação de cargas móveis em pontes: estudo comparativo das cvcs carregadas em pontes antigas.** Trabalho de Curso apresentado como um dos requisitos para a conclusão do curso de Engenharia Civil do UniCEUB - Centro Universitário de Brasília.

MOSCOSO, Y. F. M. (2017). **Modelos de Degradação para Aplicação em Sistemas de Obras de Arte Especiais – OAEs.** Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.TD-3A/17, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

NYSTROM, Lynn (1997). **Barker's book looks at the history of highway bridges.** Spectrum Volume 20 Issue 06.

PAULETTI, CRISTIANE (2009). **Estimativa da carbonatação natural de materiais cimentícios a partir de ensaios acelerados e de modelos de predição**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre 2009.

QUEIROZ, MARCUS VINICIUS DANTAS (2020). **Arquitetura, cidade e território das secas: ações da IFOCS no semiárido do Brasil (1919-1945)**. Tese apresentada ao Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor em Arquitetura e Urbanismo.

RIBEIRO; CARVALHO; BAZZO; SILVA. **Relatório de Gestão Temático. Diretoria de Planejamento e Pesquisa - DPP**. Brasília, DF. 2013.

ROSSATO, M. D.; MUNHOZ, G. S.; DOS SANTOS, R. B. P. y SCOZ, L. M. O.. **Verificação de Segurança à fadiga de pontes em concreto armado conforme ABNT NBR 6118, 2014**. Rev. ALCONPAT [online]. 2021, vol.11.

SARTORTI, Artur Lenz. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas – SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Estruturas); UNICAMP - SP, 2008.

SILVA ALESSANDRA KELLY DA (2017). **Brasil e o legado da década de 1980: crise e orientação da política econômica**. XII Congresso Brasileiro de História Econômica & 13ª Conferência Internacional de História de Empresas.

SILVA, PEDRO VINÍCIUS NOGUEIRA DA (2021). **Influência da corrosão das armaduras na segurança estrutural de pontes de concreto armado: modelo analítico**. Trabalho de Curso apresentado como um dos requisitos para a conclusão do curso de Engenharia Civil da UFC Russas - Universidade Federal do Ceará.

VERLY, ROGÉRIO CALAZANS (2015). **Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais**. Universidade de Brasília.

VESHOSKY; BEIDLEMAN (1994); BUETOW; DEMIR. **Comparative Analysis of Bridge Superstructure Deterioration**. Journal of Structural Engineering.

VITÓRIO, J. A. P. (2003). **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia**, Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia.

VITÓRIO, J. A. P. (2015). **Pontes e Viadutos Rodoviários. Conceituação, conservação, segurança e reforço estrutural**.

Yadav, I. N., Thapa, K. B. (2020), **Fatigue damage model of concrete materials. Theoretical and Applied Fracture Mechanics. 108:102578.**

## **ANEXOS.**

Todos os documentos em anexo podem ser acessados através do link de um drive compartilhado. Serão disponibilizados os mapas em ótima resolução, todas as planilhas utilizadas e construídas no trabalho e ainda alguns documentos que foram a base para o desenvolvimento do projeto.

Link para o drive:

[https://drive.google.com/drive/folders/1g1wN1PD\\_FipSgXRZ3Lzih36RZJDcBbnx?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1g1wN1PD_FipSgXRZ3Lzih36RZJDcBbnx?usp=sharing)

Anexo A: Instruções para atribuição de notas de avaliação de pontes, DNIT.

Anexo B: Mapas

Anexo C: Informações das pontes Federais do Estado do Ceará

Anexo D: Informações das pontes Estaduais do Estado do Ceará

# INSTRUÇÕES PARA ATRIBUIÇÃO DE NOTAS DE AVALIAÇÃO

(Para a avaliação de elementos de pontes com função estrutural, conforme o Sistema SGO v3 para gerenciamento de pontes no DNIT)

Será atribuída a cada elemento componente da ponte uma nota de avaliação, variável de 1 a 5, a qual refletirá a maior ou a menor gravidade dos problemas existentes no elemento. O quadro a seguir correlaciona essa nota com a categoria dos problemas detectados no elemento.

NOTA	DANOS NO ELEMENTO / INSUFICIÊNCIA ESTRUTURAL	AÇÃO CORRETIVA	CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE	CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PONTE
5	Não há danos nem insuficiência estrutural.	Nada a fazer.	Boa	Obra sem problemas
4	Há alguns danos, mas não há sinais de que estejam gerando insuficiência estrutural	Nada a fazer, apenas serviços de manutenção.	Boa	Obra sem problemas importantes
3	Há danos gerando alguma insuficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra.	A recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, porém, neste caso, colocar-se o problema em observação sistemática.	Boa aparentemente	Obra potencialmente problemática Recomenda-se acompanhar a evolução dos problemas através das inspeções rotineiras, para detectar, em tempo hábil, um eventual agravamento da insuficiência estrutural.
2	Há danos gerando significativa insuficiência estrutural na ponte, porém não há ainda, aparentemente, um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) da obra deve ser feita no curto prazo.	Sofrível	Obra problemática Postergar demais a recuperação da obra pode levá-la a um estado crítico, implicando também sério comprometimento da vida útil da estrutura. Inspeções intermediárias <sup>1</sup> são recomendáveis para monitorar os problemas.
1	Há danos gerando grave insuficiência estrutural na ponte; o elemento em questão encontra-se em estado crítico, havendo um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) - ou em alguns casos, substituição da obra - deve ser feita sem tardar.	Precária	Obra crítica Em alguns casos, pode configurar uma situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhada de medidas preventivas especiais, tais como: restrição de carga na ponte, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramentos provisórios, instrumentação com leituras contínuas de deslocamentos e deformações etc.

(1) Inspeções Intermediárias, no presente contexto, significa novas inspeções a intervalos de tempo inferiores aos normais.

Obs.: A nota final da ponte corresponde a menor dentre as notas recebidas pelos seus elementos com função estrutural.

OAE: Código: \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_ BR - \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ km: \_\_\_\_\_ UNIT: \_\_\_\_\_ RES: \_\_\_\_\_  
 Data: \_\_\_\_\_ Inspeção:  DNIT / Residência: \_\_\_\_\_  Outra Entidade: \_\_\_\_\_

**COMENTÁRIOS GERAIS**

- a) Condições de Estabilidade:  Boa  Sofrível  Precária Condições de Conservação:  Boa  Regular  Sofrível  Ruim  
 b) Nível de Vibração do Tabuleiro:  Normal  Intenso  Exagerado  
 c) Inspeção Especializada (Realizada por Engenheiro de Estruturas). Necessária?  SIM  NÃO Urgente?  SIM  NÃO  
 Já houve alguma anteriormente?  SIM  NÃO

NOTA TÉCNICA	
-----------------	--

**OBSERVAÇÕES ADICIONAIS:** \_\_\_\_\_

---



---



---

1. LAJE	Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
Buraco (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe <input type="checkbox"/> É Iminente		
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada <input type="checkbox"/> Grande Incidência		
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade <input type="checkbox"/> Grande Incidência		
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração <input type="checkbox"/> Grande Incidência		
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Grande Incidência		
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		

2. VIGAMENTO PRINCIPAL	Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
Fissuras Finas	<input type="checkbox"/> Algumas <input type="checkbox"/> Grande Incidência		
Trincas (fissuras w>0,3mm)	<input type="checkbox"/> Algumas <input type="checkbox"/> Grande Incidência		
Armadura Principal	<input type="checkbox"/> Exposta <input type="checkbox"/> Muito Oxidada		
Desagreg. de Concreto	<input type="checkbox"/> Muito Intenso <input type="checkbox"/> Grande Incidência		
Dente Gerber	<input type="checkbox"/> Quebrado/Desplacado <input type="checkbox"/> Trincado		
Deformação (Flecha)	<input type="checkbox"/> Exagerada		
Aspectos do Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		

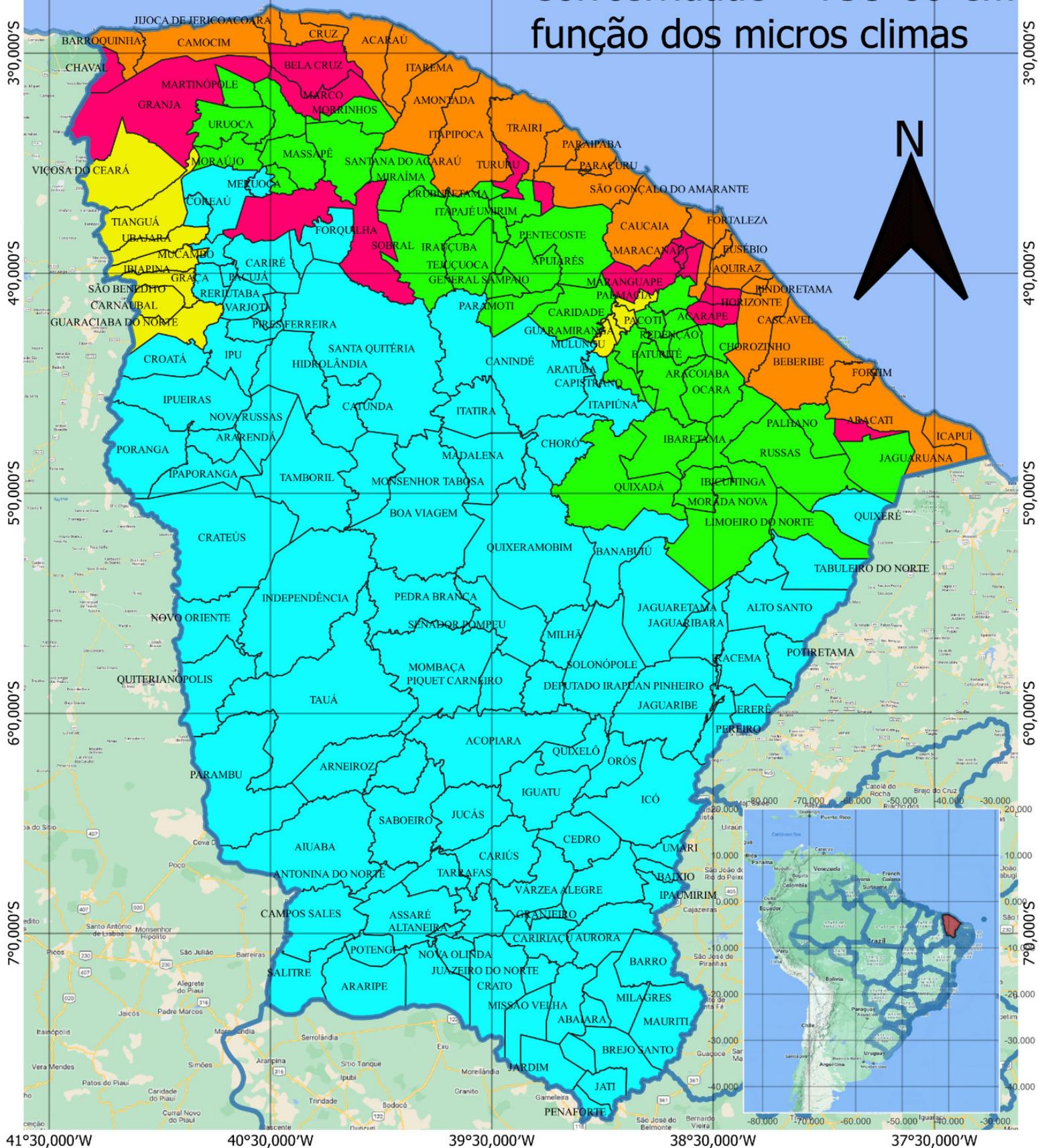
3. MESOESTRUTURA	Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada <input type="checkbox"/> Grande Incidência		
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade <input type="checkbox"/> Grande Incidência		
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração <input type="checkbox"/> Grande Incidência		
Aparelho de Apoio	<input type="checkbox"/> Danificado <input type="checkbox"/> Grande Incidência		
Aspecto do Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente/Pouco		
Desaprumo	<input type="checkbox"/> Há		
Deslocabilidade dos Pilares	<input type="checkbox"/> Forte		

4. INFRAESTRUTURA	Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
Recalque de Fundação	<input type="checkbox"/> Há		
Deslocamento de Fundação	<input type="checkbox"/> Há		
Erosão Terreno de Fundação	<input type="checkbox"/> Há		
Estacas Desenterradas	<input type="checkbox"/> Há		

5. PISTA / ACESSO	Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
Irregularidades no Pav.	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade <input type="checkbox"/> Grande Extensão		
Junta de Dilatação	<input type="checkbox"/> Faltando/Inoperante <input type="checkbox"/> Muito Problemática		
Acessos X Ponte	<input type="checkbox"/> Degrau Acentuado <input type="checkbox"/> Concordância Problem.		
Acidentes com Veículos	<input type="checkbox"/> Freqüente <input type="checkbox"/> Eventual		

ESQUEMAS

# Mapa do Ceará: Corrosividade - TSU 80 em função dos micros climas



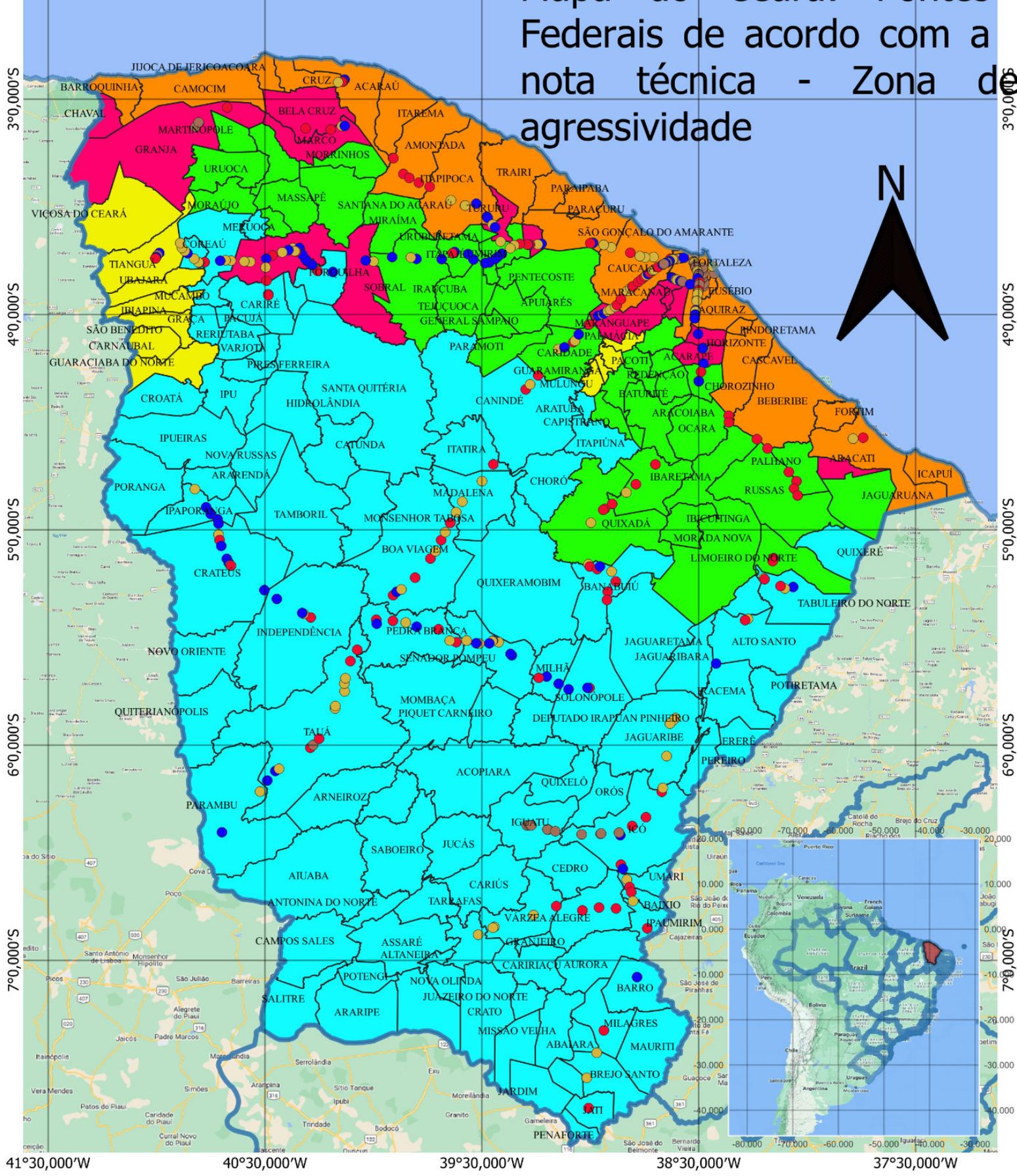
Sistema de coordenadas geográficas  
WGS 84  
Fonte: IBGE  
Escala: 2400000



Médias clobretos Cl-mg(m<sup>2</sup>.d)

Green	27
Cyan	45
Yellow	90
Pink	160
Orange	3220

# Mapa do Ceará: Pontes Federais de acordo com a nota técnica - Zona de agressividade



Sistema de coordenadas geográficas WGS 84  
 Fonte: IBGE  
 Escala: 240000

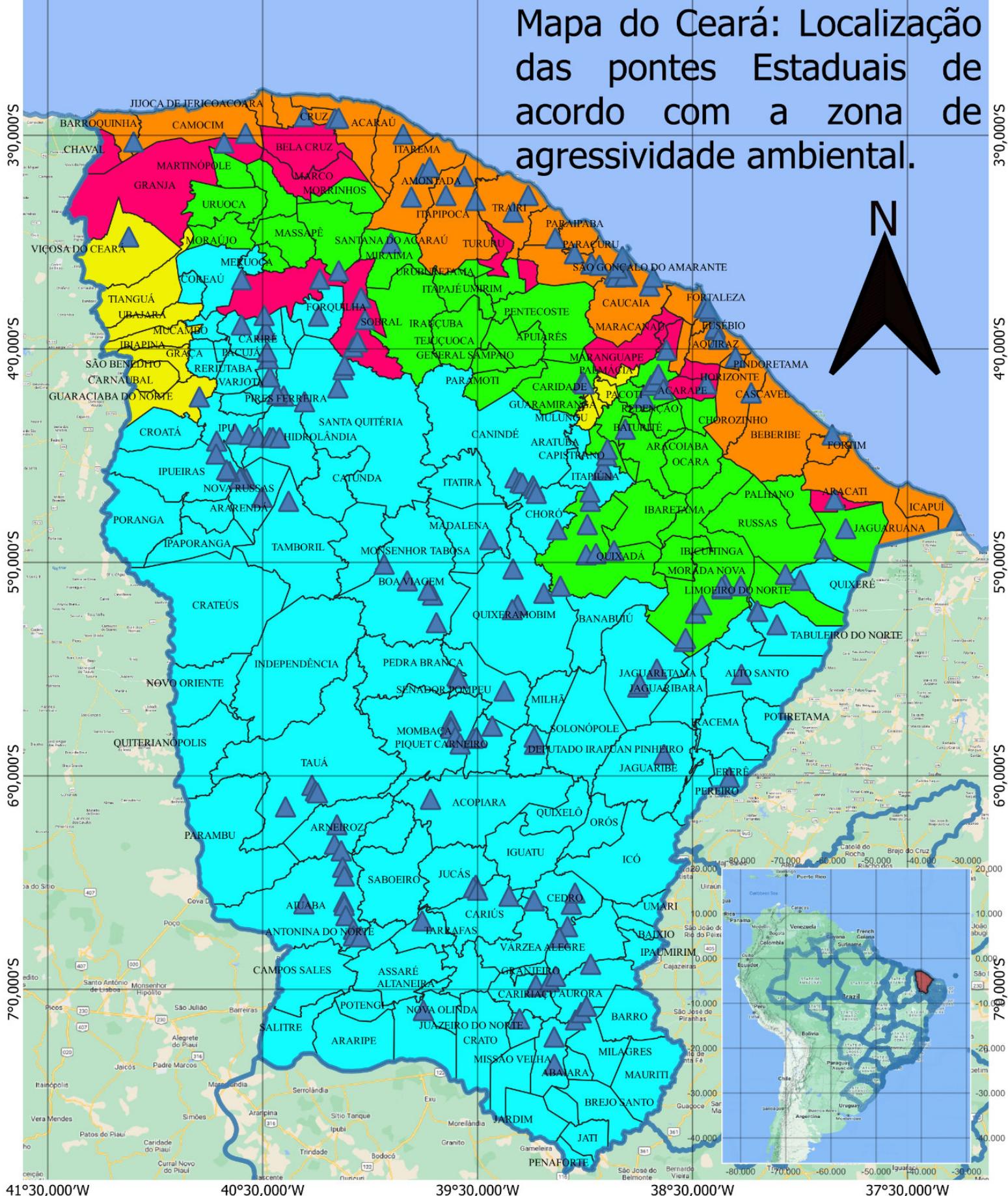
Médias cloretos Cl-mg(m<sup>2</sup>.d)

27
45
90
160
3220

Pontes Federais

- Boa
- Problemática
- Regular
- S/N

# Mapa do Ceará: Localização das pontes Estaduais de acordo com a zona de agressividade ambiental.

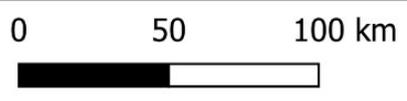
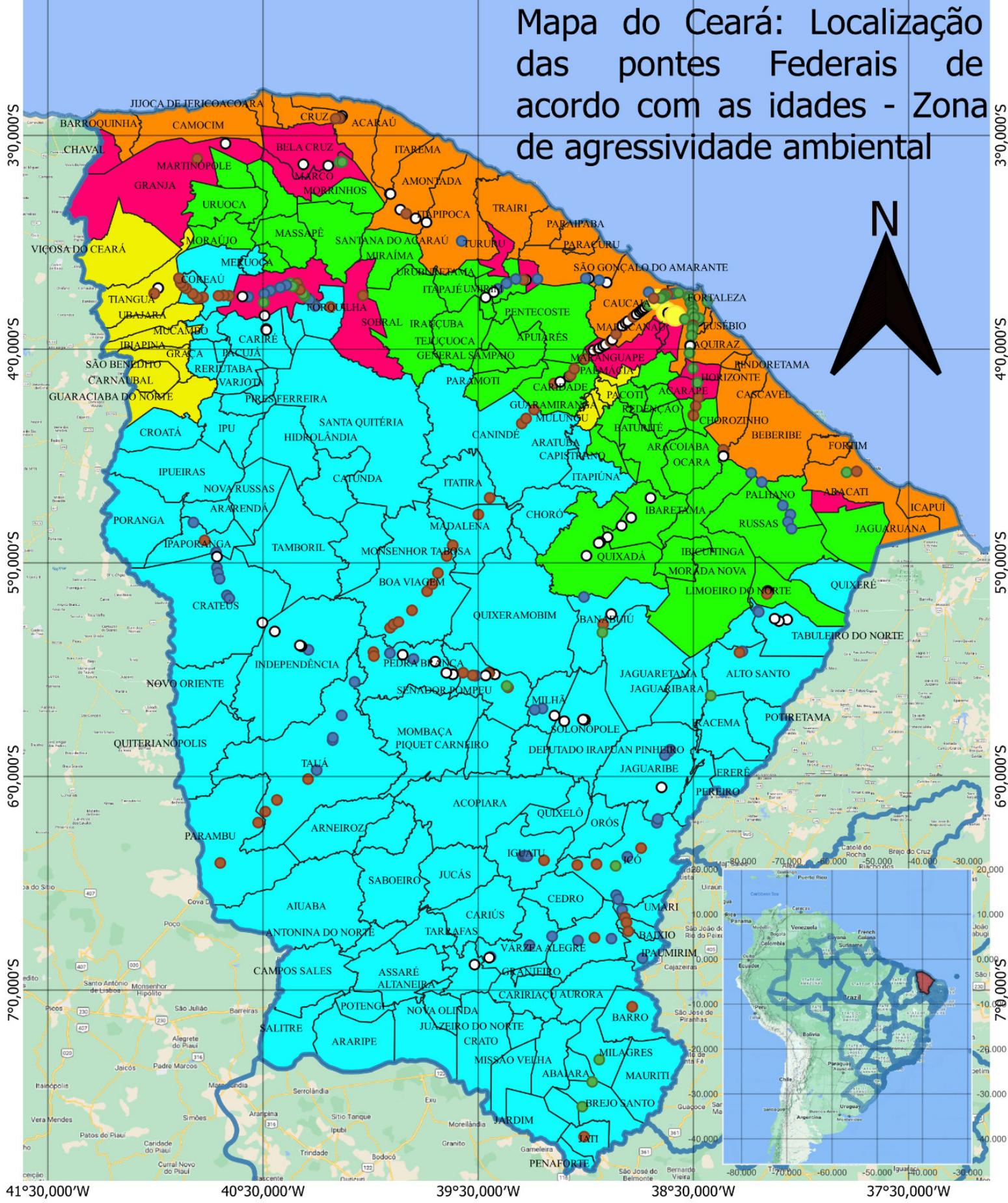


Sistema de coordenadas geográficas  
WGS 84  
Fonte: IBGE  
Escala: 2400000



Médias cloretos Cl-mg(m <sup>2</sup> .d)	Pontes Estaduais
27	▲
45	▲
90	▲
160	▲
3220	▲

# Mapa do Ceará: Localização das pontes Federais de acordo com as idades - Zona de agressividade ambiental

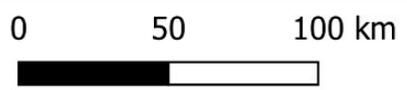
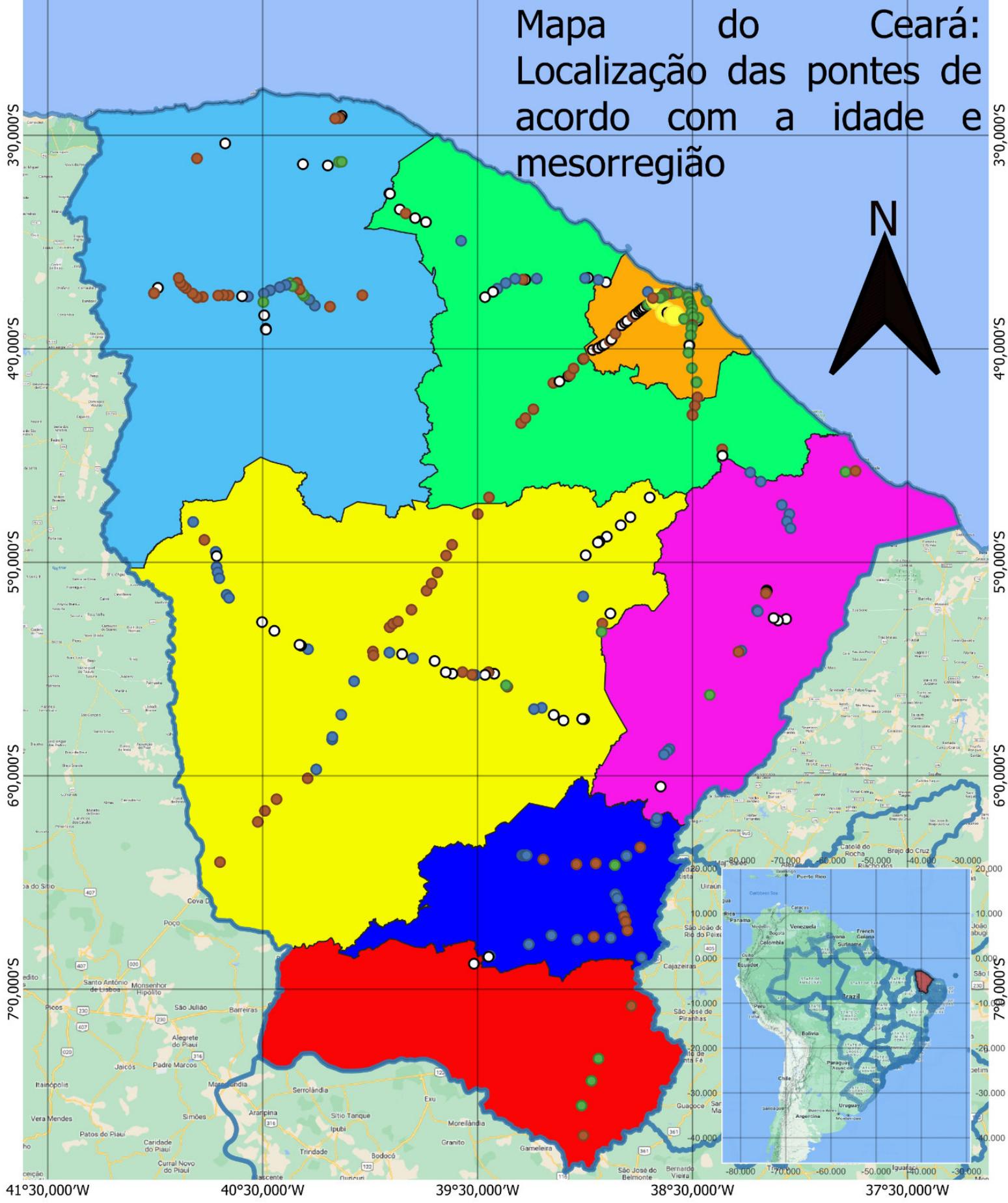


Sistema de coordenadas geográficas  
WGS 84  
Fonte: IBGE  
Escala: 240000



Médias cloretos Cl-mg(m <sup>2</sup> .d)	Pontes Federais
27	○ Até 1959
45	● 1960 - 1969
90	● 1970 - 1979
160	● 1980 - 1989
3220	● Anos 2000

# Mapa do Ceará: Localização das pontes de acordo com a idade e mesorregião



Sistema de coordenadas geográficas  
WGS 84  
Fonte: IBGE  
Escala: 2400000



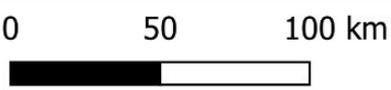
### Pontes Federais

- Até 1959
- 1960 - 1969
- 1970 - 1979
- 1980 - 1989
- Anos 2000

### Mesorregiões

- Sul Cearense
- Sertões Cearenses
- Norte Cearense
- Noroeste Cearense
- Metropolitana de Fortaleza
- Jaguaribe
- Centro-Sul Cearense

# Mapa do Ceará: Localização das pontes separadas por data de construção



Sistema de coordenadas geográficas WGS 84  
 Fonte: IBGE  
 Escala: 2400000



- Pontes Federais**
- Até 1959
  - 1960 - 1969
  - 1970 - 1979
  - 1980 - 1989
  - Anos 2000

## Anexo C

<b>Identificação das OAE's Federais</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Condição da O</b>
Viaduto sobre Ferrovia LD	-3,757967	-38,647033	S/N
Ponte sobre o Riacho Jucá	-6,40445	-40,69875	Boa
Ponte sobre o Riacho do Cantinho	-6,2156	-40,5228166	Regular
Ponte sobre o Riacho do Açude Velho	-6,16418333	-40,4897333	Boa
Ponte sobre o Riacho São José	-6,11996666	-40,45275	Boa
Ponte sobre o Riacho São Cristóvão	-6,10968333	-40,4358666	Regular
Ponte sobre o Rio Trici	-6,01191666	-40,2911666	Problemática
Bueiro	-5,998881	-40,278018	S/N
Ponte sobre o Riacho da Carrapateira	-5,9700000	-40,2508666	Problemática
Ponte sobre o Riacho da Mucurana	-5,82961666	-40,17685	Regular
Ponte sobre o Riacho da Boa Vista	-5,81791666	-40,1759	Regular
Ponte sobre o Riacho Riachão	-5,75005	-40,1330333	Regular
Ponte sobre o Riacho Floresta	-5,71386666	-40,1345666	Regular
Ponte sobre o Riacho da Reta	-5,68921666	-40,12915	Regular
Ponte sobre o Riacho Castelo	-5,6096	-40,1064	Problemática
Ponte sobre o Rio Bom Jesus	-5,55698333	-40,0749	Problemática
Ponte sobre o Rio Banabuiú	-5,41771666	-39,98715	Problemática
Ponte sobre o Rio Trapiá I	-5,30376666	-39,9094	Problemática
Ponte km 177,01	-5,2879	-39,8936166	Boa
Ponte km 179,86	-5,27675	-39,87135	Regular
Ponte km 189,62	-5,22206666	-39,8079666	Problemática
Ponte sobre o Rio Boa Viagem	-5,13311666	-39,73755	Problemática
Ponte sobre o Rio Capitão Mor	-5,09938333	-39,7138333	Regular
Ponte sobre o Riacho Fernandes	-5,0475	-39,6877333	Problemática
Ponte sobre o Rio Cabeça do Boi	-5,01083333	-39,6693333	Regular
Ponte sobre o Riacho dos Cachorros	-4,96811666	-39,6463	Problemática
Ponte km 230,05	-4,91781666	-39,6188333	Regular
Ponte sobre o Rio Barrigas	-4,86886666	-39,5901833	Regular

Ponte sobre o Riacho Umari	-4,77371666	-39,4995666	Regular
Ponte sobre o Riacho Cachoeira	-4,69553333	-39,4473333	Problemática
Ponte sobre o Rio Canindé	-4,34776666	-39,29805	Problemática
Ponte sobre o Rio Canindé II	-4,32433333	-39,2775666	Regular
Ponte sobre o Riacho Camarão	-4,28295	-39,2407333	Problemática
Ponte sobre o Rio Siriema	-4,16008333	-39,1477	Regular
Pontilhão km 339,12	-4,1525	-39,1192	Boa
Pontilhão km 344,45	-4,12833333	-39,0783833	Problemática
Ponte sobre o Rio Capitão Mor	-4,12223333	-39,0705833	Regular
Ponte sobre o Riacho Capitão Mór	-4,09195	-39,05355	Boa
Pontilhão km 356,54	-4,0476	-39,00865	Boa
Ponte sobre o Riacho Salgado	-4,04598333	-39,0057666	Problemática
Pontilhão km 363,43	-4,00533333	-38,9645	Boa
Ponte sobre o Rio São Gonçalo	-3,9987	-38,9423666	Regular
Pontilhão km 366,66	-3,99573333	-38,9374666	Boa
Pontilhão km 368,96	-3,98500000	-38,9197666	Regular
Pontilhão km 370,43	-3,97813333	-38,9084166	Regular
Ponte sobre o Rio Ceará	-3,96386666	-38,885	Regular
Ponte km 374,76	-3,9556	-38,8772	Problemática
Ponte sobre o Riacho Monte Alegre	-3,92875	-38,8592833	Problemática
Ponte km 383,72	-3,89021666	-38,8303166	Regular
Pontilhão km 385,89	-3,87800000	-38,81515	Regular
Ponte sobre o Riacho Feijão	-3,87056666	-38,8059166	Regular
Pontilhão km 387,47	-3,86908333	-38,80405	Problemática
Ponte sobre o Riacho Espiroá	-3,84905	-38,7791666	Problemática
Ponte km 393,19	-3,83673333	-38,7638333	Problemática
Ponte sobre o Riacho do Caboclo	-3,8249	-38,7491166	Problemática
Pontilhão km 396,49	-3,81811666	-38,7407	Regular
Pontilhão km 397,51	-3,81235	-38,73355	Boa
Pontilhão km 398,71	-3,80556666	-38,7251166	Problemática

Ponte sobre o Riacho Carauçanga	-3,79666666	-38,71295	Boa
Pontilhão km 400,57	-3,79576666	-38,7116166	Regular
Pontilhão km 401,25	-3,79226666	-38,7065	Regular
Pontilhão sobre o Riacho Carrapicho	-3,77973333	-38,6881833	Problemática
Viaduto sobre a BR-222 (LD)	-3,76783333	-38,6657166	Boa
Viaduto sobre a BR-222 (LE)	-3,76771666	-38,6657333	Boa
Viaduto km 414,59 (LE)	-3,82775	-38,6245833	Boa
Viaduto km 414,61 (LD)	-3,82783333	-38,62445	Boa
Ponte sobre o Rio Maranguapinho (LD)	-3,83178333	-38,6175	Boa
Ponte sobre o Rio Maranguapinho (LE)	-3,83156666	-38,6174	Boa
Ponte Ferroviária sobre o Rio Maranguapinho	-3,83141666	-38,6173166	Boa
Bueiro	-3,837003	-38,605909	S/N
Bueiro	-3,837261	-38,606127	S/N
Viaduto km 417,50 (LD)	-3,83935	-38,6007666	Boa
Viaduto km 417,52 (LE)	-3,83926666	-38,6006166	Regular
Viaduto km 419,29 (LE)	-3,84405	-38,58525	Boa
Viaduto km 419,31 (LD)	-3,84411666	-38,5851333	Boa
Bueiro	-3,846241	-38,575524	S/N
Ponte sobre o Rio Cocó (LD)	-3,85995	-38,53955	Boa
Ponte sobre o Rio Cocó (LE)	-3,85976666	-38,5394666	Boa
Viaduto sobre a BR-116	-3,87145	-38,4989	Problemática
Ponte sobre o Rio Coaçu (LD)	-3,86795	-38,4775833	Regular
Ponte sobre o Rio Coaçu (LE)	-3,86766666	-38,4776666	Regular
Ponte sobre o Rio Coaçu (Marginal LD)	-3,8679	-38,477476	S/N
Ponte sobre o Rio Coaçu LD	-3,854592	-38,473465	S/N
Ponte sobre o Rio Coaçu LE	-3,854738	-38,47376	S/N
Passarela	-3,926508	-38,507916	S/N
Passarela	-3,830267	-38,482269	S/N
Viaduto	-3,80932569	-38,4288330	S/N
Viaduto	-3,828261	-38,482245	S/N

Passarela	-3,814833	-38,481215	S/N
Viaduto Engenheiro Raimundo Lima	-3,808347	-38,478901	S/N
Passarela	-3,78896	-38,480561	S/N
Passarela	-3,783079	-38,481027	S/N
Ponte sobre o Rio Cocó	-3,77626666	-38,43555	Regular
Viaduto sobre a Avenida Aguanambi	-3,75382	-38,5236133	S/N
Viaduto km 0,07	-3,75448333	-38,5236	Boa
Passarela	-3,755776	-38,524339	S/N
Viaduto km 0,78 (LE)	-3,75891666	-38,5192833	Problemática
Viaduto km 0,78 (LD)	-3,75898333	-38,5194833	Regular
Ponte	-4,15752918	-38,4718517	S/N
Passarela	-3,771496	-38,516871	S/N
Viaduto km 3,21	-3,77976666	-38,5151666	Problemática
Ponte km 3,50 (LD - Marginal)	-3,78205	-38,5138	Boa
Ponte km 3,50 (LE - Marginal)	-3,78185	-38,5134166	Regular
Ponte km 3,50 (LD - Central)	-3,78200000	-38,5137166	Boa
Ponte km 3,50 (LE - Central)	-3,78191666	-38,5135333	Boa
Ponte sobre o Rio Cocó (LE - Central)	-3,7835	-38,5127833	Boa
Ponte sobre o Rio Cocó (LE - Marginal)	-3,78345	-38,5126333	Boa
Ponte sobre o Rio Cocó (LD - Marginal)	-3,78365	-38,51305	Boa
Ponte sobre o Rio Cocó (LD - Central)	-3,7836	-38,5129833	Boa
Passarela	-3,781453	-38,51371	S/N
Passarela	-3,79406	-38,5077033	S/N
Viaduto km 5,74	-3,79978333	-38,5055666	Regular
Viaduto km 7,22	-3,81161666	-38,5009833	Boa
Passarela	-3,81494975	-38,5015754	S/N203
Passarela	-3,82203	-38,5032	S/N
Passarela	-3,83238	-38,5043	S/N
Viaduto km 9,49	-3,83103333	-38,5052	Boa
Viaduto km 11,80	-3,85046666	-38,49595	Problemática

Passarela	-3,86076903	-38,4971275	S/N
Ponte sobre o Riacho Carro Quebrado (LD)	-3,8879	-38,5019833	Boa
Ponte sobre o Riacho Carro Quebrado (LE)	-3,88791666	-38,5017333	Boa
Ponte Inservível sobre o Riacho Carro Quebrado	-3,88793333	-38,50185	Problemática
Ponte Inservível sobre o Riacho Coaçu	-3,8975	-38,5035333	Problemática
Ponte sobre o Riacho Coaçu (LD)	-3,89745	-38,5038	Boa
Ponte sobre o Riacho Coaçu (LE)	-3,89756666	-38,5032833	Regular
Ponte Inservível sobre o Riacho Coaçu	-3,90401666	-38,5049166	Problemática
Ponte sobre o Riacho Coaçu (LD)	-3,90396666	-38,5050333	Boa
Ponte sobre o Riacho Coaçu (LE)	-3,90401666	-38,5048	Regular
Ponte Inservível sobre o Riacho Coaçu	-3,93671666	-38,5088666	Problemática
Ponte sobre o Riacho Coaçu (LE)	-3,93671666	-38,5087666	Boa
Ponte sobre o Riacho Coaçu (LD)	-3,9367	-38,5090166	Regular
Viaduto km 26,47	-3,97951666	-38,5143833	Boa
Ponte km 27,05 (LD)	-3,9846	-38,51525	Boa
Ponte km 27,05 (LE)	-3,98465	-38,515	Boa
Ponte Inservível km 27,05	-3,98463333	-38,5151333	Regular
Ponte sobre o Riacho Riachão (LD)	-4,00025	-38,5167833	Regular
Ponte sobre o Riacho Riachão (LE)	-4,00028333	-38,5165333	Boa
Ponte sobre o Rio Pacoti (LE)	-4,01775	-38,5184666	Boa
Ponte sobre o Rio Pacoti (LD)	-4,01775	-38,5187	Boa
Viaduto km 39,44	-4,09021666	-38,5029166	Boa
Ponte sobre o Eixão das Águas (LE)	-4,1555	-38,4814666	Boa
Ponte sobre o Eixão das Águas (LD)	-4,1554	-38,4816833	Boa
Ponte sobre o Riacho Arerê (LE)	-4,1576	-38,4824	Boa
Ponte sobre o Riacho Arerê (LD)	-4,15745	-38,4826166	Boa
Ponte sobre o Riacho Lagamar	-4,22683333	-38,47765	Boa
Ponte sobre o Riacho Campestre	-4,26601666	-38,4895833	Problemática
Ponte sobre o Rio Choró	-4,30766666	-38,5008333	Regular
Ponte km 67,52	-4,31045	-38,4996333	Boa

Ponte sobre o Riacho Juazeiro	-4,47028333	-38,3619666	Problemática
Ponte sobre o Rio Pirangi	-4,50043333	-38,3606166	Problemática
Ponte inservível sobre o Rio Piranji	-4,50056666	-38,3611	Problemática
Pontilhão km 111,68	-4,57881666	-38,2318166	Problemática
Ponte sobre o Riacho das Umburanas	-4,62188333	-38,1827833	Problemática
Ponte km 135,71	-4,73108333	-38,0847	Problemática
Ponte sobre o Rio Palhano	-4,77391666	-38,0494833	Problemática
Ponte sobre o Riacho Bixopá	-4,80818333	-38,0607833	Problemática
Ponte sobre o Córrego da Bananeira	-4,84038333	-38,0441833	Problemática
Ponte sobre o Riacho Seco	-5,13143333	-38,1549	Problemática
Ponte sobre o Braço do Riacho Seco	-5,13733333	-38,1556833	Problemática
Ponte sobre o Rio Banabuiú	-5,14545	-38,15895	Problemática
Ponte sobre o Rio Jaguaribe	-5,22495	-38,20035	Regular
Ponte sobre o Braço do Rio Jaguaribe	-5,22926666	-38,1967333	Problemática
Ponte sobre o Riacho dos Cavalos	-5,4136	-38,2729833	Regular
Ponte sobre o Rio Figueiredo	-5,4193	-38,28615	Problemática
Ponte sobre o Açude Castanhão	-5,62116666	-38,4198666	Boa
Ponte sobre o Rio Pitombeira	-5,87438333	-38,6073833	Regular
Ponte sobre o Rio Cajá	-5,88368333	-38,6167833	Regular
Ponte sobre o Riacho Curral Velho	-6,05053333	-38,6484333	Regular
Ponte sobre o Rio Vicente	-6,21653333	-38,6703	Problemática
Ponte sobre o Riacho do Brum	-6,1987	-38,6659166	Regular
Ponte sobre o Riacho Capitão Mór	-6,33468333	-38,74325	Problemática
Ponte sobre Riacho Capim Pubo	-6,37531666	-38,8072333	Problemática
Viaduto Icó I	-6,41825	-38,8617666	Boa
Ponte sobre o Riacho Bertioğa	-6,55493333	-38,85895	Problemática
Ponte sobre o Riacho dos Cavalos	-6,57395	-38,85005	Boa
Ponte sobre o Riacho do Urubu	-6,62415	-38,8314333	Regular
Ponte sobre o Riacho Agatha	-6,65898333	-38,8190333	Problemática
Ponte sobre o Riacho Pendência	-6,68293333	-38,8113833	Problemática

Ponte sobre o Riacho Lima	-6,72406666	-38,8030166	Regular
Ponte sobre o Rio Felizardo	-6,8505	-38,7374	Problemática
Ponte sobre o Rio das Cuncás	-7,07726666	-38,7846833	Boa
Ponte sobre o Riacho dos Porcos	-7,32476666	-38,9377333	Problemática
Ponte sobre o Riacho Tamanduá	-7,42856666	-38,9705	Regular
Ponte sobre o Riacho Relirana	-7,54495	-39,0165666	Regular
Ponte sobre o Riacho Jardim	-7,68531666	-39,0081	Problemática
Ponte sobre o Rio Pirangi	-4,69615	-38,6995	Problemática
Ponte sobre o Riacho São Pedro	-4,78825	-38,78975	Problemática
Ponte sobre o Riacho do Tombador	-4,82615	-38,8340833	Regular
Pontilhão km 82,68	-4,87956666	-38,8990666	Problemática
Ponte sobre o Riacho dos Cabaços	-4,9025	-38,93335	Problemática
Ponte sobre o Riacho Barro Vermelho	-4,90725	-38,9404166	Problemática
Ponte sobre o Rio Sitiá	-4,96656666	-38,9973166	Regular
Ponte sobre o Rio Uruquê	-5,1596	-39,0089666	Regular
Ponte km 128,97	-5,17053333	-39,00245	Problemática
Ponte km 133,24	-5,18211666	-38,9681	Problemática
Ponte km 135,27	-5,16983333	-38,9558666	Boa
Ponte km 143,40	-5,19338333	-38,9019333	Regular
Ponte km 149,24	-5,23965	-38,8824	Problemática
Ponte sobre o Riacho da Serra	-5,28675	-38,9198833	Problemática
Ponte S o C de F da Bar do A Banabuíu	-5,32538333	-38,9232666	Problemática
Ponte sobre o braço do Rio Jaguaribe	-6,37266560	-39,2928032	S/N
Ponte sobre o braço do Rio Jaguaribe	-6,37199623	-39,2815863	S/N
Ponte sobre o Bbraço do Rio Jaguaribe	-6,37164339	-39,2754941	S/N
Ponte sobre o braço do Rio Jaguaribe	-6,37248608	-39,2719660	S/N
Ponte sobre o Rio Mucambinho (LE)	-3,69168333	-40,3721	Boa
Ponte sobre o Rio Mucambinho (LD)	-3,69176666	-40,3721	Regular
Passarela	-3,73799777	-38,5791816	S/N
Ponte sobre o Rio Ceará (LE)	-3,74113333	-38,6306833	Problemática

Ponte sobre o Rio Ceará (LD)	-3,74103333	-38,6306833	Problemática
Viaduto km 1,82 (LE)	-3,73821666	-38,5853833	Boa
Viaduto km 1,83 (LD)	-3,73823333	-38,5854666	Boa
Ponte sobre o Riacho Oiticica (LE)	-3,70073333	-40,3391	Problemática
Ponte sobre o Riacho Oiticica (LD)	-3,70053333	-40,3388666	Boa
Ponte Othon de Alencar sobre o Rio Acaraú (LD)	-3,6909	-40,3414666	Problemática
Ponte Othon de Alencar sobre o Rio Acaraú (LE)	-3,69096666	-40,3415333	Boa
Viaduto km 3,31	-3,74058333	-38,5984666	Boa
Viaduto sobre a Ferrovia Transnordestina (LE)	-3,74075	-38,5987	Problemática
Viaduto sobre a Ferrovia Transnordestina (LD)	-3,74061666	-38,5987333	Regular
Viaduto km 3,39	-3,74066666	-38,5991666	Boa
Ponte sobre o Rio Maranguapinho (LE)	-3,74108333	-38,6010166	Boa
Ponte sobre o Rio Maranguapinho (LD)	-3,74095	-38,6010666	Regular
Ponte sobre o Riacho Tapeba	-3,73305	-38,70815	Regular
Passarela	-3,74293756	-38,6130676	S/N
Viaduto km 5,76	-3,7439	-38,6201	Regular
Pontilhão km 7,57 (LE)	-3,75181666	-38,6345833	Problemática
Ponte km 7,57 (LD)	-3,7516	-38,6346833	Boa
Ponte km 8,73 (LE)	-3,75658333	-38,6439166	Regular
Ponte km 8,73 (LD)	-3,75635	-38,6440333	Boa
Viaduto km 9,07 sobre Ferrovia (LE)	-3,75801666	-38,6467166	Boa
Viaduto km 9,09 sobre Ferrovia (LD)	-3,75788333	-38,64695	Regular
Viaduto km 9,76 (LE)	-3,76086666	-38,6523333	Boa
Viaduto km 9,76 (LD)	-3,76075	-38,65235	Boa
Ponte	-3,7651155	-38,6604957	S/N
Ponte sobre o Rio Ceará	-3,76198333	-38,6846166	Problemática
Ponte sobre o Riacho do Juá I	-3,73503333	-38,74705	Regular
Viaduto sobre RFFSA	-3,72885	-38,7713666	Regular
Ponte sobre o Riacho do Juá II	-3,71291666	-38,81565	Problemática
Ponte sobre o Riacho do Davi	-3,70676666	-38,8420166	Boa

Ponte sobre o Rio Cauípe	-3,70063333	-38,8654	Regular
Viaduto km 35,29 sobre Ferrovia	-3,69978333	-38,8672666	Boa
Ponte sobre o Riacho Catuana	-3,68783333	-38,9032666	Regular
Ponte sobre o Rio Anil	-3,67676666	-38,9384833	Regular
Ponte sobre o Rio São Gonçalo	-3,66721666	-38,98675	Problemática
Pontilhão km 49,58	-3,6672	-38,9887833	Boa
Ponte sobre o Rio Bocó	-3,66873333	-39,0002666	Problemática
Ponte sobre o Riacho Croatá	-3,67116666	-39,2250166	Boa
Ponte sobre o Rio Curu	-3,6742	-39,2419833	Regular
Ponte sobre o Riacho dos Frios	-3,67571666	-39,2784833	Problemática
Ponte sobre o Riacho Manicobinha	-3,67616666	-39,2863	Boa
Ponte sobre o Riacho Salgado	-3,6753	-39,2899833	Problemática
Pontilhão km 87,47	-3,67171666	-39,3253	Problemática
Ponte sobre o Riacho Umirim	-3,67886666	-39,35095	Regular
Ponte sobre o Riacho Oiticica	-3,69173333	-39,3690000	Regular
Ponte km 98,32	-3,71791666	-39,4081	Boa
Ponte sobre o Riacho do Moreira I	-3,7331	-39,4284	Boa
Ponte sobre o Riacho do Moreira II	-3,74213333	-39,4396333	Boa
Ponte km 106,29	-3,75778333	-39,46585	Boa
Ponte km 108,62	-3,76098333	-39,48465	Boa
Ponte sobre o Riacho Fresco	-3,74441666	-39,53875	Boa
Ponte sobre o Riacho Escorado	-3,71906666	-39,5634333	Boa
Ponte sobre o Riacho do Arapurá	-3,70945	-39,6258333	Boa
Ponte km 130,58	-3,71518333	-39,6351833	Problemática
Ponte sobre o Riacho da Forquilha	-3,74253333	-39,68545	Boa
Ponte sobre o Riacho Mocó	-3,74156666	-39,8018666	Boa
Pontilhão km 154,49	-3,73503333	-39,8276666	Regular
Ponte sobre o Rio Missi	-3,7331	-39,9138166	Boa
Pontilhão km 174,55	-3,7532	-39,9996833	Regular
Ponte sobre o Rio Aracatiaçu	-3,74903333	-40,0362833	Boa

Ponte sobre o Riacho Cabeça de Boi	-3,80238333	-40,1871	Boa
Ponte km 208,89	-3,79745	-40,2578333	Problemática
Ponte sobre o Riacho Sabonete	-3,77105	-40,2815333	Boa
Pontilhão km 214,38	-3,76935	-40,2837666	Boa
Pontilhão sobre o Riacho Canudos	-3,75136666	-40,3070666	Boa
Ponte sobre o Riacho Timbaúba	-3,74163333	-40,3142833	Boa
Ponte sobre o Riacho Jatobá	-3,72153333	-40,3282833	Boa
Ponte sobre o Rio Acaraú	-3,70725	-40,3572666	Problemática
Ponte sobre o Rio Jaibaras	-3,70558333	-40,3628	Regular
Ponte km 229,99	-3,70046666	-40,3924333	Boa
Ponte sobre o Riacho do Jordão	-3,71101666	-40,4206	Regular
Ponte sobre o Riacho Santa Luzia	-3,72563333	-40,4660833	Problemática
Ponte sobre o Riacho Trapiá	-3,74053333	-40,4947666	Boa
Ponte sobre o Riacho Salgadinho	-3,75518333	-40,56845	Regular
Ponte km 254,10	-3,7535	-40,5959333	Regular
Ponte sobre o Riacho Trapiá II	-3,74968333	-40,6574666	Regular
Ponte sobre o Riacho da Serra	-3,74813333	-40,6822	Regular
Ponte sobre o Riacho Cajazeira	-3,75011666	-40,7069833	Boa
Ponte sobre o Riacho Jatobá	-3,75665	-40,77885	Problemática
Ponte sobre o Riacho Fundo	-3,75928333	-40,8035	Regular
Ponte sobre o Rio Caiçara	-3,75863333	-40,8052666	Boa
Ponte sobre o Riacho do Barril	-3,75725	-40,8071	Regular
Ponte sobre o Riacho Mela Pinto	-3,74086666	-40,82675	Regular
Ponte sobre o Rio Juazeiro	-3,71526666	-40,85745	Boa
Ponte sobre o Riacho Cajazeira	-3,70468333	-40,8700833	Regular
Ponte sobre o Riacho do Cobre	-3,69065	-40,8828666	Regular
Ponte sobre o Riacho Grande	-3,66788333	-40,8909	Regular
Viaduto km 311,47 (LD)	-3,71428333	-40,9878166	Boa
Viaduto km 311,47 (LE)	-3,71438333	-40,98775	Boa
Passarela	-3,72361397	-40,9967117	S/N

Viaduto km 314,27 (LD)	-3,73325	-41,0023166	Boa
Viaduto km 314,27 (LE)	-3,73321666	-41,0021666	Boa
Ponte sobre o Riacho Frecheira	-3,7393	-41,00565	Regular
Ponte sobre o Riacho Frecheira (LD I)	-3,73908333	-41,0058833	Boa
Ponte sobre o Riacho Frecheira (LD II)	-3,7392	-41,0057333	Boa
Ponte sobre o Riacho Frecheira (LE)	-3,73935	-41,0054666	Problemática
Viaduto km 0,00	-3,73641666	-38,569	Boa
Ponte sobre o Rio Jaguaribe	-5,8999	-38,6329333	Regular
Ponte sobre o Riacho do Sangue I	-5,7343	-39,0042166	Problemática
Ponte sobre o Riacho do Sangue II	-5,73368333	-39,01315	Boa
Ponte sobre o Riacho Cachoeirinha	-5,74075	-39,1004	Boa
Ponte sobre o Riacho do Cipó	-5,71486666	-39,1458833	Boa
Ponte sobre o Riacho Capitão Mór I	-5,68136666	-39,2016833	Boa
Ponte sobre o Riacho Capitão Mór II	-5,68741666	-39,2378166	Problemática
Ponte sobre o Rio Banabuiú	-5,58261666	-39,36215	Boa
Viaduto km 168,41 sobre Ferrovia	-5,57625	-39,3679166	Boa
Pontilhão km 178,19	-5,52191666	-39,4228333	Regular
Ponte km 181,67	-5,51475	-39,4495	Boa
Ponte km 182,08	-5,51681666	-39,45215	Regular
Ponte km 184,15	-5,52708333	-39,4658833	Boa
Ponte sobre o Riacho Gado Bravo	-5,52814110	-39,5155590	S/N
Ponte km 189,74	-5,52806666	-39,5116666	Regular
Ponte sobre o Riacho Cedro	-5,5264	-39,52615	Boa
Ponte sobre o Rio Estreito	-5,51416666	-39,5704166	Regular
Ponte sobre o Riacho das Casinhas	-5,52175	-39,6179166	Problemática
Pontilhão sobre o Riacho das Casinhas	-5,51461666	-39,6484166	Regular
Ponte sobre o Riacho Bonfim	-5,46205	-39,700000	Problemática
Ponte km 230,40	-5,44961666	-39,80085	Boa
Ponte km 237,34	-5,43008333	-39,8514666	Regular
Ponte km 244,63	-5,42268333	-39,91055	Problemática

Ponte sobre o Rio Banabuiú II	-5,43595	-39,9851	Boa
Ponte sobre o Riacho das Flores Belas	-5,40693333	-40,2894166	Problemática
Ponte km 294,97	-5,38993333	-40,3221833	Regular
Ponte sobre o Riacho dos Pereiras	-5,38625	-40,32895	Boa
Ponte km 311,64	-5,32083333	-40,4458166	Boa
Ponte sobre o Riacho Independência	-5,27975	-40,5032	Boa
Ponte km 29,92	-6,75851666	-38,88125	Problemática
Ponte sobre o Rio Salgado	-6,75403333	-38,9598833	Problemática
Ponte sobre o Riacho Unha de Gato	-6,76731666	-39,0366333	Problemática
Ponte km 62,69	-6,74768333	-39,15685	Problemática
Ponte sobre o Riacho Caiana	-6,78941666	-39,2619333	Regular
Ponte km 98,32	-6,8442	-39,4429333	Regular
Ponte sobre o Riacho Fortuna	-6,84771666	-39,449	Regular
Ponte sobre o Riacho da Carás	-6,88015	-39,5171	Regular
Ponte sobre o Rio Jaguaribe (LD)	-4,57651666	-37,78835	Regular
Ponte sobre o Rio Jaguaribe (LE)	-4,57616666	-37,7882166	Regular
Ponte sobre o Rio Tanque Salgado	-4,57200000	-37,7417333	Problemática
Ponte sobre o Rio Coreaú	-3,12914624	-40,8213508	S/N
Ponte sobre o Rio Cachoeira	-3,10801335	-40,8060017	S/N
Ponte km 94,09	-3,03785	-40,6747166	Problemática
Ponte km 156,06	-3,13501666	-40,31295	Problemática
Ponte sobre o Riacho do Córrego	-3,14105	-40,1971833	Problemática
Ponte sobre o Rio Acaraú I	-3,12453333	-40,14535	Regular
Ponte sobre o Rio Acaraú	-3,12388333	-40,13245	Boa
Ponte km 215,14	-3,2725	-39,91045	Problemática
Ponte sobre o Rio Aracati-Mirim	-3,27358333	-39,9078166	Problemática
Ponte sobre o Riacho Muluzinha	-3,34700000	-39,8622	Problemática
Ponte sobre o Rio Aracatiaçu	-3,36581666	-39,8348666	Problemática
Ponte sobre o Riacho das Enchadas	-3,38748333	-39,79085	Problemática
Ponte sobre o Rio Cruxati	-3,40626666	-39,7407666	Problemática

Ponte sobre o Riacho Sororó	-3,46926666	-39,6427666	Regular
Ponte	-3,49360366	-39,5777389	S/N
Ponte km 263,54	-3,49395	-39,5769833	Regular
Ponte sobre o Riacho da Barra	-3,48511666	-39,5260166	Boa
Ponte sobre o Riacho Grotas	-3,54538333	-39,4769666	Boa
Ponte km 279,72	-3,55103333	-39,4735166	Boa
Ponte sobre o Riacho Cachoeira	-3,58253333	-39,4508333	Regular
Ponte sobre o Rio Mundaú	-3,59478333	-39,4391333	Boa
Pontilhão km 294,38	-3,66126666	-39,4138833	Regular
Ponte km 1,68	-2,90875	-40,1329333	Boa
Ponte km 3,15	-2,91783333	-40,1398333	Problemática
Ponte km 3,47	-2,91900000	-40,14245	Problemática
Ponte sobre o Rio Acaraú	-2,91945	-40,1457	Problemática
Ponte sobre o Rio Acaraú	-2,92116666	-40,1630833	Regular
Ponte sobre o Rio Jaibas	-3,78096666	-40,4970833	Regular
Ponte sobre o Riacho Papaçu	-3,84281666	-40,4933333	Problemática
Pontilhão km 144,96	-3,90578333	-40,4852833	Problemática
Ponte sobre o Riacho Seco	-3,91008333	-40,4848833	Problemática
Ponte sobre o Riacho Olho D'Água	-4,81073333	-40,82365	Regular
Ponte sobre o Riacho São José	-4,89491666	-40,7716166	Boa
Ponte km 58,26	-4,92583333	-40,7513666	Boa
Ponte sobre o Rio Diamante I	-4,95073333	-40,7190666	Regular
Ponte sobre o Rio Diamante II	-4,95163333	-40,7183333	Boa
Ponte sobre a Grota do Maciel	-4,97093333	-40,7144	Boa
Ponte sobre o Riacho Vaca Morta	-5,02206666	-40,7146	Regular
Ponte sobre o Rio Jabotá	-5,04728333	-40,7097833	Problemática
Ponte sobre o Riacho do Baié	-5,07465	-40,70205	Boa
Ponte km 84,39	-5,13465	-40,6764	Boa
Ponte sobre o Riacho do Retiro	-5,1523	-40,6678166	Boa
Viaduto km 88,19 sobre Ferrovia	-5,1643	-40,6601833	Regular

Ponte sobre o Rio Tourão	-5,1663	-40,65705	Problemática
Ponte sobre o Riacho dos Cachorros	-6,39194485	-39,1946654	S/N
Ponte sobre o Riacho da Carnaúba	-6,39149991	-39,1980988	S/N
Ponte sobre o Riacho da Gangorra	-6,39952973	-39,1614592	S/N
Ponte sobre o Riacho do Umari Vão	-6,41420074	-39,0400541	S/N
Ponte	-6,41184126	-38,9526200	S/N
Ponte sobre o Riacho Lima Campos	-6,41029305	-38,9504768	S/N
Ponte Piquet Carneiro	-6,40625888	-38,8677576	S/N
Ponte km 34,03	-5,26546666	-38,06465	Boa
Ponte km 38,51	-5,27255	-38,1026166	Regular
Ponte sobre o Riacho Água Suja	-5,26106666	-38,1228	Problemática

## Anexo D

<b>Pontes Estaduais do Ceará</b>					
<b>Identificação da OAE</b>	<b>Rodovia</b>	<b>UF</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Tipos de OAEs</b>
N/Informado	CE-266	CE	-5.28178845	-39.69195317	Ponte
Ponte sobre o Rio Jacaúna	CE-266	CE	- 5.1527301	-39.70966711	Ponte
Ponte do bairro de fátima	CE-266	CE	-5.12969325	-39.73093902	Ponte
N/Informado	CE-265	CE	-5.08615402	-39.82736238	Ponte
N/Informado	CE-265	CE	-5.00790339	-39.93531014	Ponte
Ponte sobre o rio Acaraú	CE-265	CE	-4.69431761	-40.50327591	Ponte
N/Informado	CE-265	CE	-4.71315247	-40.37972846	Ponte
Barragem rio Quixeramobim	CE-060	CE	-5.1989657	-39.3140315	Ponte
Uruque-Quixadá	CE-060	CE	-5.14396654	-39.19183393	Ponte
N/Informado	CE-060	CE	-5.11063138	-39.11493119	Ponte
Ponte sobre o riacho Barbatão	CE-166	CE	-5.03041681	-39.33536335	Ponte
Madalena-Quixeramobim	CE-166	CE	-4.89213507	-39.44387609	Ponte
Ponte sobre o rio Patú	CE-060	CE	-5.5318962	-39.5960008	Ponte
Ponte sobre o rio dois rios	CE-060	CE	-5.54153766	-39.58957805	Ponte
Ponte sobre o Rio Banabuiú	CE-060	CE	-5.74147559	-39.62418867	Ponte
Ponte sobre o riacho Macaquinho	CE-060	CE	-5.77010255	-39.62611599	Ponte
Ponte sobre o riacho João Alves	CE-060	CE	-5.77668705	-39.62275544	Ponte
Ponte sobre o riacho Cacodé	CE-060	CE	-5.81537606	-39.60355378	Ponte
Ponte sobre o riacho Canzuim	CE-060	CE	-5.84951798	-39.5811854	Ponte
N/Informado	CE-168	CE	-6.10882403	-39.71917874	Ponte
N/Informado	CE-456	CE	-4.60263462	-39.32611882	Ponte
Ponte sobte o Riacho do Juá	CE-456	CE	-4.62497132	-39.30290213	Ponte
N/Informado	CE-456	CE	-4.62922202	-39.29086204	Ponte
N/Informado	CE-456	CE	-4.64011107	-39.24266806	Ponte
N/Informado	CE-456	CE	-4.65362613	-39.23525131	Ponte
N/Informado	CE-456	CE	-4.6763859	-39.22730759	Ponte
N/Informado	CE-456	CE	-4.84572815	-39.13037286	Ponte
N/Informado	CE-265	CE	-4.96403776	-38.9953953	Ponte
N/Informado	CE-265	CE	-4.9585986	-38.9494626	Ponte
Ponte sobre o Riacho Sitiá	CE-265	CE	-4.9443933	-38.86544043	Ponte
Ponte sobre o Canal de Integração	CE-265	CE	-5.1013506	-38.35036796	Ponte
Ponte sobre o Rio das Pedras	CE-371	CE	-5.5837347	-38.7550132	Ponte
Ponte sobre o Riacho das Ararás	CE-371	CE	-5.568263	-38.74585003	Ponte
N/Informado	CE-371	CE	-5.49876308	-38.66619619	Ponte
N/Informado	CE-371	CE	-5.36954669	-38.54018687	Ponte
Ponte sobre o riacho das casinhas	CE-371	CE	-5.35559674	-38.53212873	Ponte

Ponte sobre o riacho santa Rosa	CE-371	CE	-5.23744332	-38.48566861	Ponte
Ponte sobre o córrego corcunda	CE-371	CE	-5.19756009	-38.45668674	Ponte
Ponte sobre o rio Banabuiú	CE-371	CE	-5.12367589	-38.36277011	Ponte
Transposição	CE-371	CE	-5.11637144	-38.36435401	Ponte
Ponte sobre o riacho Carrapateira	CE-176	CE	-6.04358099	-40.27104467	Ponte
N/Informado	CE-176	CE	-6.06957553	-40.25465912	Ponte
N/Informado	CE-176	CE	-6.07864328	-40.24553738	Ponte
Ponte sobre o Riacho dos Pereiros	CE-176	CE	-6.22813385	-40.15467339	Ponte
Ponte sobre o rio Jaguaribe	CE-176	CE	-6.31939149	-40.16616588	Ponte
Ponte sobre o Rio Jucá	CE-176	CE	-6.35014853	-40.13454405	Ponte
Ponte sobre o rio Batata	CE-176	CE	-6.42674059	-40.12800867	Ponte
Ponte sobre o rio Andrada	CE-176	CE	-6.4682495	-40.11990039	Ponte
Ponte do Cruzeiro de ferro	CE-176	CE	-6.58944028	-40.12329822	Ponte
Riacho serra nova	CE-176	CE	-6.60621586	-40.12047904	Ponte
Ponte sobre rio catingueira	CE-176	CE	-6.65403874	-40.11289873	Ponte
N/Informado	CE-176	CE	-6.71747354	-40.07771332	Ponte
N/Informado	CE-176	CE	-6.7485117	-40.07811229	Ponte
Riacho Sobre o rio Conceição	CE-176	CE	-6.75246734	-40.04467924	Ponte
N/Informado	CE-166	CE	-5.76603852	-39.43207561	Ponte
N/Informado	CE-371	CE	-5.85079405	-39.23541689	Ponte
Ponte sobre o Rio Catolé	Ce-371	CE	-5.81784138	-39.23703059	Ponte
N/Informado	CE-266	CE	-5.22055387	-39.33875824	Ponte
Ponte sobre o riacho Grande	CE-166	CE	-5.8232799	-39.5217721	Ponte
Ponte sobre o riacho São Gonçalo	CE-166	CE	-5.8198663	-39.50559824	Ponte
N/Informado	CE-166	CE	-5.76603852	-39.43207561	Ponte
Ponte sobre o riacho Codiá	CE-166	CE	-5.6015575	-39.37667028	Ponte
Rio Jaguaribe	CE-356	CE	-4.9346476	-37.8882932	Ponte
N/Informado	CE-266	CE	-5.0835211	-37.9986627	Ponte
Ponte sobre o Rio Jaguaribe	CE-266	CE	-5.2252792	-38.1999879	Ponte
Ponte sobre o braço do Rio Jaguaribe	CE-266	CE	-5.2290887	-38.1967696	Ponte
Ponte sobre o Rio Jaguaribe	CE-368	CE	-5.8996887	-38.6331180	Ponte
Ponte sobre o Rio Jaguaribe	CE-458	CE	-5.0557546	-38.0677536	Ponte
N/Informado	CE-263	CE	-4.84146139	-37.78697162	Ponte
N/Informado	CE-358	CE	-5.29163542	-38.10685052	Ponte
Riacho Curral Velho	CE-265	CE	-5.1086412	-38.2765523	Ponte
Ponte sobre o riacho Linhares	CE-187	CE	-4.6075615	-40.57721629	Ponte
Ponte sobre o riacho Goes	CE-187	CE	-4.6068887	-40.59517432	Ponte
N/Informado	CE-187	CE	-4.60645592	-40.60657496	Ponte
N/Informado	CE-187	CE	-4.57358786	-40.65378469	Ponte
N/Informado	CE-187	CE	-4.56650608	-40.66804822	Ponte
Ponte sobre o rio Piauí	CE-187	CE	-4.22431154	-40.79472696	Ponte
N/Informado	CE-187	CE	-4.43125807	-40.7144262	Ponte

N/Informado	CE-257	CE	-4.49171207	-40.71671209	Ponte
N/Informado	CE-257	CE	-4.39772195	-40.62950506	Ponte
Ponte sobre o rio Acaraú	CE-257	CE	-4.40104442	-40.56141414	Ponte
N/Informado	CE-257	CE	-4.41298379	-40.5213923	Ponte
Ponte sobre o rio do pau Branco	CE-257	CE	-4.41443931	-40.46633701	Ponte
N/Informado	CE-257	CE	-4.41384298	-40.45214832	Ponte
N/Informado	CE-257	CE	-4.41553709	-40.42162364	Ponte
Ponte sobre o rio dos Macacos	CE-366	CE	-4.2470435	-40.30543404	Ponte
N/Informado	CE-366	CE	-4.22018823	-40.40233911	Ponte
Rio Acaraú	CE-366	CE	-4.21115649	-40.43349299	Ponte
Pontilhão sobre o riacho cajazeiras	CE-183	CE	-4.13088446	-40.46694156	Pontilhão
Ponte sobre o riacho Jurê	CE-183	CE	-4.04513221	-40.47367045	Ponte
Ponte sobre o riacho caiçara	CE-183	CE	-4.01321071	-40.48027345	Ponte
Ponte sobre o riacho seco	CE-183	CE	-3.91011352	-40.4848294	Ponte
Ponte sobre o riacho papocu	CE-183	CE	-3.84297112	-40.493272	Ponte
Aires de Sousa	CE-183	CE	-40.493272	-40.49688258	Ponte
N/Informado	CE-364	CE	-3.67499109	-40.59797921	Ponte
N/Informado	CE-253	CE	-3.88736551	-40.59886062	Ponte
Pontilhão sobre o riacho da roseira	CE-362	CE	-3.84551131	-40.24051852	Pontilhão
Ponte sobre o rio caioca	CE-240	CE	-3.67295468	-40.23478044	Ponte
Ponte sobre o riacho cacimba	CE-240	CE	-3.63407977	-40.1463117	Ponte
N/Informado	CE-375	CE	-6.51161938	-39.50902647	Ponte
, Ponte sobre o rio Jaguaribe	CE-166	CE	-6.52276267	-39.51943493	Ponte
Ponte sobre o rio Bastiões	CE-166	CE	-6.53461985	-39.50010466	Ponte
N/Informado	CE-284	CE	-6.56292792	-39.35406449	Ponte
- km 65	CE-284	CE	-6.58265957	-39.23901192	Ponte
Ponte sobre o açude Baldinho	CE-284	CE	-6.58387275	-39.23658908	Ponte
N/Informado	CE-284	CE	-6.60058053	-39.06379427	Ponte
N/Informado	CE-153	CE	-6.70560486	-39.08189374	Ponte
N/Informado	CE-153	CE	-6.75644977	-39.11937736	Ponte
N/Informado	CE-153	CE	-6.54788096	-39.04666171	Ponte
N/Informado	CE-375	CE	-6.67870683	-39.75837739	Ponte
Marrecas	CE-187	CE	-6.14431142	-40.39388953	Ponte
Ponte sobre o riacho do umbuzeiro	CE-187	CE	-6.59839631	-40.30828686	Ponte
Ponte sobre o rio Carius	CE-292	CE	-7.09823428	-39.7525552	Ponte
N/Informado	CE-085	CE	-3.03018573	-41.10073531	Ponte
Rio timonha	CE-085	CE	-3.47491031	-41.12318847	Ponte
Ponte sobre o rio jaguaribe	CE-085	CE	-3.03498564	-40.68045938	Ponte
Ponte sobre o rio pesqueiro	CE-085	CE	-2.99023947	-40.57978433	Ponte
Ponte sobre o riacho do prata	CE-085	CE	-2.91229184	-40.30792756	Ponte
Ponte sobre o rio Acaraú	CE-085	CE	-2.92127447	-40.16386148	Ponte
Ponte sobre o rio Acaraú	CE-085	CE	-2.91959382	-40.14682961	Ponte

Ponte sobre o rio Aracati-Mirim	CE-085	CE	-2.99385217	-39.84638982	Ponte
Ponte sobre o rio Aracatiaçu	CE-085	CE	-3.17833344	-39.7543036	Ponte
Ponte sobre o rio Cruxati	CE-085	CE	-3.28086094	-39.64765147	Ponte
Ponte sobre o rio Mundaú	CE-085	CE	-3.30441322	-39.51032496	Ponte
Ponte sobre o rio Trairi	CE-085	CE	-3.35932678	-39.33433148	Ponte
Ponte sobre o rio Trairi	CE-163	CE	-3.28084326	-39.26458172	Ponte
Ponte sobre o rio cruxati	CE-168	CE	-3.19129344	-39.56140958	Ponte
Ponte sobre o riacho Jabuti	Ce-176	CE	-4.18183955	-40.15042524	Ponte
Ponte sobre o rio Groíras	Ce-176	CE	-4.09693393	-40.12644472	Ponte
Riacho Pau-branco	Ce-176	CE	-4.07591958	-40.11913237	Ponte
Pontilhão sobre o rio Pagé	Ce-176	CE	-3.99069815	-40.07937702	Pontilhão
N/Informado	Ce-176	CE	-3.96630735	-40.05902056	Ponte
Pontilhão sobre o rio Aracatiaçu	Ce-176	CE	-3.86171936	-40.02437575	Ponte
N/Informado	Ce-176	CE	-3.7607461	-40.04154951	Pontilhão
Ponte sobre o rio Aracatiaçu	Ce-176	CE	-3.75986648	-40.04259165	Ponte
Ponte sobre o rio Aracatiaçu	Ce-176	CE	-3.50423261	-39.90271487	Ponte
N/Informado	Ce-176	CE	-3.28817326	-39.80851748	Ponte
N/Informado	Ce-176	CE	-3.14958462	-39.72345228	Ponte
Ponte Sobre o rio Curu	CE-085	CE	-3.480722	-39.138643	Ponte
Ponte Sobre o rio Curu	CE-085	CE	-3.480722	-39.138643	Ponte
Ponte sobre o rio pau D'Olho	CE-085	CE	-3.553865	-39.049491	Ponte
Ponte sobre o rio pau D'Olho	CE-085	CE	-3.553865	-39.049491	Ponte
Ponte sobre o rio São Gonçalo	CE-085	CE	-3.602664	-38.973566	Ponte
Ponte sobre o rio São Gonçalo	CE-085	CE	-3.600715	-38.970013	Ponte
N/Informado	CE-085	CE	-3.607712	-38.933331	Ponte
N/Informado	CE-085	CE	-3.607590	-38.933302	Ponte
Canal	CE-085	CE	-3.647628	-38.864789	Ponte
Canal	CE-085	CE	-3.647628	-38.864789	Ponte
Viaduto sobre a rodovia CE -165	CE-085	CE	-3.662366	-38.856379	Ponte
Viaduto sobre a rodovia CE -165	CE-085	CE	-3.662366	-38.856379	Ponte
Ponte sobre o rio Caiupe	CE-085	CE	-3.660817	-38.804067	Ponte
Ponte sobre o rio Caiupe	CE-085	CE	-3.660817	-38.804067	Ponte
Ponte sobre o riacho do Juá	CE-085	CE	-3.704475	-38.699877	Ponte
Ponte sobre o riacho do Juá	CE-085	CE	-3.704475	-38.699877	Ponte
N/Informado	CE-090	CE	-3.663804	-38.683457	Ponte
N/Informado	CE-060	CE	-4.822276	-38.989479	Ponte
N/Informado	CE-060	CE	-4.712950	-38.975967	Ponte
N/Informado	CE-060	CE	-4.669505	-38.977858	Ponte
Ponte sobre o rio Castro	CE-060	CE	-4.566950	-38.920981	Ponte
Ponte sobre o riacho Cedro	CE-060	CE	-4.555111	-38.916259	Ponte
N/Informado	CE-060	CE	-4.498366	-38.900599	Ponte
N/Informado	CE-060	CE	-4.469391	-38.896390	Ponte
Aracoiaba	CE-060	CE	-4.375822	-38.813138	Ponte
N/Informado	CE-060	CE	-4.227997	-38.727371	Ponte
N/Informado	CE-060	CE	-4.227034	-38.727653	Ponte

N/Informado	CE-060	CE	-4.169779	-38.692804	Ponte
Ponte sobre o rio água verde	CE-060	CE	-4.153325	-38.678048	Ponte
Ponte sobre o rio Baú	CE-060	CE	-4.120104	-38.659217	Ponte
Ponte sobre o rio Baú	CE-060	CE	-4.120047	-38.659311	Ponte
Consstruindo	CE-060	CE	-4.005200	-38.621598	Ponte
N/Informado	CE-421	CE	-3.659221	-38.813822	Ponte
Ponte sobre a rodovia CE -422	CE-422	CE	-3.621672	-38.850713	Ponte
Ponte sobre a rodovia CE – 421	CE-422	CE	-3.567537	-38.826543	Ponte
Ponte sobre a rodovia CE – 421	CE-422	CE	-3.567732	-38.826490	Ponte
N/Informado	CE-253	CE	-4.152803	-39.011919	Ponte
N/Informado	CE-253	CE	-4.156374	-39.009384	Ponte
N/Informado	CE-253	CE	-4.162835	-39.003074	Ponte
KM -53	CE-253	CE	-4.189224	-38.635323	Ponte
Ponte sobre o açude Pacajus	CE-253	CE	-4.164015	-38.436754	Ponte
N/Informado	CE-253	CE	-4.163716	-38.435994	Ponte
Ponte sobre transposição	CE-253	CE	-4.163250	-38.434735	Ponte
Ponte sobre o rio Choró	CE-350	CE	-4.205595	-38.227397	Ponte
Ponte sobre o rio Choró	CE-350	CE	-4.205554	-38.227284	Ponte
Ponte sobre o rio Piranji	CE-040	CE	-4.401710	-37.850061	Ponte
Ponte sobre o rio Piranji	CE-040	CE	-4.401690	-37.849945	Ponte
N/Informado	CE-123	CE	-4.705857	-37.839846	Ponte
Ponte sobre o rio Figueiredo	CE-138	CE	-5.523870	-38.272635	Ponte
N/Informado	CE-138	CE	-6.006247	-38.328467	Ponte
Ponte sobre o rio Manibú	CE-261	CE	-4.802649	-37.276648	Ponte
Ponte sobre o riacho dos carais	CE-0-60	CE	-7.137263	-39.305145	Ponte
N/Informado	CE-0-60	CE	-6.985001	-39.232035	Ponte
Ponte sobre o riacho São Lourenço	CE-0-60	CE	-6.979705	-39.228640	Ponte
Ponte sobre o riacho Rosário	CE-385	CE	-6.962789	-39.165334	Ponte
N/Informado	CE-385	CE	-6.938057	-39.137549	Ponte
N/Informado	CE-153	CE	-7.350219	-39.143426	Ponte
Ponte sobre o rio Salgado	CE-153	CE	-7.222207	-39.143982	Ponte
N/Informado	CE-153	CE	-7.142216	-39.044494	Ponte
N/Informado	CE-153	CE	-7.108009	-39.018029	Ponte
N/Informado	CE-153	CE	-7.077916	-38.993795	Ponte
N/Informado	CE-153	CE	-6.881270	-38.974255	Ponte
N/Informado	CE-025	CE	-3.805107	-38.446157	Ponte
N/Informado	CE-025	CE	-3.805107	-38.446157	Ponte
Ponte sobre o rio Pacoti	CE-025	CE	-3.824022	-38.419652	Ponte
N/Informado	CE-040	CE	-3.909594	-38.396122	Ponte
N/Informado	CE-040	CE	-3.909594	-38.396122	Ponte
N/Informado	CE-040	CE	-3.901218	-38.394430	Ponte
Ponte sobre o rio Catú	CE-040	CE	-3.954375	-38.379153	Ponte
N/Informado	CE-040	CE	-4.037194	-38.300231	Ponte
N/Informado	CE-040	CE	-4.037194	-38.300231	Ponte

Viaduto Joãzinho Arruda	CE-010	CE	-3.810673	-38.429148	Viaduto
-------------------------	--------	----	-----------	------------	---------