

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TIAGO LUIZ BASTOS

COMPARAÇÃO E ANÁLISE DE MÉTODOS DE PUBLICAÇÃO DE MAPAS  
TOPOGRÁFICOS NA WEB: UM ESTUDO DE CASO DA BASE CARTOGRÁFICA  
CONTÍNUA DO RIO DE JANEIRO

CURITIBA

2023

TIAGO LUIZ BASTOS

COMPARAÇÃO E ANÁLISE DE MÉTODOS DE PUBLICAÇÃO DE MAPAS  
TOPOGRÁFICOS NA WEB: UM ESTUDO DE CASO DA BASE CARTOGRÁFICA  
CONTÍNUA DO RIO DE JANEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Geodésicas.

Orientadora: Profa. Dra. Silvana Philippi Camboim

CURITIBA

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Bastos, Tiago Luiz

Comparação e análise de métodos de publicação de mapas topográficos na web: um estudo de caso da base cartográfica contínua do Rio de Janeiro / Tiago Luiz Bastos. – Curitiba, 2023.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas.

Orientador: Silvana Philippi Camboim

1. Mapas topográficos – Rio de Janeiro (RJ). 2. Mapeamento digital. 3. Mapas – Escalas. 4. Cartografia. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. III. Camboim, Silvana Philippi. IV. Título.

Bibliotecário: Elias Barbosa da Silva CRB-9/1894



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIAS  
GEODÉSICAS - 40001016002P6

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação CIÊNCIAS GEODÉSICAS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **TIAGO LUIZ BASTOS** intitulada: **COMPARAÇÃO E ANÁLISE DE MÉTODOS DE PUBLICAÇÃO DE MAPAS TOPOGRÁFICOS NA WEB: UM ESTUDO DE CASO DA BASE CARTOGRÁFICA CONTÍNUA DO RIO DE JANEIRO**, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 28 de Agosto de 2023.

Assinatura Eletrônica

31/08/2023 10:49:50.0

SILVANA PHILIPPI CAMBOIM

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

31/08/2023 12:56:37.0

CAIO DOS ANJOS PAIVA

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

31/08/2023 10:44:59.0

IVANILDO BARBOSA

Avaliador Externo (INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA)

*“A uns trezentos ou quatrocentos metros da Pirâmide, inclinei-me, peguei um punhado de areia, deixei cair silenciosamente um pouco mais longe e disse em voz baixa: Estou modificando o Saara.”*

Jorge Luis Borges

## RESUMO

Os mapas topográficos desempenham um papel fundamental na sociedade, fornecendo informações essenciais para o planejamento, desenvolvimento e tomada de decisões por parte dos órgãos governamentais. Atualmente, devido às mudanças no contexto tecnológico de produção do mapeamento de referência, as bases cartográficas oficiais são disponibilizadas para a sociedade apenas por meio de bancos de dados geográficos, sem a representação cartográfica através de simbologia padronizada que permitisse o acesso a estes dados através de mapas digitais de forma ágil. Esse cenário afeta principalmente ao público em geral, especialmente àqueles sem experiência em Cartografia, obter informações e conhecimento a partir dos produtos disponibilizados. Ao se avaliar os mapas disponíveis pela ferramenta de visualização de dados geoespaciais da INDE aos mapeamentos de referência atuais, constatou-se a sua inadequação em relação às convenções cartográficas oficiais. Neste contexto, esta pesquisa teve como objetivo analisar e comparar métodos de disponibilização e publicação de mapas topográficos na *web*, utilizando dados da base cartográfica vetorial do Estado do Rio de Janeiro na escala 1:25.000, produzida pelo IBGE. Considerando as duas formas distintas em relação ao local onde ocorre o processo de simbolização, no servidor (*back-end*) ou no cliente (*front-end*), foram desenvolvidos três métodos. O primeiro empregando o serviço WMS (Web Map Service) do OGC (Open Geospatial Consortium), padrão adotado pela INDE como requisito para implementação de servidores de mapas, o segundo a partir de arquivos vetoriais GeoJSON e o terceiro utilizando publicação por *vector tiles*. Para a visualização dos mapas interativos de cada método foi empregada a biblioteca JavaScript OpenLayers, e a simbologia implementada buscou seguir as convenções cartográficas oficiais e resultados de pesquisas realizadas no Laboratório Geoespacial Livre do Departamento de Geomática da Universidade Federal do Paraná. Foram considerados como parâmetros para a comparação dos métodos, a estrutura e volume dos dados, eficiência e desempenho no processamento e renderização dos mapas, flexibilidade para alterações e interações por parte do usuário, bem como a qualidade gráfica das representações. Os resultados obtidos evidenciaram que a solução que empregou *vector tiles* foi a que apresentou melhores resultados quanto ao volume de dados transferidos e desempenho de renderização do mapa. As observações feitas

demonstram a necessidade de atualização dos padrões adotados pela INDE para assegurar a eficiência e inovação das soluções de geoinformação, assim como a disponibilização para a sociedade de mapas topográficos que permitam a construção de conhecimento espacial para usuários da cartografia de referência.

Palavras-chave: Mapa Topográfico 1. Base Cartográfica 2. Mapa Interativo 3. Mapeamento de Referência 4. Simbologia Cartográfica 5.

## ABSTRACT

Topographic maps play a fundamental role in society, providing essential information for planning, development, and decision-making by government agencies. Currently, due to changes in the technological context of reference mapping production, official cartographic bases are made available to society only through geographic databases, without cartographic representation through standardized symbology that would enable easy access to this data through digital maps. This scenario mainly affects the general public, especially those without experience in Cartography, obtaining information and knowledge from the provided products. When evaluating the maps available through the geospatial data visualization tool of INDE (National Spatial Data Infrastructure) compared to current reference mappings, their inadequacy was observed in relation to official cartographic conventions. In this context, this research aimed to analyze and compare methods of making topographic maps available and published on the web, using data from the vector cartographic base of the State of Rio de Janeiro at a scale of 1:25,000, produced by IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics). Considering the two distinct ways in which the symbolization process occurs, on the server (back-end) or on the client (front-end), three methods were developed. The first employs the Web Map Service (WMS) of the Open Geospatial Consortium (OGC), a standard adopted by INDE as a requirement for map server implementation. The second method uses GeoJSON vector files, and the third utilizes publication through vector tiles. For the visualization of interactive maps for each method, the JavaScript library OpenLayers was employed, and the implemented symbology aimed to follow official cartographic conventions and results from research conducted at the Free Geospatial Laboratory of the Department of Geomatics at the Federal University of Paraná. Parameters considered for method comparison included data structure and volume, efficiency and performance in map processing and rendering, flexibility for user changes and interactions, as well as the graphic quality of representations. The obtained results highlighted that the solution employing vector tiles yielded the best outcomes in terms of transferred data volume and map rendering performance. The observations made demonstrate the need to update the standards adopted by INDE to ensure the efficiency and innovation of geoinformation solutions, as well as the provision of topographic maps to society that enable the construction of spatial knowledge for users of reference cartography.

Keywords: Topographic Map 1. Cartographic Bases 2. Interactive Map 3. Reference Mapping 4. Cartographic Symbology 5.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – PROCESSO DE COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA .....	24
FIGURA 2 – CARTAS TOPOGRÁFICAS PRODUZIDAS COM DIFERENTES TECNOLOGIAS .....	34
FIGURA 3 – CARTA ANALÓGICA.....	35
FIGURA 4 – CARTA DIGITAL (CAD).....	35
FIGURA 5 – BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO .....	36
FIGURA 6 – SOLICITAÇÃO DE UM SERVIÇO WMS .....	39
FIGURA 7 – PRINCÍPIO DO VECTOR TILES .....	42
FIGURA 8 – VISUALIZADOR DA INDE .....	44
FIGURA 9 – MAPA GERADO PELO VISUALIZADOR DA INDE .....	45
FIGURA 10 – THE NATIONAL MAP .....	47
FIGURA 11 – IBERPIX.....	50
FIGURA 12 – SIGNA.....	51
FIGURA 13 – EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DO GEOSERVIÇO A PARTIR DE VECTOR TILES .....	54
FIGURA 14 – MAPAS BKG.....	56
FIGURA 15 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO EMPREGANDO VECTOR TILES.....	58
FIGURA 16 – GÉOPORTAIL.....	59
FIGURA 17 – EXEMPLO DE MAPA INTERATIVO UTILIZANDO VECTOR TILES ..	60
FIGURA 18 – VISUALIZADOR DE MAPA DA SWISSTOPO .....	61
FIGURA 19 – VISUALIZADOR DE MAPA EMPREGANDO VECTOR TILES DA SWISSTOPO .....	62
FIGURA 20 – FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA .....	63
FIGURA 21 – VISÃO GERAL DA BASE CARTOGRÁFICA RJ25.....	65
FIGURA 22 – ÍNDICE DE ASSUNTOS DO MANUAL TÉCNICO T 34-700 .....	70
FIGURA 23 – APARÊNCIA DO GEOSERVIÇO WMS DA RJ25.....	71
FIGURA 24 – APARÊNCIA DO GEOSERVIÇO WMS DA RJ25.....	74
FIGURA 25 – CATÁLOGO DE PADRÕES DO MT 34-700.....	86
FIGURA 26 – ÁREA DE ESTUDO PARA O MÉTODO DE SIMBOLIZAÇÃO NO CLIENTE .....	97
FIGURA 27 – CÓDIGO CSS APÓS EXPORTAÇÃO .....	98
FIGURA 28 – CÓDIGO CSS APÓS ALTERAÇÕES .....	99

FIGURA 29 – TRATAMENTO DA CLASSE TRECHO DE DRENAGEM .....	100
FIGURA 30 – TRATAMENTO DA CLASSE ARRUAMENTOS .....	101
FIGURA 31 – TRATAMENTO DA CLASSE EDIFICAÇÃO DE ENSINO.....	101
FIGURA 32 – ÁREA 1 UTILIZADA PARA O TESTE DE DESEMPENHO .....	109
FIGURA 33 – ÁREA 2 UTILIZADA PARA O TESTE DE DESEMPENHO .....	109
FIGURA 34 – DESEMPENHO DA CAMADA WMS .....	110
FIGURA 35A E 35B – DESEMPENHO DAS CAMADAS COM GEOJSON .....	111
FIGURA 36 – DESEMPENHO DA CAMADA VECTOR TILES .....	112
FIGURA 37 – CAMADA WMS (Exemplo 1).....	117
FIGURA 38 – CAMADA GEOJSON (TEXTURAS E HACHURAS) (Exemplo 1).....	117
FIGURA 39 – CAMADA GEOJSON (CORES SÓLIDAS) (Exemplo 1) .....	118
FIGURA 40 – CAMADA VECTOR TILES (Exemplo 1) .....	118
FIGURA 41 – CAMADA WMS (Exemplo 2).....	119
FIGURA 42 – CAMADA GEOJSON (TEXTURAS E HACHURAS) (Exemplo 2).....	119
FIGURA 43 – CAMADA GEOJSON (CORES SÓLIDAS) (Exemplo 2) .....	120
FIGURA 44 – CAMADA VECTOR TILES (Exemplo 2) .....	120

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – COBERTURA CARTOGRÁFICA NO BRASIL NAS ESCALAS 1:100.000 a 1:25.000 .....	29
QUADRO 2 – PRODUÇÃO DAS FOLHAS TOPOGRÁFICAS NO BRASIL .....	30
QUADRO 3 – BASES CARTOGRÁFICAS PRODUZIDAS PELO IBGE .....	32
QUADRO 4 – EVOLUÇÃO NA ELABORAÇÃO DAS CARTAS TOPOGRÁFICAS ...	36
QUADRO 5 – ESCALAS DISPONÍVEIS POR REGIÃO NO TOPOBUILDER.....	48
QUADRO 6 – ESCALAS DISPONÍVEIS NO MAPA A LA CARTA .....	52
QUADRO 7 – CATEGORIAS E CLASSES DA RJ25 .....	66
QUADRO 8 – CORRELAÇÃO ENTRE ASSUNTOS DO MT 34-700 E .....	71
QUADRO 9 – CATEGORIAS, CLASSES E PRIMITIVAS GEOMÉTRICAS DA BASE CARTOGRÁFICA ADOTADA SEGUNDO A ET-EDGV 3.0 .....	72
QUADRO 10 – SÍMBOLOS PONTUAIS - IBGE E MANUAL T 34-700 .....	75
QUADRO 11 – SÍMBOLOS LINEARES - IBGE E MANUAL T 34-700 .....	76
QUADRO 12 – SÍMBOLOS DE ÁREA - IBGE E MANUAL T 34-700 .....	77
QUADRO 13 – CLASSIFICAÇÃO DOS SÍMBOLOS PONTUAIS .....	81
QUADRO 14 – SÍMBOLOS PONTUAIS UTILIZADOS.....	82
QUADRO 15 – SÍMBOLOS LINEARES UTILIZADOS .....	84
QUADRO 16 – SÍMBOLOS DE ÁREA UTILIZADOS .....	88
QUADRO 17 – FONTES INDICADAS NO MT 34-700 E UTILIZADAS .....	90
QUADRO 18 – CORES E CÓDIGOS UTILIZADOS.....	91
QUADRO 19 – IMPLEMENTAÇÃO DE ESTILO EM SLD.....	94
QUADRO 20 – SÍMBOLOGIA DAS FEIÇÕES DE ÁREAS .....	104
QUADRO 21 – RESULTADO DOS TESTES DE DESEMPENHO – ÁREA 1 .....	113
QUADRO 22 – RESULTADO DOS TESTES DE DESEMPENHO – ÁREA 2 .....	114

## LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

API	- <i>Application Programming Interface</i>
BC25	- Base Cartográfica Contínua Estadual, na escala 1:25.000
BC250	- Base Cartográfica Contínua do Brasil, na escala 1:250.000
BCIM	- Base Cartográfica Contínua do Brasil, ao Milionésimo
BDGEx	- Banco de Dados Geográficos do Exército
BGeoRG	- <i>Bundesgeoreferenzdatengesetz</i>
BKG	- <i>Bundesamt für Kartographie und Geodäsie</i>
CBERS	- <i>China-Brazil Earth Resources Satellite</i>
CIM	- Carta Internacional do Mundo, ao Milionésimo
CNG	- Conselho Brasileiro de Geografia
CNIG	- <i>Centro Nacional de Información Geográfica</i>
DBDG	- Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais
DSG	- Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro
ePING	- Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico
ET-EDGV	- Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais
HTML	- <i>HyperText Markup Language</i>
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICA	- International Cartographic Association
IGN	- <i>Instituto Geográfico Nacional</i>
INDE	- Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
INE	- Instituto Nacional de Estatística
NAD27	- <i>North American Datum of 1927</i>
NGP	- <i>National Geospatial Program</i>
OGC	- <i>Open Geospatial Consortium</i>
ONU	- Organização das Nações Unidas
RADAM	- Projeto Radar da Amazônia
SCN	- Sistema Cartográfico Nacional
SIG	- Sistema de Informações Geográficas
SLD	- <i>Styled Layer Descriptor</i>
SOAP	- <i>Simple Object Access Protocol</i>
SRTM	- <i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
SVG	- <i>Scalable Vector Graphics</i>
USAF	- <i>United States Air Force</i>
USGS	- <i>United States Geological Survey</i>
USNG	- <i>United States National Grid</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 OBJETIVOS .....	19
1.1.1 Objetivo Geral .....	19
1.1.2 Objetivos específicos.....	19
1.2 JUSTIFICATIVA .....	19
1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA .....	21
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>22</b>
2.1 DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO CARTOGRÁFICO .....	22
2.2 BREVE HISTÓRICO DO MAPEAMENTO DE REFERÊNCIA NO BRASIL.....	26
2.3 MAPEAMENTO DE REFERÊNCIA DO IBGE NOS DIAS ATUAIS .....	31
2.4 SIMBOLOGIA DO MAPEAMENTO DE REFERÊNCIA .....	32
2.5 SERVIÇOS E PADRÕES DO OGC .....	37
2.5.1 Novos padrões da OGC .....	39
2.6 VECTOR TILES .....	41
2.7 BIBLIOTECAS JAVASCRIPT PARA DESENVOLVIMENTO DE MAPAS INTERATIVOS .....	43
2.8 VISUALIZADOR DA INDE.....	44
2.9 INICIATIVAS DE OUTRAS AGÊNCIAS NACIONAIS DE MAPEAMENTO .....	45
2.9.1 USGS – Estados Unidos .....	45
2.9.1.1 <i>The National Map</i> .....	47
2.9.1.2 Aplicação <i>topoBuilder &amp; OnDemand Topo</i> .....	48
2.9.2 IGN-CNIG – Espanha.....	49
2.9.2.1 IBERPIX e SignA.....	50
2.9.2.2 Mapa a La Carta .....	51
2.9.2.3 IGN - Publicação utilizando Vector Tiles.....	54
2.9.3 BKG – Alemanha.....	55
2.9.3.1 Mapas BKG .....	56
2.9.3.2 Map on Demand (MoD) .....	57
2.9.3.3 Web Vector – basemap.de .....	58
2.9.4 IGN – França.....	59
2.9.4.1 Serviço de Vector Tiles – IGN França .....	60
2.9.5 Swisstopo - Suíça.....	60

<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>63</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	64
3.2 PREPARAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA.....	69
3.3 PROJETO GRÁFICO E DEFINIÇÃO DA SIMBOLOGIA.....	73
3.3.1 Simbologia empregada pelo IBGE na INDE.....	73
3.3.2 Preparo da Simbologia empregada na pesquisa.....	80
3.3.3 Preparação dos Símbolos Pontuais .....	81
3.3.4 Preparação dos Símbolos Lineares .....	83
3.3.5 Preparação dos Símbolos de Área.....	86
3.3.6 Especificação das Fontes Tipográficas .....	90
3.3.7 Padrão de Cores .....	90
3.3.8 Compartilhamento da Simbologia Adotada .....	92
3.4 IMPLEMENTAÇÃO DAS CAMADAS SIMBOLIZADAS.....	92
3.4.1 Simbolização no Servidor.....	93
3.4.1.1 Camada a partir de Serviço WMS .....	93
3.4.2 Simbolização no Cliente .....	95
3.4.2.1 Camada a partir de arquivos GeoJSON .....	95
3.4.2.2 Camada a partir de Vector Tiles .....	105
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>107</b>
4.1 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS.....	107
4.1.1 Estrutura, Volume dos Dados e Renderização dos Mapas .....	107
4.1.2 Interações do Usuário .....	115
4.1.3 Simbolização e Qualidade Gráfica .....	116
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>121</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>126</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mapeamento topográfico é de extrema importância para a sociedade. Dentre os vários produtos cartográficos, este se destaca pela sua capacidade de representar características naturais das regiões, como o relevo, a vegetação, a hidrografia, além de aspectos culturais, como as áreas urbanas, estradas, limites territoriais, nomes geográficos, entre outros. Os mapas topográficos “referem-se a todas as características identificáveis da superfície da Terra, sejam naturais ou artificiais, que podem ser atribuídas a uma posição específica” (KEATS, 1976, p.19)<sup>1</sup>. Pode-se dizer que tal produto cartográfico desfruta de uma certa posição de autoridade perante os demais, e isto se deve pela aparente precisão científica com a qual a simbologia é utilizada no mapeamento, correspondendo às características do mundo real, como também por ser, geralmente, de responsabilidade do Estado (KENT; HOPFSTOCK, 2019). Na maioria dos países a normatização e execução deste tipo de mapa do território nacional é de atribuição de instituições governamentais ou de agências militares.

Um mapeamento de referência deve representar, com determinada acurácia e precisão, o posicionamento de feições naturais e artificiais na superfície da Terra, bem como elementos intangíveis, por exemplo limites, curvas de nível e nomes geográficos, em escalas padronizadas (MACHADO; CAMBOIM, 2019). Eles são produzidos ou homologados por órgãos públicos e, além de definir a paisagem nacional, servem a uma variedade de usos e usuários por meio da apresentação simultânea de muitas categorias de informação (KENT, 2009).

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), juntamente com a Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), são as instituições responsáveis pelo Sistema Cartográfico Nacional – SCN e, portanto, encarregadas de executar o Mapeamento Topográfico Sistemático Terrestre do território brasileiro, definido, assim, através do Decreto-Lei Nº 243, de 28 de fevereiro de 1967. Foi estabelecido neste decreto, como finalidade da Cartografia Sistemática Terrestre, a representação da área terrestre nacional, através de séries de cartas gerais, contínuas, homogêneas e articuladas, e em escalas padronizadas.

---

<sup>1</sup> No original: Topography refers to all identifiable features of the Earth's surface, whether natural or artificial, which can be assigned a specific position.

As diretrizes e bases das atividades cartográficas no Brasil ainda são regidas pelo mesmo decreto de 1967. Nele está estabelecido, em seu Art. 6º, que o espaço territorial brasileiro deve ser representado através de cartas, admitindo-se também o uso de outras formas de expressão, porém de forma subsidiária e acessoriamente. Apesar deste ato normativo estar vigente ainda nos dias de hoje, as folhas topográficas do mapeamento sistemático praticamente deixaram de ser produzidas, dando lugar ao desenvolvimento das bases cartográficas digitais. Desta forma, estes conjuntos de dados geoespaciais passaram a ser reconhecidos como as bases cartográficas de referência para todo o território nacional, sendo a carta impressa, que antes era a principal forma de representação do território, apenas um subproduto destas bases cartográficas.

Com a crescente aplicação da computação no âmbito da Cartografia, novos produtos passaram a ser desenvolvidos, como as aplicações de SIG, *web* mapas, ambientes virtuais, entre outras, o que permitiu um aprimoramento na capacidade de transmitir dados geoespaciais com maior agilidade ao usuário. A forma de utilização dos mapas foi inserida a esse novo contexto tecnológico, desta forma, os mapas que anteriormente eram representados em papel, começaram a ser produzidos e representados em meio digital (ROTH, 2019).

Neste contexto, a criação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), foi muito importante para auxiliar na implementação de políticas de gestão ao acesso a dados espaciais. Quando foi instituída, no ano de 2008, representava uma mudança na produção cartográfica no país, implicando em ações para estimular o aumento da cobertura cartográfica, na otimização dos orçamentos públicos, ao se evitar duplicidade de esforços, e na adoção de fluxos de trabalho documentados (SILVA e CAMBOIM, 2020).

A INDE foi concebida com o propósito de catalogar e integrar dados geoespaciais produzidos nas instituições governamentais brasileiras, de modo que possam ser facilmente localizados e acessados por qualquer usuário com acesso à Internet (CONCAR, 2010).

Estes dados são extremamente necessários, porém não são facilmente compreendidos por qualquer tipo de usuário. Para que a partir de um banco de dados geoespaciais contendo dados de referência, produtos como mapas topográficos sejam gerados, o usuário deverá possuir conhecimentos técnicos avançados, além de passar por um processo trabalhoso e demorado.

Para que o usuário consiga realizar adequadamente as atividades de leitura e interpretação dos mapas, é fundamental que a comunicação cartográfica seja eficiente. Assim, a transição dos mapas do meio impresso para o meio digital, impulsionada pelos avanços científicos e tecnológicos, não alterou a importância das aptidões cognitivas de recordação e armazenamento de informações. Essas habilidades continuam desempenhando um papel crucial na leitura dos mapas, tanto quanto ocorria com os mapas impressos (BOARD, 1978; SLUTER, 2008).

Em qualquer tipo de mapeamento a comunicação se dá através da linguagem cartográfica, onde se deve considerar o nível de generalização e escala de representação dos dados, assim como sua relação com o nível de detalhamento da representação, cor e tamanho dos símbolos cartográficos (SLOCUM, 1999 *apud* SLUTER, 2008). A padronização da simbologia é uma característica importante para qualquer mapeamento de referência, a fim de garantir interoperabilidade de informações produzidas por diferentes fontes (SLUTER *et al*, 2019).

No Brasil, a simbologia do mapeamento de referência é normatizada pelo Manual Técnico T 34-700 – Convenções Cartográficas, padronizada para a representação cartográfica nas escalas menores que 1:25.000 e maiores que 1:250.000, e sua versão mais recente datam dos anos 1998 e 2001, 1ª e 2ª parte, respectivamente. São, portanto, oriundas da transição do mapeamento analógico para o digital, com as tecnologias de desenho assistido por computador, porém anteriores à adoção dos bancos de dados geoespaciais como a forma de representação computacional dos dados.

As normas e padrões para o mapeamento do território brasileiro foram baseadas em soluções desenvolvidas em outros países e, devido ao relativo déficit de pesquisas sobre o tema, os símbolos adotados para o mapeamento de referência foram mantidos. Isto evidencia a importância do desenvolvimento de estudos que discutam as questões teóricas da cartografia de referência, e que verifiquem sua adequabilidade à realidade brasileira (DSG, 2014; MELLO, 2018 e ANDRADE *et al*, 2018).

Existem estudos conduzidos pelo Grupo de Pesquisa em Cartografia e SIG da UFPR relacionados ao avanço da simbologia para mapeamento e generalização cartográfica (TAURA, 2007; COMÉ, 2014; NATINGUE, 2014; ARAÚJO *et al.*, 2016; SLUTER *et. al*, 2019; ARAÚJO, 2021), assim como trabalhos direcionados para utilização de símbolos pictóricos e pontuais para mapeamento (ANDRADE e

SLUTER, 2012; ANDRADE, 2014; ANDRADE et al, 2018; SILVEIRA, 2019; PISETTA, 2021; RAMOS, 2023), porém todos voltados para o mapeamento em escala grande, maiores que 1:25.000.

Algumas experiências internacionais têm apresentado avanços e inovações no desenvolvimento de mapas para *web*, conservando a qualidade da representação dos mapas topográficos impressos para o digital. As agências nacionais de mapeamento dos Estados Unidos, Espanha e Alemanha, são exemplos bem sucedidos na divulgação ao público dos seus mapeamentos oficiais, viabilizando ainda aos usuários uma nova maneira de consumir cartografia, que permite a personalização dos mapas e o consumo sob demanda (USGS, 2022; CNIG, 2022; BKG, 2022). Uma das inovações aplicadas para estes mapeamentos distribuídos na *web* é o uso de *vector tiles*, que são partições dos dados vetoriais resultando no aumentando do desempenho dos serviços e a manutenção da qualidade cartográfica (MAPBOX, 2023).

Diante disso, um dos desafios que deve ser considerado devido à atual forma da apresentação dos dados geoespaciais implementadas pelos órgãos responsáveis pelo mapeamento do território brasileiro, é o estabelecimento de uma gestão e disponibilização de mapas que permitam que o público em geral, principalmente aqueles usuários que não possuem formação ou experiência na área de geoprocessamento, venha a obter informações e conhecimento através dos produtos disponibilizados.

Em face ao exposto, e ao se observar a forma como o mapeamento de referência atualmente é disponibilizado aos usuários, apenas por meio do oferecimento dos dados digitais e sem a implementação da convenção cartográfica oficial ou simbolização cartográfica adequada para as feições representadas, se estabeleceu o problema que esta pesquisa pretende investigar. Em um cenário onde os processos de construção destes mapeamentos e sua forma de apresentação sofreram profundas alterações devido aos avanços tecnológicos surge a seguinte pergunta: Quais ferramentas tecnológicas atuais, considerando o uso de software livre e *open source*, e com o objetivo de ampliar os padrões e as possibilidades de distribuição de dados via *web*, propiciam a construção de conhecimento espacial para usuários da cartografia de referência?

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Comparar e analisar diferentes métodos de disponibilização e publicação de mapas topográficos na *web*, usando como insumo dados da base cartográfica vetorial contínua na escala 1:25.000, levando em considerando as convenções cartográficas oficiais e as simbologias propostas em trabalhos científicos realizados.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- I. Determinar as classes de objetos que serão empregados nesta pesquisa, definir a simbologia para representação das feições de cada classe e construir um banco de dados geoespaciais a partir de arquivos da base cartográfica contínua do Rio de Janeiro, na escala 1:25.000, disponibilizados pelo IBGE;
- II. Avaliar as simbologias aplicadas nos mapeamentos de referência atuais e a sua adequação às convenções cartográficas oficiais compreendidas no Manual Técnico T 34-700;
- III. Implementar as simbologias para a geração de mapas interativos na *web* nos diferentes métodos; e
- IV. Desenvolver uma solução de geoinformação que permita a exibição dos dados geoespaciais e a comparação entre os métodos de publicação pesquisados, utilizando para isso uma biblioteca JavaScript de código aberto.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Modernamente, a cartografia de modo geral costuma, cada vez mais, ser consumida através de dispositivos móveis e através de telas de computador (ROTH, 2019; YANG *et al*, 2019). Quando estes equipamentos são usados, na maioria das vezes a área a ser observada pelo usuário é tratada como um espaço contínuo, não

possuindo limites ou bordas, como as representações das folhas topográficas em papel.

Como já mencionado anteriormente, as bases cartográficas de referência produzidas pelo IBGE também não são mais divididas por folhas, conforme as antigas edições impressas, denominando-se bases cartográficas vetoriais contínuas (IBGE, 2010). Estes conjuntos de dados seguem os padrões de estruturação e modelagem estabelecidos pela Especificação Técnica para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV), porém não são disponibilizados produtos cartográficos como mapas interativos ou estáticos, e nem mesmo oferecidos os meios para aplicação da simbologia pelo usuário para as feições que neles estão contempladas.

A leitura e a compreensão dos mapas estão intrinsecamente ligadas à simbologia utilizada para representar as características e à disposição dos elementos no mapa (STIGMAR e HARRIE, 2011), e o seu aprimoramento é viável quando aplicadas teorias de comunicação visual e percepção da forma, como as leis da Gestalt (ANDRADE, 2014).

O mapeamento topográfico de referência brasileiro não é frequentemente abordado em pesquisas no âmbito da cartografia (ANDRADE et al, 2018; ARAÚJO, 2021), desta forma, é essencial desenvolver estudos que abordem as questões técnicas e teóricas do mapeamento de referência, garantindo sua adequação à realidade brasileira.

A disponibilização de dados espaciais em ambiente *web* necessita abordar diversas questões. Entre esses desafios, está a representação de um volume grande de informações e a adaptação da simbologia ao ambiente digital de forma que a comunicação cartográfica não seja prejudicada. Adicionalmente, os produtos interativos são frequentemente em multi-escala, o que adiciona a complexidade da realização do projeto cartográfico para escalas diversas. Estas questões tem colocado à prova os serviços tradicionais de disseminação de dados espaciais pela *web*.

Diante disso, esta dissertação busca analisar e comparar diferentes abordagens de disponibilização de dados geoespaciais em aplicações *web*, visando melhorar a experiência do usuário das bases cartográficas de referência.

### 1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA

Na primeira parte desta dissertação, estruturada em cinco seções, é apresentada uma introdução referente ao assunto objeto de estudo, os seus objetivos, geral e específicos, além da justificativa desta pesquisa.

A segunda seção, que faz referência à revisão de literatura, apresenta uma breve revisão histórica do mapeamento topográfico de referência produzido no Brasil pelo IBGE, desde sua criação até o momento atual. São abordados também os serviços e padrões do OGC adotados pela INDE, assim como os novos padrões API OGC que levam em consideração as novas práticas de desenvolvimento para ambiente *web* e o modelo de arquitetura centrada em recursos. Nesta seção ainda são apresentadas as formas de divulgação e apresentação dos mapeamentos oficiais de agências nacionais de mapeamento de outros países, além das novas iniciativas desenvolvidas por eles chamadas de cartografia sob demanda.

Na terceira seção, Material e Métodos, encontra-se a descrição de como a pesquisa foi realizada. Nesta seção é apresentada a base cartográfica, assim como, a área de estudo, insumos para a realização da pesquisa. São discutidas as questões das simbologias empregadas no mapeamento de referência atualmente em relação às convenções cartográficas oficiais, e ainda, é definida a simbologia a ser adotada no decorrer deste estudo. Além disso, nesta seção são apresentados os estudos e análises comparativas entre diferentes métodos de disponibilização de dados geoespaciais para o consumo em aplicações *web*.

A quarta seção se refere à apresentação dos resultados e discussões, com destaque para a análise comparativa entre as diferentes abordagens de disponibilização dos dados geoespaciais estudadas, viabilizada pela construção de uma solução de geoinformação que admite a visualização dos dados geoespaciais.

Na seção intitulada Considerações Finais, que corresponde à quinta e última parte deste trabalho, são abordadas questões observadas durante o processo de construção de cada uma das abordagens. Além disso, apresenta recomendações para pesquisas futuras e conclusões sobre como essas ações podem ampliar o uso dos mapas topográficos pela sociedade.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, será apresentada uma breve introdução acerca da evolução e desenvolvimento do pensamento cartográfico. A seguir, apresenta uma revisão do mapeamento topográfico de referência executado no Brasil com foco nas produções do IBGE, sua disponibilização e publicação, atualizações, modernização e o estado tecnológico atual. Discorre sobre os serviços da OGC mais comumente utilizados na disseminação e intercâmbio de informações geoespaciais na *web*, principalmente àqueles voltados para a visualização dos dados. Apresenta, também, uma recente forma de representar dados geoespaciais em formato vetorial, mais compacto e otimizado, para exibição em mapas interativos, conhecido como *vector tiles*. Adicionalmente, serão abordadas as práticas adotadas pelas agências nacionais de mapeamento de outros países, tais como Estados Unidos, Espanha e Alemanha, para disponibilizar seus mapas topográficos. Além disso, serão exploradas as mais recentes iniciativas que visam uma nova abordagem na oferta e divulgação dos mapeamentos oficiais desses países. Essas inovações possibilitam aos usuários uma forma moderna de consumir cartografia, permitindo a personalização dos mapas e a produção sob demanda da cartografia de referência.

### 2.1 DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO CARTOGRÁFICO

Alguns historiadores afirmam que antes mesmo da humanidade desenvolver as primeiras formas de escrita, pinturas rupestres e desenhos feitos em paredes de cavernas durante a pré-história já eram utilizados como forma de representar caminhos que os dirigissem a locais onde as caças eram encontradas (BARBER, 2005; CASTRO, 2012; MICELI, 2002). É quase impossível não traçar um paralelo entre o significado contido nestas artes rupestres, para os nossos antepassados, com o que modernamente viria a se tornar os mapas. Em um primeiro olhar, o que traz essa sensação de haver uma forte semelhança semântica entre estas duas formas de expressão, separadas por milhares de anos de evolução da cognição humana, é o fato das duas representarem uma compreensão sobre a realidade de certo fenômeno e a transmissão deste conhecimento. Como se pode notar, o surgimento daquilo que hoje se conhece por de mapa, objeto central da cartografia,

ocorreu antes mesmo da compreensão da humanidade sobre o que viria a ser cartografia em sua definição. Conforme o prestigiado cartógrafo Erwin Josephus Raisz menciona em seu livro *General Cartography*, “aparentemente, a criação de mapas é uma aptidão inata dos seres humanos” (RAISZ, 1948, p. 3)<sup>2</sup>.

Da mesma maneira que ocorre em outras áreas da ciência, o desenvolvimento da cartografia se deu de maneira sistemática e acumulativa. A base científica da cartografia foi construída por fundamentos advindos de diversas áreas do conhecimento, como a Astronomia, Matemática, Geografia, acumulados desde a Grécia antiga, que propiciaram, por exemplo, as grandes navegações e a exploração do Oceano Atlântico no século XV, sendo isso apenas possível através da construção e do uso das cartas de marear, ou cartas náuticas (MARTINS, 2005).

Ainda que a representação do espaço real através de elementos gráficos tenha sua origem na idade antiga, as teorias da cartografia moderna e a sua afirmação como uma ciência propriamente dita somente foram surgir no decorrer do século XIX, movidas inicialmente por discussões a respeito das técnicas envolvidas nos levantamentos topográficos militares, em que eram enfatizadas muito mais questões de cunho prático do que teóricos (ARCHELA e ARCHELA, 2002). Foi somente a partir de meados do século XX, mais precisamente em 1959, com a formação da Associação Cartográfica Internacional – ICA, que surgiu a primeira definição de cartografia a ser adotada por todos os países membros desta associação: “Conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, a partir dos resultados de observações diretas ou da utilização de documentação, visando o desenvolvimento e elaboração de mapas, planos e outras formas de expressão, bem como na sua utilização” (ORMELING, 1987)<sup>3</sup>. Esta definição buscava caracterizar a cartografia segundo um campo mais restrito, ao contrário do conceito anterior da ONU, considerado muito amplo, e que incluía temas como geodesia, levantamentos e fotogrametria. A nova definição estabelecida pela ICA se mostrava, portanto, muito mais preocupada com a reprodução, a representação gráfica e a utilização dos mapas.

---

<sup>2</sup> No original: Apparently map making is an inborn aptitude of mankind.

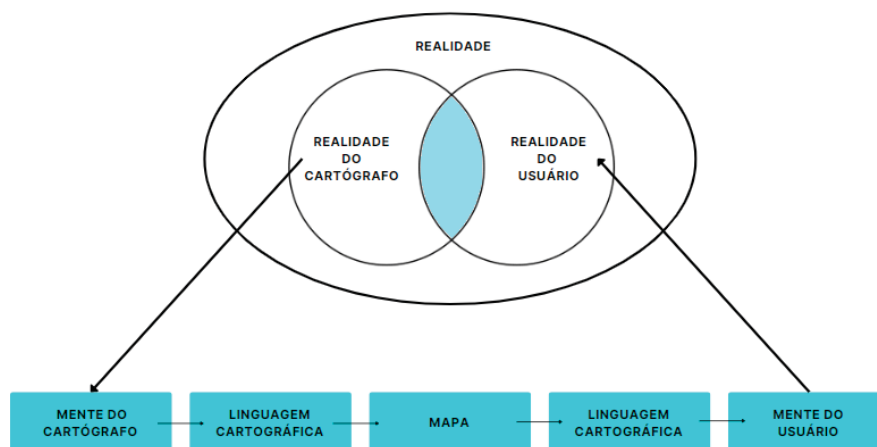
<sup>3</sup> No original: Ensemble des études et des opérations, scientifiques, artistiques et techniques, intervenant, à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation, en vue de l'élaboration et de l'établissement de cartes, plans et autres modes d'expression, ainsi que dans leur utilisation.

A partir da consolidação desta nova noção de cartografia, possibilitou-se o surgimento, por exemplo, de pesquisadores interessados em estudar como se processa a relação do usuário com o mapa, considerando o mapa como parte de um sistema de comunicação. Desta forma, passaram a ser desenvolvidas teorias a respeito da comunicação cartográfica, procurando-se verificar como o processo de obtenção de informações acontece, por parte do usuário, no momento da leitura do mapa.

A partir dos anos de 1970, diferentes abordagens para o estudo da cartografia passaram a ser realizadas. Pesquisadores de vários países, como Salichtchev da União Soviética, Robinson, Petchenik e Morrison dos Estados Unidos, Ratajski da Polônia, Koeman da Holanda, Kolacny da Eslováquia e Bertin e Bonin da França passaram a buscar o estabelecimento de um sistema teórico que fundamentasse a cartografia como ciência. Teorias da informação e da comunicação foram utilizadas como base para o desenvolvimento metodológico da modelagem cartográfica, semiologia gráfica e da cognição cartográfica (ARCHELA, 2007).

No modelo de comunicação cartográfica proposto por Koláčný (1969) a cartografia foi definida abrangendo dois focos principais: a criação e o uso de mapas. A FIGURA 1 apresenta uma versão simplificada do modelo, apresentada por Robinson e Petchenik (1976). Este modelo proporcionou muitas pesquisas e debates sobre o tema, uma vez que a cartografia se concentrava principalmente na criação e produção de mapas, com pouca consideração dada ao seu uso como meio de leitura e interação com a realidade.

FIGURA 1 – PROCESSO DE COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA



FONTE: Robinson e Petchenik (1976).

Para Koláčný (1969) quem produz o mapa e quem o utiliza não estão desvinculados entre si. Esta relação é representada pela sobreposição das realidades do cartógrafo e do usuário, assim como, pela continuidade do processo na criação e no uso do mapa.

O processo de comunicação cartográfica é o tema central da cartografia, segundo Monmonier (1977), onde o mapa é apenas uma das preocupações dentro de uma cadeia de processos que começa com a imagem que alguém deseja transmitir e culmina nas respostas intelectuais ou físicas do usuário do mapa.

O processo de compreensão do ambiente é chamado de mapeamento cognitivo. Esse processo é definido como uma sequência de transformações psicológicas pelas quais um indivíduo adquire, codifica, armazena, recorda e decodifica informações sobre localizações relativas e atributos de fenômenos em seu ambiente cotidiano MACEACHREN (1991). No entanto, quando não é possível decodificar o mapa de forma eficiente, esse processo pode resultar em uma compreensão equivocada da mensagem.

Portanto, a compreensão dos símbolos representados no mapa envolve não apenas um processo físico, mas também um procedimento mental complexo. Nesse processo, o usuário é capaz de identificar arranjos e padrões especiais por meio da análise do estímulo visual, que por sua vez é influenciado pelas teorias de percepção visual e psicologia cognitiva (SANTIL, 2008).

É essencial que o mapa permita ao usuário explorar e compreender o espaço cartográfico, de modo que os símbolos não restrinjam sua compreensão, mas sim o auxiliem a nível semântico (SANTIL, 2008). O responsável por apresentar a informação de forma apropriada e eficiente é o cartógrafo, cabendo ao usuário a sua interpretação.

Na atualidade, com a cartografia totalmente imersa em um contexto tecnológico, os produtos cartográficos são elaborados e consumidos em diferentes formatos e plataformas digitais. Com o avanço computacional, assim como o dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), cada vez mais tornou-se viável a criação de aplicações com maior rapidez de processamento e melhor capacidade de armazenamento dos dados. Os impactos que as mudanças tecnológicas trariam para a cartografia, porém, já eram uma preocupação a ser discutida desde a metade da década de 1980 nas conferências da ICA. Taylor (1991), por exemplo, afirmou que a tecnologia científica da cartografia é importante. Todavia, julgou um erro

permitir que o entendimento e a definição de Cartografia fossem determinados apenas por um imperativo tecnológico. Argumentou, ainda, que o desenvolvimento conceitual e teórico da cartografia como disciplina foi atrasado, até mesmo desviado, pelo interesse majoritário na automatização do mapeamento e no SIG.

Quando se trata da percepção proporcionada por estes novos formatos digitais, assim como do processo cognitivo para a aquisição de conhecimento, eles são distintos quando comparados aos mapas impressos. Conforme afirmado por Anderson e Shapiro (1979), “devido às suas diferenças fundamentais, o design de mapas digitais não deve imitar o de mapas em papel. Cada decisão cartográfica ou característica do projeto deve ser reconsiderada com base em seu propósito subjacente”. Portanto, o responsável pela construção do mapeamento ou qualquer outro produto cartográfico, seja no formato analógico ou digital, deve ter em mente que a transmissão das informações cartográficas de maneira eficiente e acessível, é o objetivo principal a ser alcançado. A tarefa inicial do cartógrafo, durante o desenvolvimento de um projeto cartográfico, é compreender e definir o uso que será destinado ao mapa (SLUTER, 2008).

## 2.2 BREVE HISTÓRICO DO MAPEAMENTO DE REFERÊNCIA NO BRASIL

No ano de 1890 foram criados o Serviço Geográfico Militar e o Observatório Astronômico do Rio de Janeiro, instituições cartográficas importantes que tinham como objetivo a execução de trabalhos geodésicos e geográficos da República dos Estados Unidos do Brasil. Em 1903 surgiu a Comissão da Carta Geral, que foi uma comissão militar cartográfica com o propósito de confeccionar um mapa para o Brasil no período republicano. Foi o primeiro projeto de caráter sistemático para a cartografia terrestre do Brasil (ARCHELA, 2007).

No ano de 1937 ocorreu a fundação do IBGE, através da incorporação do Conselho Brasileiro de Geografia ao Instituto Nacional de Estatística (INE), fusão que ocorreu devido à necessidade de as atividades estatísticas passarem a requerer documentos cartográficos cada vez mais precisos e confiáveis (SENRA, 2014). A criação do IBGE foi um marco muito importante para o desenvolvimento das atividades cartográficas no Brasil, assim como para a estruturação dos processos de mapeamento do território brasileiro, e um dos seus primeiros desafios foram os

projetos “Determinação das Coordenadas das Cidades e Vilas” e a “Campanha dos Mapas Municipais”, visando a atualização da Carta Geográfica do Brasil ao Milionésimo, base para as atividades do recenseamento geral da república de 1940 (ARCHELA, 2007). Neste mesmo período, foi criada uma comissão técnica que visava a uniformização da cartografia brasileira, onde se pretendia definir normas técnicas com relação ao sistema de projeção, escala e convenções cartográficas adotados (ARCHELA, R. S.; ARCHELA, E., 2005).

Apesar da preocupação com as questões de organização do território brasileiro se acentuarem nos anos de 1930 e 1940, foi somente a partir da década de 1960 que o mapeamento sistemático se tornou uma realidade, através das fotografias aéreas tomadas pela força aérea dos Estados Unidos – USAF (SANTOS; CASTIGLIONE, 2014). Foram executados dois levantamentos extensos no Brasil pela força aérea americana. Um usando as câmeras Trimetrogon, entre 1943 e 1945, e o outro voo AST-10-USAF entre os anos de 1964 e 1967 (SILVA, 2015).

Os trabalhos de produção cartográfica se intensificaram no Brasil a partir da década de 1960, e deste período até o final dos anos de 1990 foram construídas diversas folhas topográficas nas escalas pertencentes ao mapeamento sistemático, alcançando um recobrimento de boa parte do território nacional. Durante este período o mapeamento topográfico sistemático do território brasileiro era produzido e disponibilizado na forma de folhas topográficas impressas, produzidas segundo os procedimentos convencionais e analógicos da época, que contemplavam processos manuais de colagem, preparo de fotolitos e de chapas de impressão (SANTOS; CASTIGLIONE, 2014).

O mapeamento sistemático brasileiro foi estabelecido com o objetivo de representar o território nacional por meio de séries de cartas contínuas e articuladas, elaboradas nas escalas 1:1.000.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000, e com a principal função de fornecer suporte ao desenvolvimento de gestão do território, além de auxiliar os gestores nas tomadas de decisões para implementar políticas de Estado. Segundo o decreto Decreto-lei 243, de 1967, que fixou as diretrizes e bases da cartografia brasileira, a atribuição da normatização e da execução do mapeamento sistemático terrestre foi dividido entre a Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), para escalas 1:250.000 e maiores, e ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com as escalas menores de 1:250.000.

Este mapeamento topográfico de referência tem sua utilização e aplicabilidade em muitas áreas, tais como: suporte ao mapeamento temático e especial; suporte ao mapeamento náutico, aeronáutico, rodoviário e ferroviário; suporte ao planejamento; suporte ao mapeamento de unidades territoriais, inclusive à legislação de estruturas territoriais, regional e setoriais; base para anteprojetos de engenharia e ambientais; subsídios para identificação das divisas internacionais; monitoramento ambiental; estudos e projetos governamentais; cadastros e anteprojetos de linhas de transmissão; posicionamento e orientação geográfica; identificação e classificação dos estados, territórios e municípios beneficiados com royalties de petróleo, na faixa de fronteira situados na Zona Costeira; previsão de safras agrícolas; entre outros (IBGE, 1999).

Durante a década de 1970 surgiram algumas iniciativas para a aceleração do mapeamento topográfico do Brasil. Aproveitando as novas tecnologias e experiências adquiridas no Projeto Radar da Amazônia (RADAM), que utilizou sensores de radares aerotransportados de visada lateral para coletar dados integrados dos recursos naturais e cartografia da região, o mapeamento se ampliou para o restante do território nacional que passou a ser chamado de Projeto RADAMBRASIL (ARCHELA, 2007). Nos anos que se seguiram foram criados o Plano de Dinamização da Cartografia e o Programa de Dinamização da Cartografia, que visavam principalmente recobrir todo o território na escala de 1:250.000 e o complemento da cobertura nas escalas 1:100.000 e 1:50.000.

Apesar da divisão a respeito da produção cartográfica entre DSG e IBGE, declarada no decreto-lei de 1967, o IBGE já atuava na produção de cartas nestas escalas desde o início dos anos 60, tendo, portanto, uma consistente estrutura em relação à instrumentos fotogramétricos e uma metodologia já solidificada na produção de mapeamento (SANTOS; CASTIGLIONE, 2014).

A partir de meados dos anos de 1990 com a inevitável informatização da cartografia e o estabelecimento dos sistemas de informação geográfica, as cartas topográficas impressas deixaram de ser o único meio de representação gráfica do território. Com o objetivo de transformar e informatizar os seus processos de produção cartográfica, que até então eram analógicos, tanto o IBGE quanto a DSG iniciaram, separadamente, projetos que compreendiam a conversão analógico-digital das cartas topográficas, porém cada instituição utilizou um modelo diferente para a estruturação das feições cartográficas (DELOU, 2006).

Desta forma, com a adoção dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), o mapeamento sistemático passou a ser armazenado em bancos de dados, na forma de bases cartográficas digitais estruturadas.

A produção cartográfica na escala 1:250.000, por exemplo, era constituída por 401 folhas topográficas tradicionais, impressas ou disponibilizadas em formato PDF. A produção dessas folhas ocorreu principalmente durante a década de 1980 e envolveu a compilação de mapas de grande escala, quando disponíveis, ou a utilização de processos aerofotogramétricos quando necessário. Essa abordagem permitiu cobrir aproximadamente 72,9% do total de 550 folhas planejadas para essa escala (SILVA e CAMBOIM, 2020). A partir de 1998, a produção das cartas tradicionais nesta escala foi interrompida.

Hoje em dia, o mapeamento do território brasileiro está completo apenas nas escalas de 1:1.000.000 e 1:250.000. No entanto, quando se trata de escalas maiores, como 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000, a cobertura territorial é de apenas 80,3%, 26,4% e 5,5%, respectivamente. É importante ressaltar que, apesar do aumento na cobertura cartográfica após 2008, os mapas topográficos mais antigos não foram atualizados. Antes do ano de 1998, apenas 62,7% da escala 1:100.000, 60,7% da escala 1:50.000 e 22,2% da escala 1:25.000 foram devidamente atualizados (SILVA e CAMBOIM, 2022), conforme apresentado no QUADRO 1. Esse período é consideravelmente longo, especialmente ao considerar a natureza dinâmica da paisagem de um país em desenvolvimento, como o Brasil. (SLUTER et. al. 2019).

QUADRO 1 – COBERTURA CARTOGRÁFICA NO BRASIL NAS ESCALAS 1:100.000 a 1:25.000

<b>Escala</b>	<b>Cobertura</b>	<b>Mapeado antes de 1997</b>	<b>Mapeado entre 1998 e 2007</b>	<b>Mapeado após 2008</b>
1:100.000	80,3%	67,2%	1,6%	31,2%
1:50.000	26,4%	60,7%	1,5%	37,8%
1:25.000	5,5%	22,2%	9,1%	68,7%

FONTE: Adaptado de SILVA e CAMBOIM (2023).

Atualmente as cartas do mapeamento sistemático produzidas pelo IBGE são disponibilizadas no site da instituição somente em formato digital, divididas em três grupos:

- Editoradas – folhas impressas que passaram por um processo de digitalização (scanner), disponíveis em PDF;
- Fotolitos – filmes utilizados no processo de impressão das folhas, separados nas cores preto, azul, vermelho, sépia e verde, disponíveis em PDF; e
- Vetorial - folhas convertidas do meio analógico ou produzidas em meio digital, estruturada e padronizada para uso em ambiente CAD ou para uso em Sistemas de Informação Geográfica, disponíveis em formato DGN e SHP.

O IBGE, por decisão administrativa, disponibiliza apenas os documentos cartográficos que foram produzidos e elaborados pela própria instituição, desta forma não é possível encontrar todas as folhas do mapeamento sistemático brasileiro no site do órgão. O QUADRO 2 apresenta a quantidade de folhas editoradas disponíveis no site do IBGE em comparação com a quantidade de folhas já produzidas no Brasil, além do total de folhas para cada escala do mapeamento sistemático. As informações foram extraídas do Mapa Índice Digital do IBGE, com versão do ano de 2021.

QUADRO 2 – PRODUÇÃO DAS FOLHAS TOPOGRÁFICAS NO BRASIL

<b>Escala</b>	<b>Nº Total de Folhas do Mapeamento Sistemático</b>	<b>Nº Total de Folhas Produzidas no Brasil</b>	<b>Nº de Folhas Editoradas disponibilizadas pelo IBGE</b>
1:1.000.000	46	46	46
1:250.000	550	444	139
1:100.000	3049	2289	657
1:50.000	11928	1647	737
1:25.000	47712	492	41

FONTE: IBGE (2021).

### 2.3 MAPEAMENTO DE REFERÊNCIA DO IBGE NOS DIAS ATUAIS

O IBGE disponibilizou a sua primeira base cartográfica contínua com recobrimento de todo o território nacional no ano de 2003. Tratava-se da primeira versão da Base Cartográfica Contínua do Brasil, ao milionésimo (BCIM), que foi construída a partir da integração das folhas da Carta Internacional do Mundo ao milionésimo (CIM) que passaram por um processo de vetorização. Ao longo dos anos essa base foi sendo atualizada quanto aos seus elementos e geometria, utilizando, para isso, cartas do mapeamento sistemático em escalas maiores (1:100.000 e 1:250.000) além da extração e validação através de insumos de sensoriamento remoto (SRTM, Geocover e CBERS) e uso de dados de órgãos setoriais (IBGE, 2010). No ano de 2016 foi lançada a última versão da BCIM e, segundo a documentação técnica deste produto, as próximas versões deverão ser originárias da generalização da Base Cartográfica Contínua na escala 1:250.000 (IBGE, 2016).

A primeira versão da Base Cartográfica Contínua na escala 1:250.000 (BC250) teve seu lançamento no ano de 2013, viabilizada pelo projeto SIG Brasil. A produção desta base teve como objetivos principais promover a atualização do mapeamento existente e realizar o complemento das regiões ainda sem recobrimento cartográfico. Para a extração das feições cartográficas foram utilizadas imagens de satélite ortorretificadas da série LANDSAT e o serviço contou com a contratação de empresas privadas especializadas na área de cartografia (IBGE, 2021).

Conforme descrito por Reis *et al* (2014), o programa de atualização permanente para a BC250 tem o intuito de atualizar e conservar o mapeamento planialtimétrico do território brasileiro nesta escala através do uso de imagens de sensores orbitais, modelos digitais de elevação, insumos de órgãos setoriais parceiros e trabalhos de reambulação realizados em campo. Esta foi a primeira base cartográfica lançada pelo IBGE atendendo a Especificação Técnica para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV).

Recentemente o IBGE passou a se dedicar ao projeto BC100, que tem como objetivo mapear todas as unidades da federação na escala 1:100.000 possibilitando a elaboração de um produto cartográfico de maior detalhamento e de abrangência nacional. Até a data de publicação desta pesquisa as bases cartográficas contínuas,

nesta escala, que estão disponíveis aos usuários são das seguintes unidades da federação: Acre, Alagoas, Espírito Santo, Goiás e Distrito Federal, Rio Grande do Sul e Sergipe (IBGE, 2023).

O IBGE possui ainda em seu portfólio de iniciativas de mapeamento o Projeto BC25, que tem como objetivo o mapeamento das unidades da federação na escala 1:25.000, possibilitando, dentre outras aplicações, o planejamento territorial de municípios, assim como a elaboração de planos diretores municipais. Até o momento, os únicos conjuntos de dados geoespaciais vetoriais disponibilizados para esta escala foram os dos Estados do Rio de Janeiro e Santa Catarina.

QUADRO 3 – BASES CARTOGRÁFICAS PRODUZIDAS PELO IBGE

<b>Bases Cartográficas Contínuas</b>	<b>Escalas</b>	<b>Recobrimento</b>
BCIM	1:1.000.000	Território nacional
BC250	1:250.000	Território nacional
BC100	1:100.000	Acre, Alagoas, Espírito Santo, Goiás e Distrito Federal, Rio Grande do Sul e Sergipe
BC25	1:25.000	Rio de Janeiro e Santa Catarina

FONTE: IBGE (2023).

As bases cartográficas vetoriais contínuas do IBGE constituem as bases de referência por meio da representação cartográfica das feições geográficas naturais e artificiais da superfície terrestre e de seus respectivos nomes geográficos (IBGE 2019). Assim, as Bases Cartográficas do Brasil, nas escalas 1:1.000.000 e 1:250.000, e as Bases Cartográficas Estaduais, nas escalas 1:100.000 e 1:25.000, constituem o mapeamento topográfico oficial do país.

## 2.4 SIMBOLOGIA DO MAPEAMENTO DE REFERÊNCIA

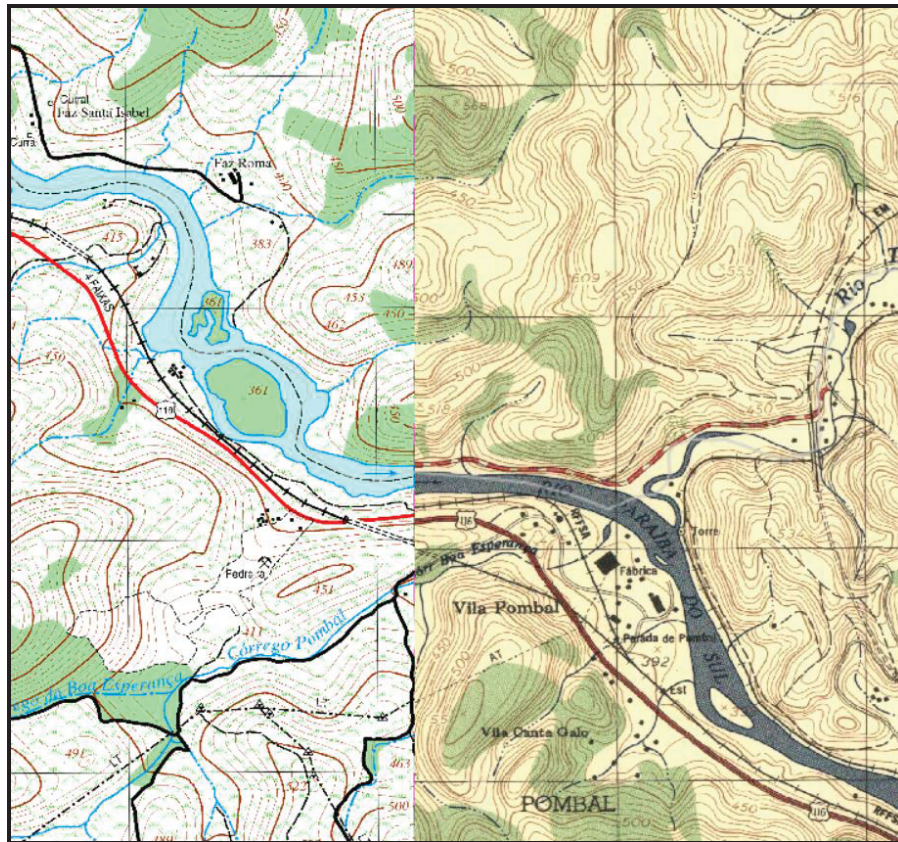
As cartas topográficas devem representar “todas as feições identificáveis da superfície da Terra, tanto naturais como artificiais, para as quais é possível estabelecer uma posição específica, expressa em relação à superfície topográfica” (KEATS, 1973).

A busca pela representação mais adequada das feições é uma das principais preocupações ao se produzir qualquer tipo de mapeamento. O objetivo é garantir que as características não sejam perdidas, de forma que o usuário possa compreender o significado delas, independentemente da escala de visualização utilizada. Para garantir que essa representação adequada ocorra, é essencial conduzir estudos no campo do mapeamento topográfico, a fim de estabelecer normas e padrões de simbologia. Essas diretrizes asseguram que a relação entre o projeto cartográfico e a comunicação cartográfica, por meio da linguagem cartográfica, seja consistentemente bem-sucedida (SLUTER et al. 2019).

A simbologia empregada nas cartas topográficas do mapeamento sistemático segue as convenções cartográficas definidas no Manual Técnico T 34-700, documento elaborado pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército e que estabelece as normas para a representação dos acidentes naturais e artificiais nas cartas topográficas. Este manual, ainda vigente, foi constituído em duas partes: a primeira chamada *Normas para o Emprego dos Símbolos*, onde são apresentadas as regras para as representações das feições; e a segunda chamada *Catálogo de Símbolos*, que especifica as características dos sinais convencionais para o emprego nas cartas topográficas, bem como os tipos e tamanhos de letras a serem usadas na nomenclatura (DSG, 1998; DSG, 2000).

O Manual Técnico T 34-700 foi elaborado seguindo padrões e convenções cartográficas anteriores, os quais se basearam em convenções internacionais, mas sem considerar plenamente os conceitos de percepção e cognição visual (PISETTA, 2021). É interessante notar que ao se examinar mapas topográficos que foram produzidos em épocas distintas, tanto pelo IBGE quanto pela DSG, é perceptível a falta de homogeneidade na aparência das cartas. As folhas produzidas de maneira analógica superam em qualidade gráfica àquelas produzidas no período em que as cartas passaram a ser elaboradas por meio digital, através de softwares CAD. A FIGURA 2 evidencia a diferença entre estes dois produtos, mostrando duas folhas adjacentes, na escala 1:25.000, produzidas em épocas diferentes. À esquerda a folha FALCÃO - SF-23-Z-A-II-3-NE, de 2009, e à direita a folha RIBEIRÃO DE SÃO JOAQUIM - SF-23-Z-A-II-4-NO, impressa em 1981.

FIGURA 2 – CARTAS TOPOGRÁFICAS PRODUZIDAS COM DIFERENTES TECNOLOGIAS



FONTE: BDGEx (2023).

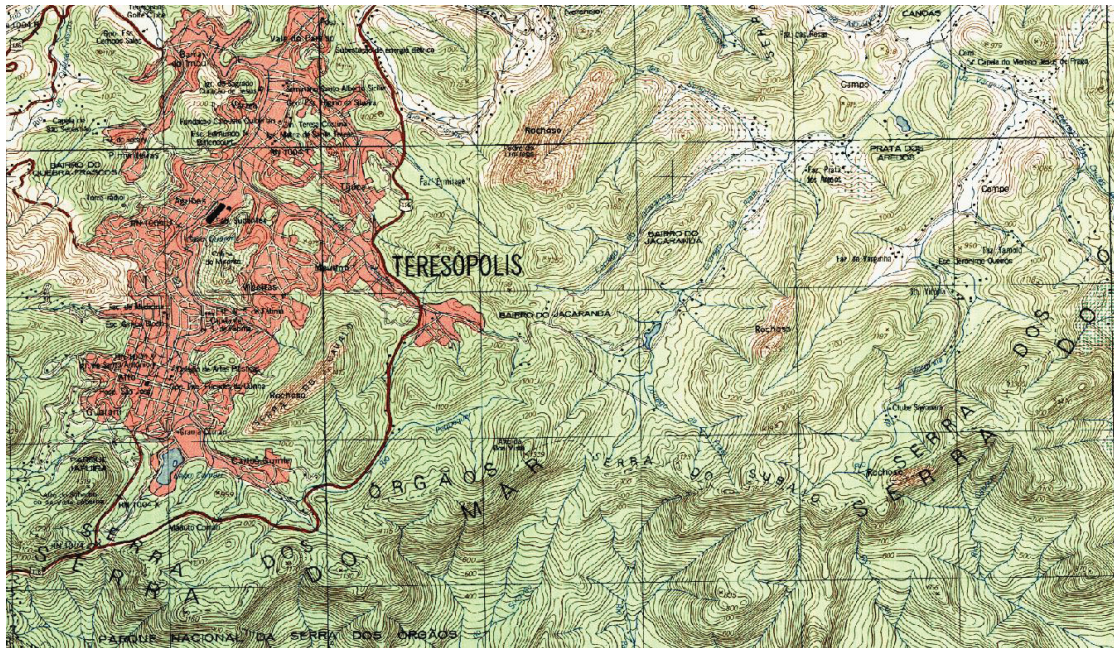
A forma de elaboração dos mapas topográficos passou por profundas modificações ao longo das últimas décadas, desde a implantação do mapeamento sistemático e a representação de todo o território brasileiro de maneira analógica, até o grande desenvolvimento tecnológico aplicado na cartografia atualmente.

Neste processo de evolução na maneira de se elaborar os mapas topográficos do mapeamento de referência nacional brasileiro, destacam-se três produtos de acordo com a época e a tecnologia utilizada para suas construções, são eles: Cartas Analógicas, Cartas Digitais (CAD) e Banco de Dados Geográficos.

A seguir, são apresentadas figuras contendo extratos destes produtos correspondentes a uma mesma região, com o objetivo de evidenciar algumas características de cada fase deste processo de desenvolvimento.

A FIGURA 3 apresenta uma fração da folha TERESÓPOLIS - SF-23-Z-B-II-3, na escala 1:50.000 impressa pelo IBGE em 1983, o que corresponde a uma Carta Analógica.

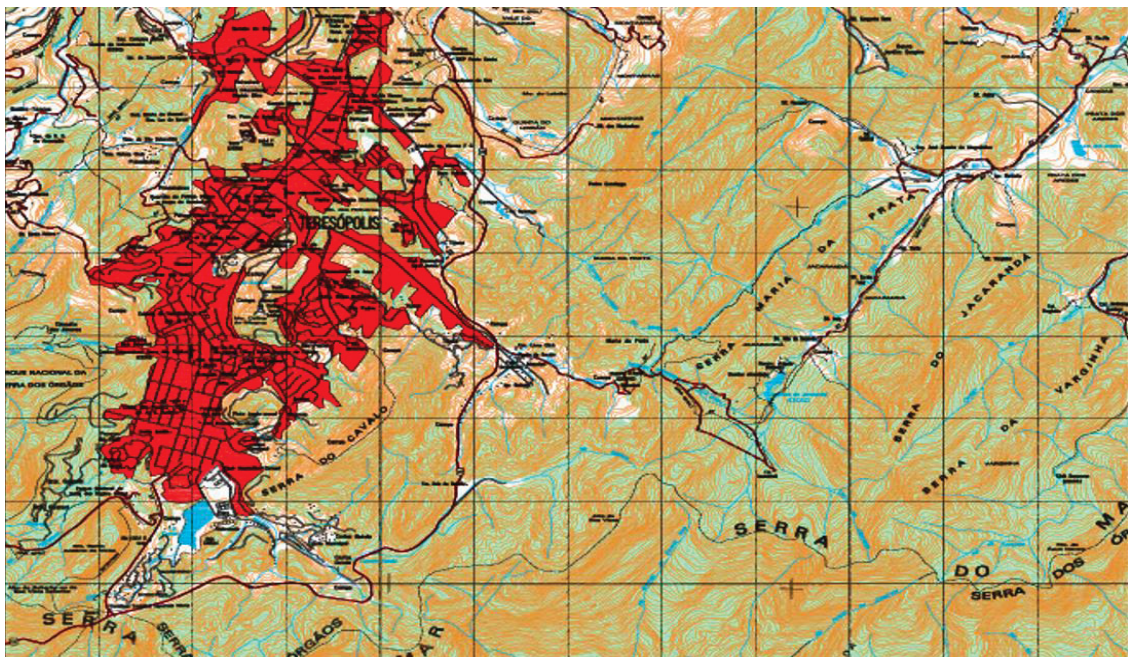
FIGURA 3 – CARTA ANALÓGICA



FONTE: IBGE

A FIGURA 4 apresenta uma fração da folha TERESÓPOLIS - SF-23-Z-B-II-3-SO, na escala 1:25.000 impressa pelo IBGE em 1998, o que corresponde a uma Carta Digital (CAD).

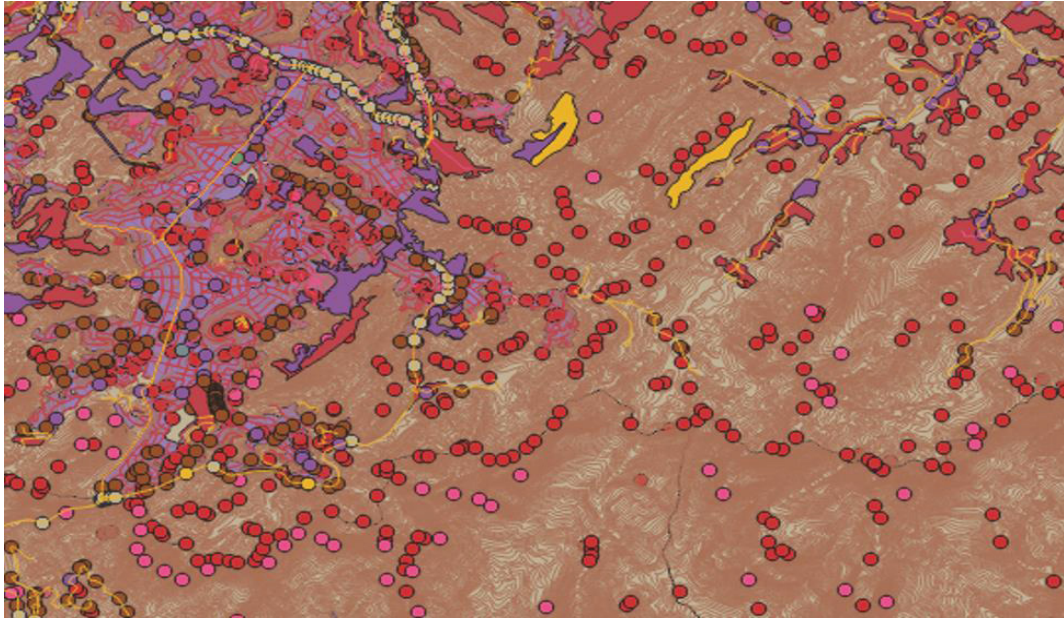
FIGURA 4 – CARTA DIGITAL (CAD)



FONTE: IBGE

A FIGURA 5 apresenta um recorte, sobre a área do município de Teresópolis/RJ, da base cartográfica vetorial do Estado do Rio de Janeiro na escala 1:25.000 (RJ25), produzida pelo IBGE e disponibilizada em 2023, o que corresponde à fase onde o mapa topográfico é armazenado e distribuído em Banco de Dados Geográficos.

FIGURA 5 – BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO



FONTE: IBGE

O QUADRO 4, apresentado a seguir, demonstra de forma resumida e didática a evolução na forma de se construir as cartas topográficas no Brasil, destacando algumas características de cada fase deste processo de desenvolvimento.

QUADRO 4 – EVOLUÇÃO NA ELABORAÇÃO DAS CARTAS TOPOGRÁFICAS

<b>Cartas Analógicas</b>	<b>Cartas Digitais (CAD)</b>	<b>Banco de Dados Geográficos</b>
Padronização de legenda influenciado pelo processo de impressão	Padronização de níveis, cores e espessuras de linhas	Modelagem de banco de dados (modelagem conceitual)
Impressão em lotes	Impressão sob demanda e disponibilização via internet	Disponibilização via geoserviços
Dificuldade de atualizações e correções	Problemas topológicos e na conexão entre folhas	Camadas contínuas (sem recortes de folhas)
Problemas nas conexões entre folhas	Maior flexibilidade de atualização	Possibilidade de atualização com dados de outras instituições
Boa qualidade gráfica	Declínio da qualidade gráfica	Aumento na possibilidade de sistema de busca, generalização, entre outros.

FONTE: O autor (2023).

## 2.5 SERVIÇOS E PADRÕES DO OGC

O Open Geospatial Consortium – OGC, fundado em meados dos anos de 1990, foi criado visando o desenvolvimento de tecnologias e padrões que viessem a facilitar a interoperabilidade entre sistemas de informação espacial e geolocalização, melhorando, desta forma, o intercâmbio e a transmissão de dados entre diferentes softwares e sistemas computacionais (GARDELS, 1996).

Um dos principais problemas, e que resultavam em inconveniências para o compartilhamento dos dados espaciais, é que cada sistema de informação geográfica possuía suas próprias regras e estrutura aplicadas aos diferentes tipos de dados. As especificações criadas pela OGC proporcionaram que diferentes organizações pudessem compartilhar seus dados mesmo utilizando SIG's distintos, desde que estes sistemas estivessem utilizando padrões em conformidade com os da OGC (FERNANDES, 2012).

Estas especificações são baseadas em uma arquitetura chamada *OpenGIS Services Framework* e, representando uma referência para desenvolvimento de aplicações geográficas, são especificados o escopo, os objetivos e o comportamento dos componentes. Esta definição segue ainda princípios fundamentais da arquitetura orientada a serviços, estando submetida, conseqüentemente, a restrições conceituais de implementação e de interoperabilidade. Modernamente, existe uma tendência de que essa estrutura tecnológica seja transformada em um futuro próximo, a fim de comportar outras formas de abordagens para transmissão de dados *on-line* (OGC, 2019).

O *OGC Web Services* (OWS) utiliza padrões abertos da Internet como o protocolo padrão HTTP da *World Wide Web* (WWW), *Uniform Resource Locators* (URLs), *Multipurpose Internet Mail Extensions* (MIME) e a *Extensible Markup Language* (XML). Neste modelo de arquitetura proposto pelo OGC os geoserviços são funcionalidades, operacionais a partir de uma interface, que permite aos usuários o acesso a dados e metadados geoespaciais.

A seguir são apresentadas as definições contidas na versão mais recente do *OGC Reference Model* (v 2.1) para os serviços do OGC mais comumente utilizados na disseminação e intercâmbio de informações geoespaciais na *Web*, principalmente no que se refere à visualização de dados.

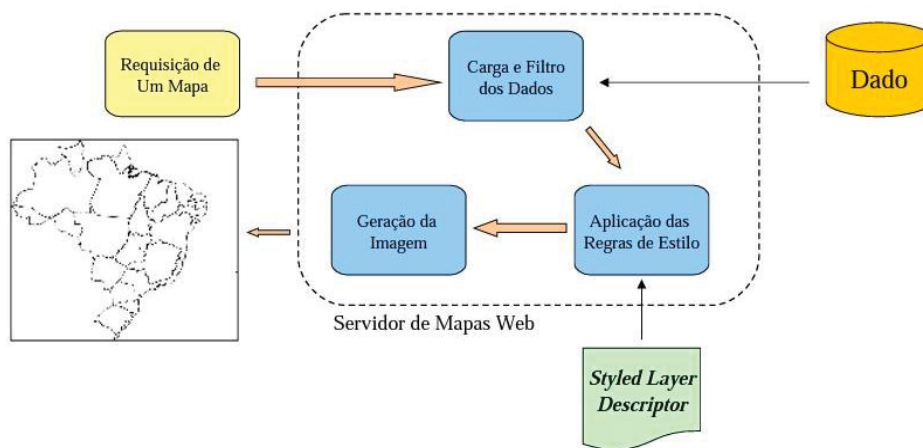
- *Web Map Service (WMS)* – esta especificação fornece suporte à criação e à apresentação das informações espaciais, além de permitir a sobreposição de informações de origem e formatos distintos. O principal objetivo da implementação desta especificação é a visualização das informações geográficas, geradas no formato de imagem como JPEG, PNG, GIF, etc.
- *Web Map Tile Service (WMTS)* – fornece dados referenciados espacialmente usando imagens de mosaico com conteúdo, extensão e resolução predefinidos. O WMTS troca a flexibilidade da renderização de mapas personalizados – conforme fornecido pelo WMS – pela escalabilidade possível ao servir um conjunto fixo de blocos. O conjunto fixo de blocos também permite o uso de mecanismos de rede padrão para escalabilidade, como sistemas de cache distribuído.
- *Styled Layer Descriptor (SLD)* – esta especificação explica como o WMS pode ser estendido para permitir que a simbolização dos dados seja definida pelo usuário através do padrão *Symbology Encoding (SE)*, usado em conjunto com o SLD.
- *Web Feature Service (WFS)* – permite que um cliente recupere e atualize dados geoespaciais codificados em *Geography Markup Language (GML)* de vários *Web Feature Services*. Esta especificação define interfaces para operações de acesso e manipulação de dados em recursos geográficos. Por meio dessas interfaces um usuário ou serviço da *web* pode combinar, utilizar e gerenciar dados espaciais de diferentes fontes.

Estes padrões, definidos pela OGC, foram adotados na estrutura básica de Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico (ePING), implantada pelo governo federal brasileiro, quanto aos conjuntos de dados espaciais.

A INDE, que tem como um de seus objetivos “promover a utilização, na produção dos dados geoespaciais pelos órgãos públicos das esferas federal, estadual, distrital e municipal” (BRASIL, 2008), em conformidade com o ePING, também adotou os padrões do OGC para a especificação dos seus serviços.

Como a discussão sobre a simbologia aplicada a um grupo de dados espaciais é assunto principal e de interesse desta pesquisa, o padrão SLD se destaca por ser preponderante quando se trata da implementação de estilos e apresentação dos dados. Até o presente momento, não se considera oficialmente outro padrão, além do SLD, para se representar graficamente entidades geográficas.

FIGURA 6 – SOLICITAÇÃO DE UM SERVIÇO WMS



FONTE: FERNANDES (2012).

Efetivamente, o SLD é uma implementação da OGC para caracterizar, através da linguagem XML, como serão gerados os estilos dos dados geoespaciais que serão simbolizados. Esses dados, com os seus estilos padronizados, ficam à disposição dos usuários em um servidor de geoserviços, porém podem ser configurados por meio de um arquivo SLD.

### 2.5.1 Novos padrões da OGC

No momento atual, considerando as novas práticas de desenvolvimento para ambiente *web*, uma nova geração de padrões de serviço do OGC está sendo introduzida para promover o intercâmbio de dados geoespaciais. Estes novos padrões, baseados nos já conhecidos *OGC Web Services* (WMS, WFS, WCS, WMTS, etc), definem a *API OGC*, seguindo o modelo de arquitetura REST centrada em recursos.

Neste caminho evolutivo das especificações dos *OGC Web Services*, alguns padrões novos da *API OGC* já estão sendo testados pelos membros do OGC e contam com sua documentação aprovada. A seguir são apresentados os padrões de API da OGC que deverão substituir os serviços descritos no *OGC Reference Model* listados anteriormente:

- *OGC API – Maps*: esta especificação, ainda preliminar, oferece uma abordagem moderna ao padrão *OGC Web Map Service (WMS)* para fornecimento de mapa e conteúdo raster. Descreve as operações de descoberta e consulta de uma API que fornece acesso a mapas eletrônicos de maneira independente do armazenamento de dados subjacente. As operações de consulta permitem que mapas renderizados dinamicamente sejam recuperados do armazenamento de dados subjacente com base em critérios de seleção simples, definidos pelo cliente.
- *OGC API – Tiles*: especificação em fase preliminar, fornece funcionalidade estendida para outros padrões de *API OGC* para fornecer dados lado a lado, em substituição ao *Web Map Tile Service (WMTS)*. Descreve um bloco de construção da API visando a veiculação de mapas ou dados espaciais em blocos individuais. Inicialmente inclui conceitos para representação de tiles raster, embora tais conceitos estão sendo revistos de forma a permitir tiles vetoriais.
- *OGC API – Styles*: especificação em fase preliminar, permite que servidores de mapas, clientes e editores de estilos visuais gerenciem e busquem estilos que consistem em padrões de simbologia aplicadas às feições por um mecanismo de renderização. Implementa o modelo conceitual para codificações de estilo em substituição ao padrão *Styled Layer Descriptor (SLD)*.
- *OGC API – Features*: padrão aprovado pelo OGC, oferece a capacidade de criar, modificar e consultar dados espaciais na *Web* e especifica requisitos e recomendações para APIs que desejam seguir uma maneira

padrão de compartilhar dados de recursos. Descreve os recursos obrigatórios que cada serviço de implementação deve suportar e é restrito ao acesso de leitura a dados espaciais. Os recursos futuros previstos incluem, por exemplo, suporte para criação e modificação de dados, modelos de dados mais complexos, consultas mais ricas e sistemas de referência de coordenadas adicionais.

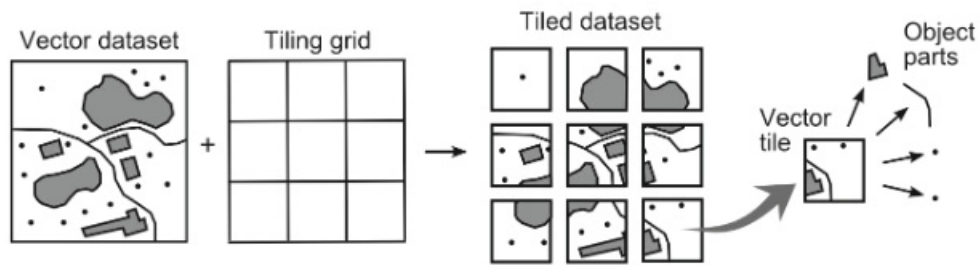
## 2.6 VECTOR TILES

A especificação dos *vector tiles*, assim como seu desenvolvimento, foi criado pela empresa de tecnologia geoespacial chamada Mapbox, nos Estados Unidos. Essa tecnologia surgiu a partir da necessidade de superar as limitações impostas pelos mapas *raster* tradicionais e os *raster tiles*, e se configurou como uma evolução na forma como os mapas são armazenados e visualizados na *web* (MAPBOX, 2023).

*Vector tiles* armazenam os dados vetoriais em vez da imagem renderizada, além disso, contêm também as geometrias e metadados em um formato compacto e estruturado. Nos mapas construídos com *vector tiles* os vetores são divididos em pequenos pedaços chamados "*tiles*", sendo transmitida para o lado do cliente somente a região solicitada. Isso também ocorre com os *raster tiles*, porém nestes casos as imagens são renderizadas e armazenadas no servidor, enquanto os *vector tiles* são armazenados e renderizados no lado do cliente. Isso significa que o uso de *vector tiles* pode ser mais eficiente do que os *tiles* de imagens, fornecendo uma experiência mais rápida e ágil ao usuário.

O servidor de *vector tiles* retorna dados vetoriais que foram recortados para se ajustarem aos limites de cada *tile*, em vez de uma imagem de mapa pré-renderizada. Os *tiles* recortados representam os níveis de zoom do serviço de *vector tiles*, derivados de uma abordagem em forma de pirâmide (QGIS, 2022).

FIGURA 7 – PRINCÍPIO DO VECTOR TILES



FONTE: GAFFURI (2012).

O *GeoWebCache* é um aplicativo da *web* usado para armazenar blocos de mapas provenientes de uma variedade de fontes. Ele implementa diversas interfaces de serviço para acelerar e otimizar a entrega de imagens de mapas.

Para o caso de emprego dos *vector tiles*, o *GeoWebCache*, integrado ao *GeoServer*, pode armazenar com eficiência os dados do bloco vetorial. Como o estilo é feito pelo cliente e não pelo servidor, o *GeoWebCache* armazena um bloco para todos os estilos diferentes.

O uso de *vector tiles* oferece várias vantagens quando comparados aos *raster tiles*, assim descritos no guia de introdução desta ferramenta na página de documentação da *Mapbox*:

- *Estilo dinâmico*: como se tratam de vetores, os *vector tiles* podem ser estilizados quando solicitados, permitindo muitos estilos de mapas;
- *Tamanho e velocidade*: *vector tiles* são arquivos pequenos, permitindo criar mapas em alta resolução, carregamentos rápidos e armazenamento eficiente;
- *Interações rápidas*: como todos os dados do mapa são carregados no cliente do mapa, é possível renderizar o mapa rapidamente, permitindo zoom, inclinação e rotação;
- *Consultas dinâmicas*: possui recurso para acessar as propriedades do mapa diretamente do seu conjunto de vetores.

## 2.7 BIBLIOTECAS JAVASCRIPT PARA DESENVOLVIMENTO DE MAPAS INTERATIVOS

Nos dias de hoje existem muitas bibliotecas de código aberto voltadas para o desenvolvimento e produção de mapas para *web*. As duas bibliotecas *open source* mais utilizadas para essa finalidade são *OpenLayers* e *Leaflet*. A comparação entre as APIs destas duas bibliotecas é viável pois ambas fazem uso de linguagem JavaScript de código aberto e linguagem de cliente ou *client-side scripting*, o que quer dizer que são executadas no computador do próprio usuário.

Para a criação de um mapa interativo através do uso destas bibliotecas é necessária a construção de três arquivos. Estes documentos são: o arquivo HTML; o código CSS; e o código JavaScript (JS).

O HTML é o arquivo que define o bloco de construção mais básico para as páginas da *web*. Este arquivo fornecerá a estrutura do conteúdo de um *webmap*, por exemplo, e nele vão constar as características fundamentais a camada de fundo e as referências para chamada dos códigos CSS e JS. O arquivo CSS é responsável pelo estilo do mapa e da apresentação do conjunto de dados. Por sua vez, o código JavaScript é encarregado da funcionalidade do mapa, definindo as suas características como as dimensões do mapa em tela, os níveis mínimo e máximo de aproximação da visualização (zoom), as coordenadas da região que o mapa será iniciado, os dados espaciais a serem apresentadas e outras funções contidas nas bibliotecas.

Os dados adicionados por meios destas bibliotecas podem ser do tipo *raster*, ou seja, uma informação renderizada pelo servidor no formato de uma imagem, ou vetorial, uma informação estruturada entregue pelo servidor e que pode ser renderizada no navegador pelo lado do cliente.

Estas bibliotecas podem ler diversos formatos de dados vetoriais, como KML, GeoRSS, GML, WKT e GeoJSON. Esta última, na contemporaneidade, tem se tornado um formato muito utilizado na implementação de serviços de geoprocessamento. O GeoJSON é um formato de intercâmbio de dados geoespaciais baseado em JavaScript Object Notation (JSON). Ele define vários tipos de objetos JSON e a maneira pela qual eles são combinados para representar dados sobre recursos geográficos, suas propriedades e suas extensões espaciais (BUTLER *et al*, 2016).

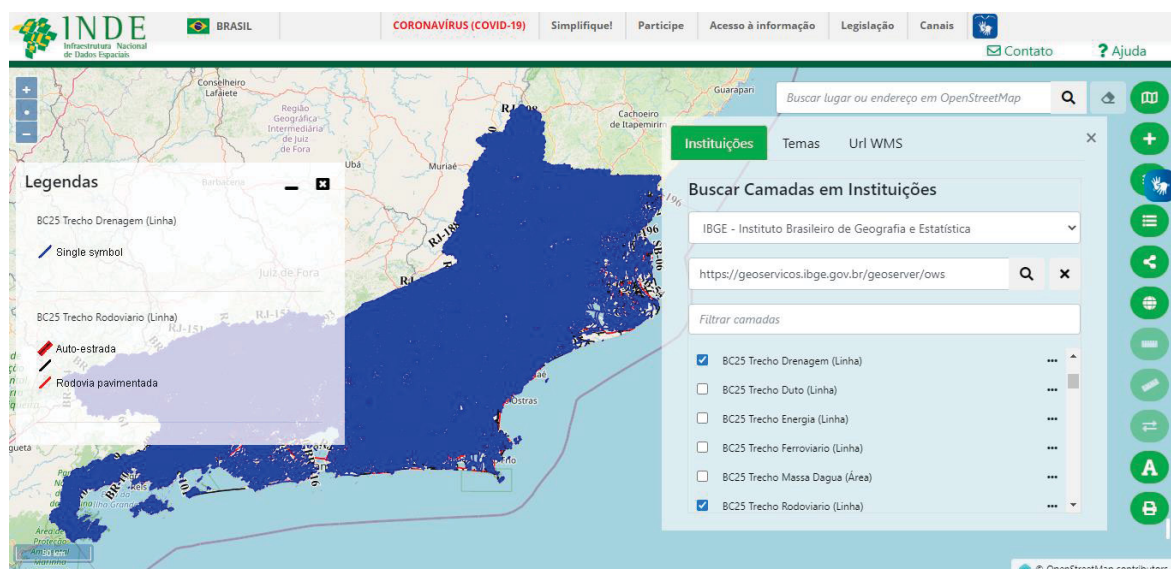
## 2.8 VISUALIZADOR DA INDE

O visualizador da INDE é a ferramenta criada para fornecer aos produtores e usuários de informações geoespaciais a visualização dos dados geoespaciais, em diferentes formatos, e localizados em servidores pertencentes a diferentes organizações e participantes do DBDG - Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais (INDE, 2020).

Esta aplicação, lançada em julho de 2012, foi desenvolvida pela equipe da Diretoria de Informática do IBGE com o objetivo de atender às necessidades de usuários com pouco conhecimento em geoprocessamento. Em vista disto, foi implementada empregando ferramentas e funções básicas, como zoom e inserção e exclusão de camadas (ARAÚJO, 2016).

Todas as bases cartográficas contínuas produzidas pelo IBGE estão disponíveis na área de download de dados geoespaciais do portal da INDE, assim como seus metadados. Da mesma forma, essas bases cartográficas podem ser acessadas por meio do visualizador da INDE, que possibilita ao usuário uma apresentação dos dados simbolizados, além de outras funcionalidades, como: navegar pelo mapa, aproximação através de zoom, ativar e desativar camadas, mostrar coordenadas do cursor do mouse, habilitar legenda das camadas e suas simbologias, compartilhar e imprimir mapas.

FIGURA 8 – VISUALIZADOR DA INDE

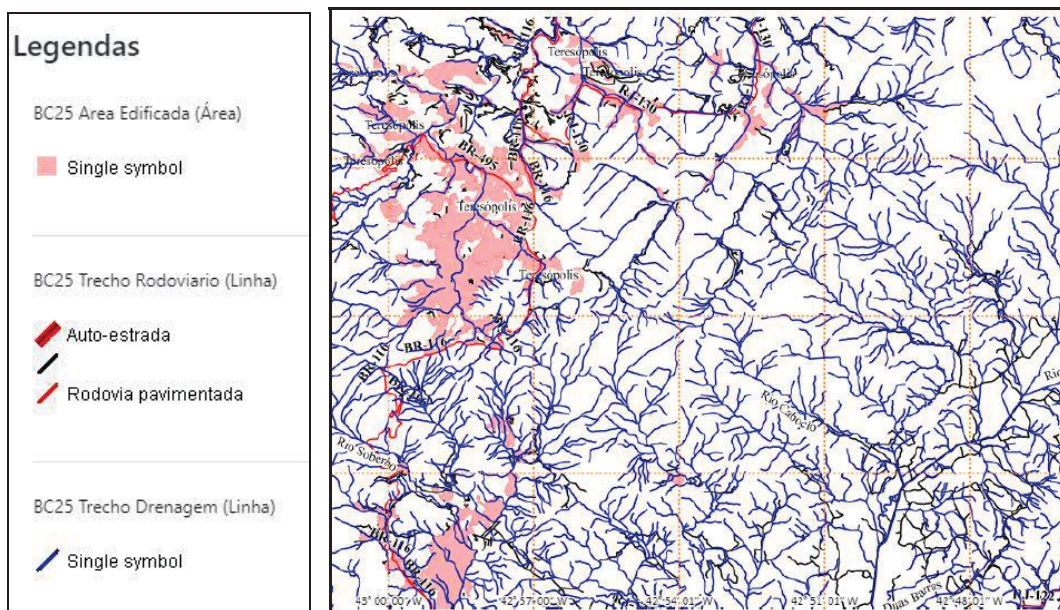


FONTE: O autor (2023).

As camadas das bases cartográficas apresentadas no visualizador da INDE correspondem às classes de objeto, ou seja, ao dado geoespacial modelado, definidas na ET-EDGV. Esses dados são exibidos através do serviço WMS, não sendo possível, portanto, executar qualquer edição ou alteração na simbologia aplicada para as feições.

Como funcionalidade, o usuário pode solicitar a impressão de um mapa, que conterá o que a está sendo apresentado em tela do visualizador da INDE. A FIGURA 9 mostra uma fração do mapa gerado para uma área do Estado do Rio de Janeiro, contendo as camadas Trecho de Drenagem, Trecho Rodoviário e Área Edificada. A legenda que é exibida não faz parte do mapa impresso pelo usuário, foi retirada através de *print screen* da tela da aplicação para melhor compreensão.

FIGURA 9 – MAPA GERADO PELO VISUALIZADOR DA INDE



FONTE: O autor (2023)

## 2.9 INICIATIVAS DE OUTRAS AGÊNCIAS NACIONAIS DE MAPEAMENTO

### 2.9.1 USGS – Estados Unidos

O Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) é a principal agência de mapeamento civil americana e começou o mapeamento topográfico dos Estados Unidos ainda no ano de 1879. Os mapas mais populares produzidos por esta

instituição foram os mapas topográficos na escala 1:24.000, também conhecidos como quadrantes de 7,5 minutos, que representavam a única série de mapas nacionais que cobria inteiramente o país em detalhes. Esta série de mapas foi declarada completa em 1992, com atualizações cada vez mais esporádicas ao longo dos anos, e os últimos mapas topográficos impressos do USGS foram publicados em 2006 (USGS, 2018). A partir dos anos 2000, em um processo presumível em virtude da evolução tecnológica e o avanço dos SIG, o programa de mapeamento do USGS passou a trabalhar com dados geoespaciais no formato digital. No final de 2008, o USGS passa a se dedicar a produção de uma nova série de mapas quadrangulares digitais, chamada US Topo.

Esta nova série de mapas topográficos é modelada segundo o enquadramento dos mapas antigos, porém, ao contrário dos mapas topográficos tradicionais, a sua produção é em massa e com atualização a cada três anos, tendo como base cartográfica os bancos de dados nacionais. Os mapas do US Topo são publicados e disponibilizados gratuitamente na web como arquivos com extensão GeoPDF, que permitem leitura de coordenadas, medição de áreas, de ângulos e distâncias, a ativação de camadas, zoom, impressão da imagem do mapa e outras funcionalidades geoespaciais. A escolha deste formato se deveu ao fato de sua impressão ser relativamente simples e, além disso, por esse tipo de arquivo ser mais acessível aos usuários de computador que não são especialistas em SIG (COOLEY *et al*, 2019).

Apesar da publicação dos mapas topográficos em formato eletrônico oferecerem uma distribuição mais rápida e ampla, uma reação comum a esses novos mapas é a indicação de que eles não são tão bons quanto os antigos mapas topográficos impressos, ou seja, para muitos usuários os mapas topográficos antigos têm maior qualidade visual do que os mapas US Topo. Uma possível explicação para isto é fornecida por Moore (2011), sugerindo que essas insatisfações se devam à forma de construção destes novos produtos. Os antigos mapas topográficos em papel da USGS eram criados a partir de fontes de dados primárias, considerados como produtos artesanais, já os mapas do programa US Topo são produzidos em massa, a partir de fontes de dados secundárias.

Em contrapartida, Moore (2011) apresenta algumas vantagens que os mapas US Topo possuem em relação à série de mapas antiga como: a possibilidade de incluir uma imagem de alta resolução como base para o mapa; a adequação ao

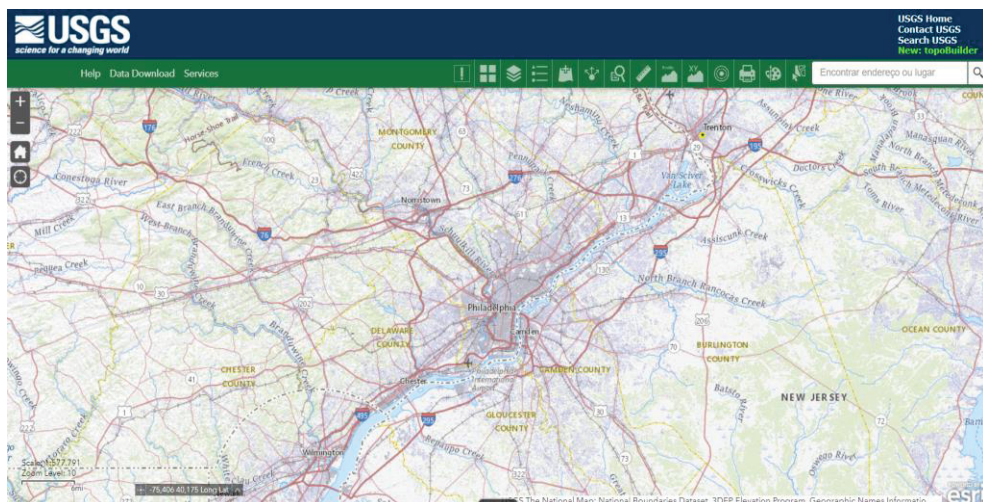
sistema de coordenadas moderno (USNG) com apresentação padrão, visto que a maioria dos mapas antigos foram produzidos em um *Datum* que já não é mais adequado (NAD27); a atualização da série de mapas para os 48 estados contíguos em um ciclo de três anos; e fornecer um produto gratuito, que permita a inclusão de mais dados pelo usuário, visualização e impressão de forma simples.

### 2.9.1.1 *The National Map*

O programa *The National Map* fornece acesso às informações geoespaciais básicas para descrever o território dos Estados Unidos. Ele foi criado através da colaboração entre o USGS e outras agências federais e estaduais visando o fornecimento de informações topográficas para o país. O objetivo principal é fornecer um conjunto contínuo de informações geográficas para servir de base para integração, compartilhamento e uso de outros dados de maneira fácil e consistente (MOORE, 2003).

O “*The National Map*” é acessível para exibição na *web* e as informações disponíveis incluem limites, elevação, nomes geográficos, hidrografia, cobertura do solo, ortomagens, estrutura e transporte. Ele também serve como fonte de informações básicas para outros produtos cartográficos derivados, incluindo os mapas topográficos dos EUA na escala 1:24.000, além de arquivos digitais georreferenciados de mapas topográficos históricos digitalizados (USGS, 2022).

FIGURA 10 – THE NATIONAL MAP



FONTES: USGS (2023).

### 2.9.1.2 Aplicação *topoBuilder* & *OnDemand Topo*

A partir de 2019, o USGS começou a desenvolver uma ferramenta para que os usuários pudessem construir seus próprios mapas topográficos de acordo com suas demandas. A ideia era que qualquer pessoa conseguisse obter um mapa topográfico, seja qual for o local desejado, sempre que quisesse. Desta forma, no ano de 2022 foi lançado a aplicação *web*, ainda como um piloto, chamada *topoBuilder* (USGS, 2022).

Esta aplicação *on-line* permite que os usuários centralizem sua área de interesse e, com base no local escolhido, gerem um mapa topográfico sob demanda (*OnDemand Topo*) para qualquer região pertencente ao território dos Estados Unidos, incluindo Havaí, Alasca e demais territórios. Outra funcionalidade interessante é que os mapas gerados através desta ferramenta não precisam se adequar à grade de 7,5 minutos tradicionalmente utilizada pelos mapas do US Topo.

QUADRO 5 – ESCALAS DISPONÍVEIS POR REGIÃO NO TOPOBUILDER

Região	Escala
48 estados contíguos, o Distrito de Columbia e o Havaí	1:24.000
Alasca	1:25.000
Territórios dos EUA (Porto Rico, Ilhas Virgens Americanas, Samoa Americana, Guam e Ilhas Marianas do Norte)	1:20.000

FONTE: O autor (2023).

Conforme menciona Doumbouya (2022), líder de produtos cartográficos do *National Geospatial Program* (NGP) do USGS, para utilizar o *topoBuilder* o usuário não precisa possuir habilidades especializadas em um software, tudo é feito pela aplicação. Os formatos de saída para os mapas topográficos gerados podem ser PDF ou TIFF, e os usuários ainda possuem a opção de escolher qual o nível de detalhamento das curvas de nível, conforme necessitem. As curvas são geradas a partir dos dados de elevação mais recentes do USGS, incluindo dados LiDAR e IfSAR adquiridos por meio do *3D Elevation Program*. (USGS, 2022).

Atualmente, o mapa topográfico personalizado gerado sob demanda através do *topoBuilder* é entregue gratuitamente no prazo de cinco dias, por meio de um link

direto, enviado para o endereço de e-mail fornecido pelo próprio usuário, e que permite fazer o download do arquivo. É importante salientar que, durante a construção desta pesquisa, a ferramenta ainda se encontra em estágio piloto, na sua versão 1.1, aberta ao público e lançada em março de 2022. Conforme descrito no release desta versão, as informações destas etapas de desenvolvimento do *topoBuilder* deverão ser utilizadas para avaliar as demandas dos usuários e, desta forma, planejar as fases futuras do projeto.

### 2.9.2 IGN-CNIG – Espanha

O órgão responsável pela cartografia nacional da Espanha é o Instituto Geográfico Nacional (IGN), que tem como competência principal nessa área a produção e manutenção das séries de mapas topográficos nas escalas 1:25.000 e 1:50.000, que constituem o Mapa Topográfico Nacional (MTN). As primeiras publicações do Mapa Topográfico Nacional na escala 1:50.000 (MTN50) foram as folhas de *Madrid* e *Colmenar Viejo*, datando do ano de 1875, tendo esta série de mapas finalizada somente em 1968 (IGN, 2022).

Com os avanços tecnológicos na produção da cartografia o IGN passou a elaborar, em meados dos anos de 1990, o Mapa Topográfico Nacional na escala 1:25.000 (MTN25). Avançando um pouco mais nesta linha do tempo para o ano de 2005, a automatização e informatização tomaram conta dos processos na área da cartografia, e o instituto espanhol apresentava a sua primeira Base Topográfica Nacional na escala 1:25.000 (BTN25) com recobrimento para todo o território nacional.

A BTN25 é o conjunto de dados geográficos que possui maior resolução disponibilizado pelo IGN. É, portanto, a base cartográfica de referência da Espanha, e dela são derivados todos os demais produtos cartográficos oficiais do país. Estes dados, porém, ainda se encontravam divididos por folhas, sendo necessárias 4.123 para cobrir todo o território espanhol nesta escala.

No ano de 2014 iniciaram-se os trabalhos com vistas a promover uma sistematização na produção desta base, com o intuito de diminuir o tempo de atualização do conjunto de dados fomentando a integração com outros órgãos e

instituições privadas produtoras de informações geográficas, além da obtenção de uma base de dados topográfica contínua (IGN, 2020).

O momento presente em que se encontra o processo de produção cartográfica do IGN, compreende a execução de processos automáticos de simbolização e generalização da Base Topográfica Nacional na escala 1:25.000 (BTN25), gerando, desta forma, os Mapas Topográficos Nacionais nas escalas 1:25.000 e 1:50.000, respectivamente MTN25 e MTN50, de forma automática.

### 2.9.2.1 IBERPIX e SignA

O IGN mantém dois visualizadores que permitem a consulta e visualização de mapas e camadas de informações geoespaciais, o IBERPIX e o SignA.

O IBERPIX oferece acesso a vários dados cartográficos do país, incluindo mapas topográficos, imagens aéreas e outras informações geoespaciais. As principais informações disponibilizadas são as produzidas pelo IGN, com destaque para os Mapas Topográficos Nacionais (MTN 1:2.000.000, MTN 1:1.250.000, MTN 1:500.000, MTN 1:200.000, MTN 1:50.000, MTN 1:25.000) (IGN,2023).

FIGURA 11 – IBERPIX

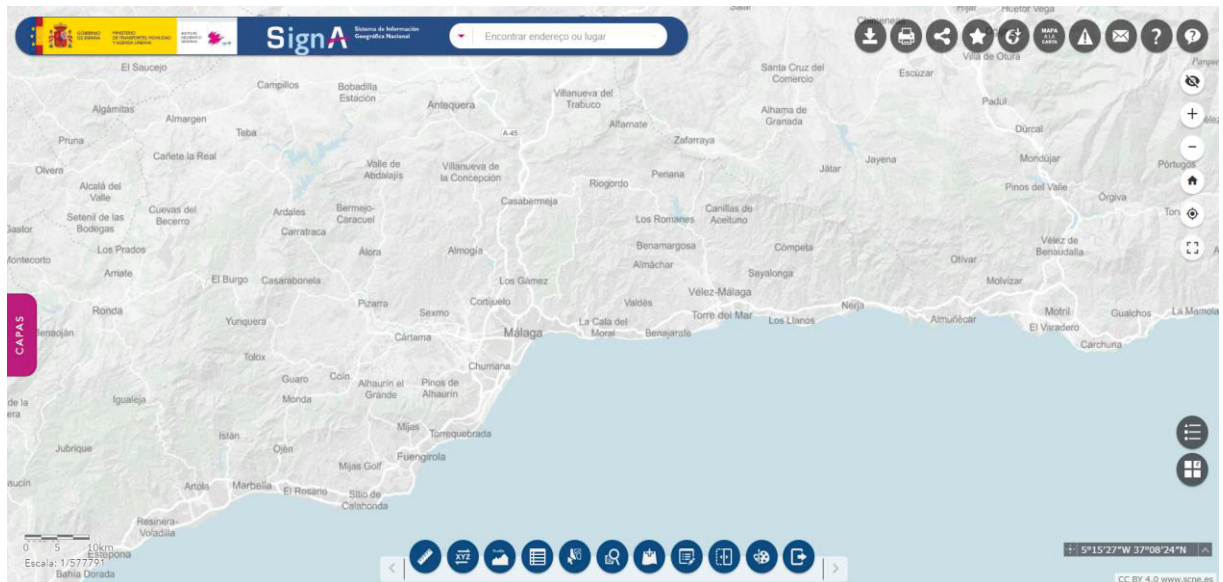


FONTE: IGN (2023).

O SignA tem como finalidade a integração dos dados e serviços do IGN, para análise e consulta, através da *web*. Através dele podem ser feitas consultas por

atributos, consultas espaciais entre dois tipos de entidades e áreas de influência, por exemplo.

FIGURA 12 – SIGNA



FONTE: IGN (2023).

A aplicação funciona como um SIG na *web*, e além das consultas típicas de um SIG, o usuário pode realizar funções de visualização, busca, medição, impressão, além de carregamento de serviços WMS e WMTS, entre outras funcionalidades (SÁNCHEZ *et al.*, 2016)

### 2.9.2.2 Mapa a La Carta

Em março de 2021 o IGN apresentou, juntamente com o *Centro Nacional de Información Geográfica* - CNIG, o projeto *Mapa a La Carta*, uma iniciativa com a finalidade de propiciar uma cartografia sob demanda, onde o produto final ofertado é um mapa topográfico em que o próprio usuário tem a possibilidade de personalizá-lo conforme o seu interesse e necessidade.

*Mapa a La Carta* é uma aplicação *online* onde o usuário pode configurar o mapa de acordo com sua conveniência, escolhendo a região, a escala (dentro de intervalos predefinidos), customizar a aparência do mapa, inserir outros dados geográficos, fazer *download*, imprimir, ou ainda, solicitar para que seja entregue impresso em sua casa (SÁNCHEZ, 2021).

Para a construção de seu mapa personalizado o usuário consegue escolher qualquer região do território nacional. A aplicação utiliza, para tal finalidade, um

visualizador que seleciona de forma automatizada quais as folhas e quais os elementos da base topográfica que constituirão o mapa sob demanda na região escolhida. O mapa final que será gerado possuirá as mesmas dimensões de uma folha padrão do Mapa Topográfico Nacional nas escalas 1:25.000 ou 1:50.000, de acordo com o produto que se pretenda conceber. O usuário, porém, poderá escolher entre as escalas 1:20.000 e 1:60.000, conforme apresentado no QUADRO 6, a seguir.

QUADRO 6 – ESCALAS DISPONÍVEIS NO MAPA A LA CARTA

Produto	Escala
MTN25 - Mapa Topográfico Nacional na escala 1:25.000	1:20.000
	1:25.000
	1:30.000
MTN50 - Mapa Topográfico Nacional na escala 1:50.000	1:40.000
	1:50.000
	1:60.000

FONTE: O autor (2023).

A aplicação *Mapa a La Carta* foi desenvolvida utilizando principalmente os recursos de softwares livres. O *front-end*, ou seja, a interface de navegação e ferramentas de interação com o usuário, foi programada em ReactJS, uma biblioteca JavaScript de código aberto com foco em criar interfaces em páginas *web* que permite a atualização e renderização dos dados de maneira eficiente.

Integrado a essa interface, o visualizador consome os serviços de mapas padrões da *web* fornecidos por um API da CNIG, ferramenta que permite a aplicação de serviços WMS e WMTS, serviços WFS, arquivos de extensão KML (Keyhole Markup Language), entre outros, além de possibilitar buscas por nomes geográficos através de um localizador chamado IGN Search.

Este conjunto de serviços permite ao usuário definir as condições do mapa sob demanda, que será gerado como um arquivo PDF de alta resolução, através do *MapFish* da OSGeo, estruturado em código aberto. A integração das informações com formatos COG (Cloud-Optimized Geotiff) para impressão de alta resolução é executado utilizando GDAL (SÁNCHEZ, 2021).

No início do ano de 2022 uma nova versão da aplicação *Mapa a La Carta* foi publicada, onde foram adicionadas novas funcionalidades e a possibilidade da

geração de novos produtos. Até o momento da conclusão desta pesquisa a aplicação permite a geração dos seguintes produtos:

- *Mapa Rápido*: versão simplificada em que é permitido ao usuário escolher a região e o enquadramento do mapa, a base do mapa topográfico (MTN25 ou MTN50), a escala (entre 1:20.000 e 1:60.000) e preencher dados como título, subtítulo e autor;
- *Mapa Elaborado*: além das opções já descritas para o Mapa Básico, permite uma maior possibilidade de configurações. Nela pode-se mudar a orientação da folha (horizontal ou vertical), adicionar quadrícula e coordenadas, importar geometrias em diferentes formatos (KML, SHP, GPX e GeoJSON), inserir elementos (pontos, linhas, áreas e textos) e configurar uma imagem que será a capa do mapa quando este estiver dobrado;
- *Mapa Pôster*: nesta versão o mapa gerado não possui legenda. Esta versão foi criada para atender uma demanda dos usuários que solicitaram mapas tipo pôster, com a possibilidade de enquadrar e próprios para decoração;
- *Foto a La Carta*: versão em que a carta é gerada a partir das ortofotos do *Plan Nacional de Ortofotografia Aérea*, podendo-se escolher entre as escalas 1:2.500, 1:5.000, 1:10.000 e 1:25.000. Além da orientação da folha (horizontal ou vertical) e de adicionar quadrícula e coordenadas, o usuário tem a opção de ligar duas camadas. Uma contém os limites e topônimos das unidades administrativas e a outra as ruas, rodovias e cidades.

O produto final de qualquer uma destas versões é um mapa de alta qualidade no formato PDF e que pode ser baixado gratuitamente. É possível ainda solicitar que o mapa seja impresso pela Imprensa Nacional do IGN e entregue no domicílio do usuário, porém, nesta modalidade, mediante a pagamento. Caso o usuário opte por este serviço, estão disponíveis para escolha diferentes materiais,

como papel normal ou um impermeável e resistente a rasgo, ou ainda, caso o mapa seja destinado à decoração, papel fotográfico, cetim ou um material rígido.

### 2.9.2.3 IGN - Publicação utilizando Vector Tiles

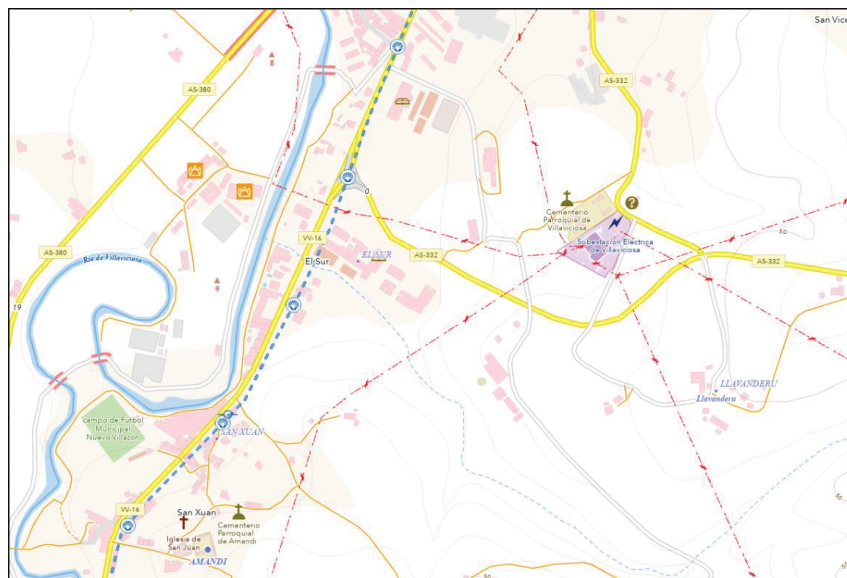
A partir de janeiro de 2023, o IGN passou a disponibilizar um serviço através de vector tiles para a Base Topográfica Nacional, permitindo aos usuários a obtenção de todas as informações da BTN como um serviço de visualização pela *web* para utilização em visualizadores e aplicações.

Apesar do grande volume e complexidade dos dados e informações da BTN, o uso de vector tiles resultou em um bom desempenho. Isso ocorre, pois, um bloco vetorial é menor em tamanho que um bloco *raster* e, desta forma, a transferência de dados é mais rápida e consome menos largura de banda (TORRES *et al.*, 2023).

Uma característica fundamental deste tipo de serviço, segundo Torres (2023) é que os estilos são independentes dos blocos vetoriais, o que permite aos usuários a criação de diferentes mapas a partir do mesmo conjunto de dados.

Uma vantagem deste serviço do IGN utilizando vector tiles, é que os dados serão atualizados mensalmente, juntamente com as alterações que ocorrerem na Base Topográfica Nacional. Além disso, o serviço pode ser usado em visualizadores da *web* ou em aplicativos de desktop, como o QGIS.

FIGURA 13 – EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DO GEOSERVIÇO A PARTIR DE VECTOR TILES



FONTE: IGN (2023).

Ainda, no portal desta agência de mapeamento, são disponibilizados os arquivos de estilos publicados pelo IGN e pelo CNIG para aplicação ao serviço empregando vector tiles. Embora os vector tiles se destinem a serem servidos sem estilo, foi desenvolvida uma simbologia básica para que o cliente possa utilizar caso seja de seu interesse.

### 2.9.3 BKG – Alemanha

Diferentemente do que ocorre no Brasil, a constituição alemã prevê que cada estado federado tenha o direito de legislar sobre atividades referentes a cartografia. No entanto, o Comitê das Repartições de Cadastro, Cartografia e Agrimensura dos Estados da República Federal da Alemanha (AdV - *Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland*), tem como função coordenar os mapeamentos dos diferentes estados para que estes não venham ser incongruentes entre si, além de corroborar para que estes passem a integrar o mapeamento de referência nacional (ASBECK et al., 2007 apud PAIVA et al., 2018).

A Agência Federal de Cartografia e Geodésia, (BKG - *Bundesamt für Kartographie und Geodäsie*), é um órgão federal, pertencente ao Ministério Federal do Interior, que tem como atribuições o fornecimento e a representação de informações topográficas e cartográficas, analógicas e digitais, assim como prover e preservar as redes de referência geodésica da República Federal da Alemanha (KUMMER, 2006).

O BKG possui funções legais regidas pelo Lei Federal de Dados Georreferenciados (BGeoRG), que estabelece padrões técnicos e de qualidade para as agências federais que coletam e mantêm dados geográficos. Desta forma, algumas das tarefas executados pelo BKG são:

- Garantir um sistema de coordenadas padrão para todo o território federal;
- Fornecer dados geográficos atuais e oficiais da Alemanha através de serviços de internet;

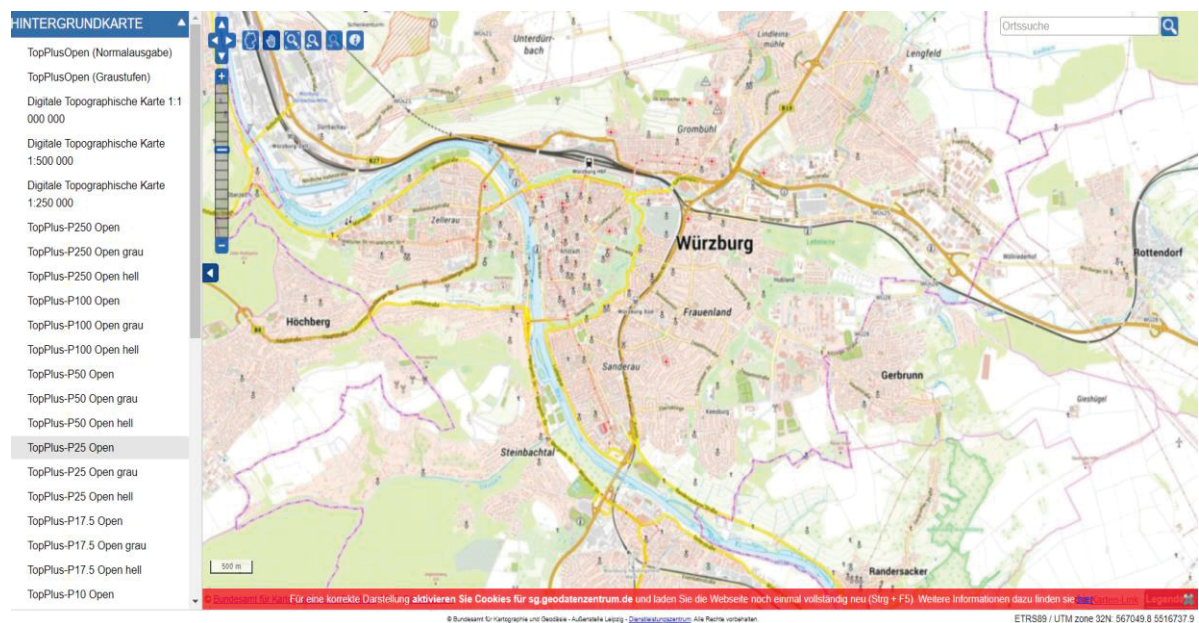
- Apoiar o desenvolvimento e a expansão da infraestrutura de dados geospaciais para permitir que todos os cidadãos pesquisem, encontrem e usem os dados dos governos federal, estadual e local;
- Reunir os dados geospaciais oficiais do BKG e de todos os 16 estados federais, bem como de fornecedores terceiros, padronizá-los, prepará-los e disponibilizá-los digitalmente.

### 2.9.3.1 Mapas BKG

No site da BKG são oferecidos vários produtos e serviços relativos à cartografia, como uma grande quantidade de mapas, dados geospaciais, serviços para *web*, aplicações, entre outros.

Dentre eles se destaca o visualizador de mapas da BKG. Este aplicativo fornece uma visão geral dos serviços padronizados oferecidos pela agência em um visualizador de mapas na *web*. Ele permite, também, a visualização e *download* de mapas e fotos aéreas de uma região do país escolhida pelo usuário (BKG, 2023).

FIGURA 14 – MAPAS BKG



FONTE: BKG (2023).

### 2.9.3.2 Map on Demand (MoD)

O Map on Demand (MoD) é um aplicativo *online* que foi disponibilizado ao público em maio de 2021 pela Agência Federal de Cartografia e Geodésia alemã. Ele permite que os próprios usuários gerem os seus mapas prontos para impressão.

Nesta aplicação, todos os mapas dos estados da federação, assim como todos os mapas topográficos produzidos pela BKG e que possuem recobrimento do território alemão e países vizinhos, estão disponíveis nas escalas 1:250.000, 1:500.000 e 1.000.000. Estes mapas são elaborados a partir da utilização da guia *Karten im Regelblattschnitt* da aplicação, onde o produto resultante é um mapa em PDF no formato da folha padrão para a escala selecionada.

Além de viabilizar a geração destes mapas topográficos prontos, o MoD também oferece ao usuário a possibilidade de criar seções de mapas livremente, proporcionando a manipulação da extensão do mapa conforme sua necessidade, através da guia *Freie Kartenausschnitte*. Através desta guia as funções disponíveis para a escolha do produto são: Mapas Topográficos, TopPlusOpen Deutschland e TopPlusOpen Welt.

- *Mapas Topográficos*: compreendem todo território da Alemanha e países vizinhos, nas escalas de 250.000, 500.000 e 1.000.000;
- *TopPlusOpen Deutschland*: os mapas podem ser gerados nas escalas 1:5.000, 10.000, 17.500, 25.000, 50.000 e 100.000 para todo território da Alemanha; e
- *TopPlusOpen Welt*: os mapas podem ser gerados nas escalas 250.000, 500.000, 1.000.000 e 2.500.000, para qualquer região do mundo.

Para criar um mapa com recorte livre, ou seja, em que o produto final seja um mapa da área definida livremente, o usuário deve escolher a escala e o tamanho da folha nos formatos padrões A1 até A5, conforme definidos na ISO 2016. A aplicação permite, também, que seja selecionada o tipo de contorno do mapa, podendo o conteúdo cobrir toda a folha, sem apresentar margem, ou contendo as informações tradicionais de um mapa, como título, grade UTM, coordenadas, barra

de escala, etc. O produto final da aplicação MoD é um mapa no formato PDF ou TIF que pode ser baixado gratuitamente.

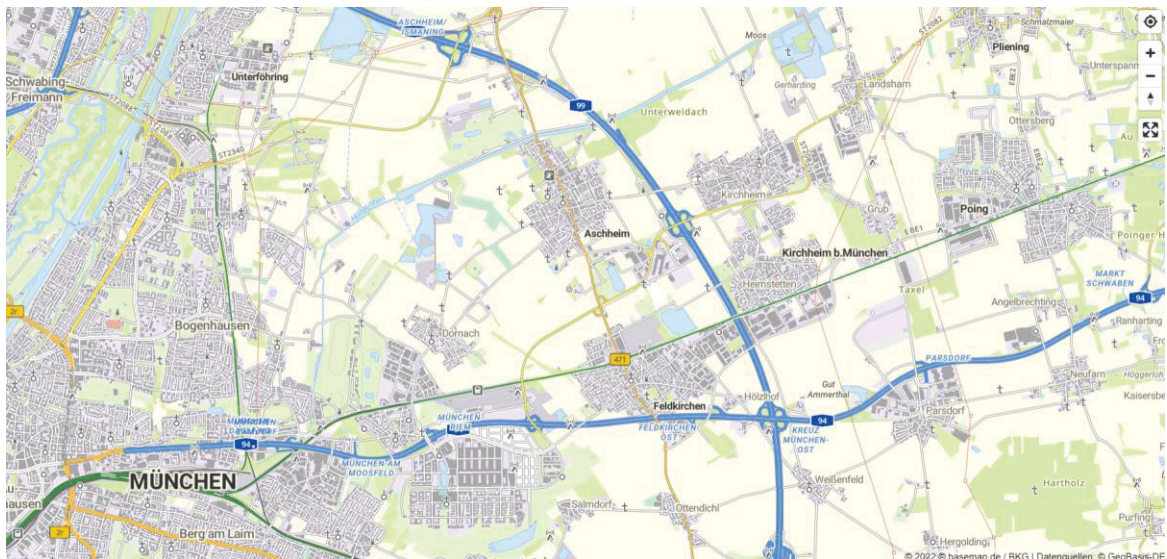
### 2.9.3.3 Web Vector – basemap.de

A partir de agosto de 2022 a Alemanha disponibiliza um mapa na *web* baseado em vector tiles, o Web Vector – basemap.de. Trata-se de um mapa *online* do país contendo informações oficiais, atuais e de uso gratuito.

Os pontos fortes deste mapa para *web*, baseado em vector tiles, residem na sua flexibilidade e exibição em alta resolução. São oferecidos três estilos de mapa padrão, porém outras exibições de mapas e mapas temáticos podem ser criados pelos próprios usuários usando editores *online* (SEHNER, 2022).

O serviço de mapas basemap.de *Web Vector* é um serviço de mapas para *web* e dispositivos móveis desenvolvido em conjunto pelos governos federal e estadual. O mapa de toda a Alemanha é atualizado mensalmente, constantemente desenvolvido e oferece a qualidade e homogeneidade dos dados geoespaciais oficiais.

FIGURA 15 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO EMPREGANDO VECTOR TILES



FONTE: BASEMAP.DE (2023).

[https://basemap.de/data/produkte/web\\_vektor/anwendungsbeispiele/alkis-color.html](https://basemap.de/data/produkte/web_vektor/anwendungsbeispiele/alkis-color.html)

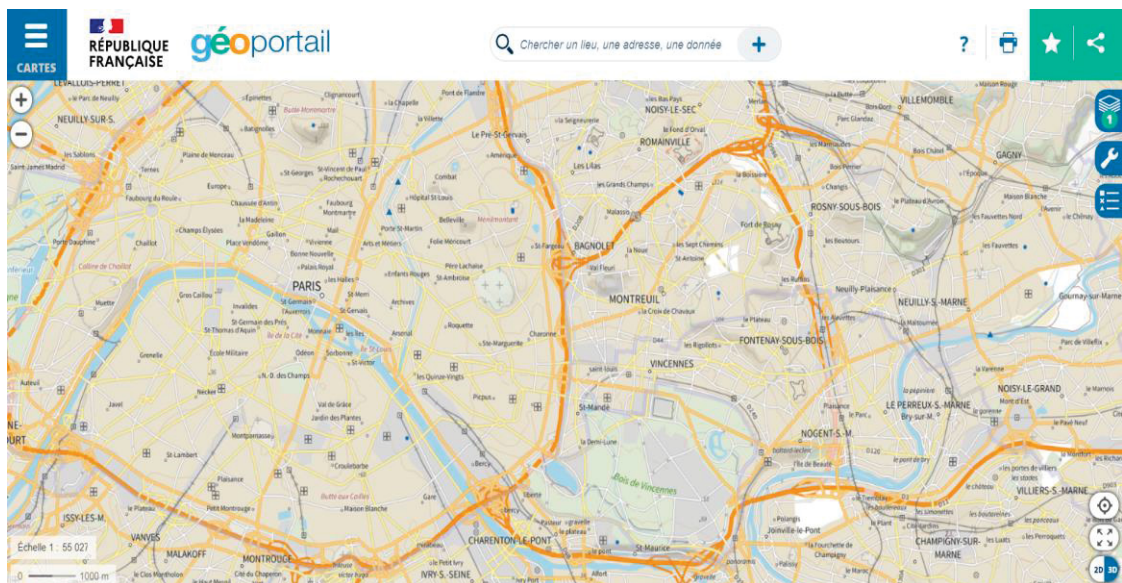
## 2.9.4 IGN – França

O Instituto Nacional de Geografia e Florestas (IGN) é responsável pela produção, manutenção e divulgação da informação geográfica, sendo a referência oficial em dados geoespaciais na França.

O IGN desenvolveu o conceito de Referencial de Grande Escala (RGE) onde foram previstos quatro componentes: ortofotografia, topografia, parcelas cadastrais e endereço. O componente topográfico é constituído pelo BD Topo que contém a descrição dos elementos da paisagem na forma de vetores, classificados de acordo com o tema adequado. Esta base de dados abrange todas as entidades geográficas e administrativas do território nacional e serve como referência para localização de informação temática relativa a questões de desenvolvimento, ambientais e urbanísticas, ainda, permite a visualização, posicionamento e simulação para análise e gestão operacional do território.

O site *Géoportail* é o portal nacional de conhecimento territorial implementado pelo IGN. Tem como objetivo facilitar o acesso à informação geográfica de referência, ou seja, a informação pública e de origem oficial no território nacional. Os dados disponibilizados são constantemente atualizados e atendem a necessidades mais simples, como a de localização de uma área ou residência, como às de informação sobre o território (IGN, 2023).

FIGURA 16 – GÉOPORTAIL



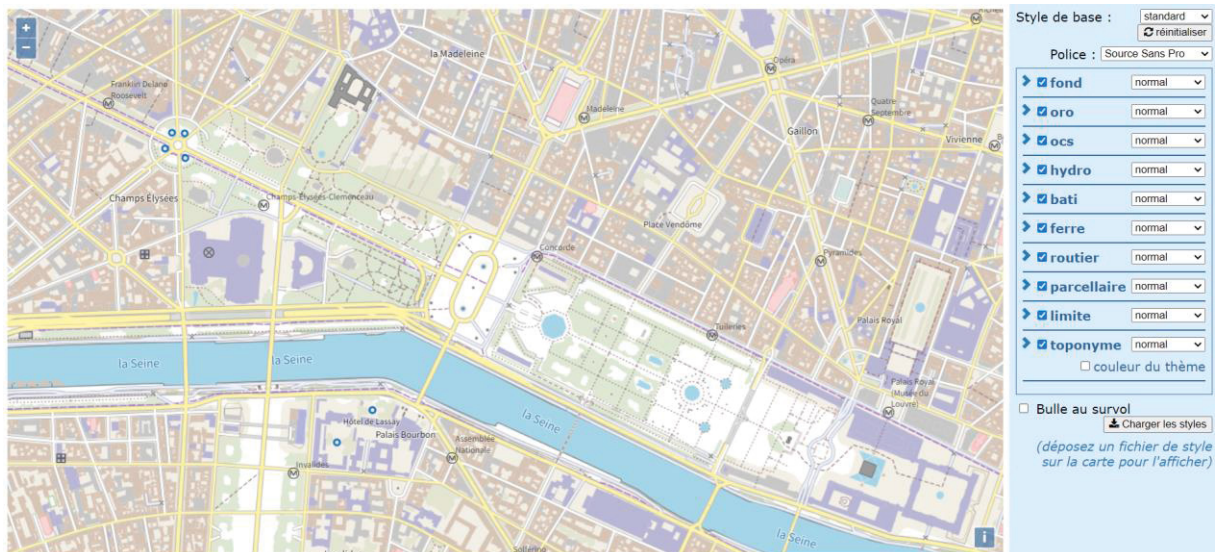
FONTE: IGN (2023).

### 2.9.4.1 Serviço de Vector Tiles – IGN França

O IGN publica em seu site diversos geoserviços, suas especificações, tutoriais e exemplos para que os usuários possam utilizar em contextos *web*, GIS e *mobile*.

Dentre estes, está o serviço utilizando *vector tiles*. Este serviço não substitui os fluxos disponíveis através do *Géoportail*, como WFS ou WMS, ou mesmo blocos de imagem (WMTS), porém o uso de mosaico vetoriais traz novas possibilidades para exibição de dados. Os dados são pré-cortados pelo servidor e distribuídos na forma de blocos vetoriais adaptados à escala de visualização, o que permite ao usuário carregar apenas os dados da área em questão, para ter dados generalizados o suficiente para serem exibido em pequenas escalas e para manter os blocos calculados em *cache* (IGN, 2023).

FIGURA 17 – EXEMPLO DE MAPA INTERATIVO UTILIZANDO VECTOR TILES



FONTE: IGN (2023).

<https://viglino.github.io/ol-ext/examples/layer/map.layer.gppvtilo.html?lon=2.322444&lat=48.865453&z=15.5&embed=1>

### 2.9.5 Swisstopo - Suíça

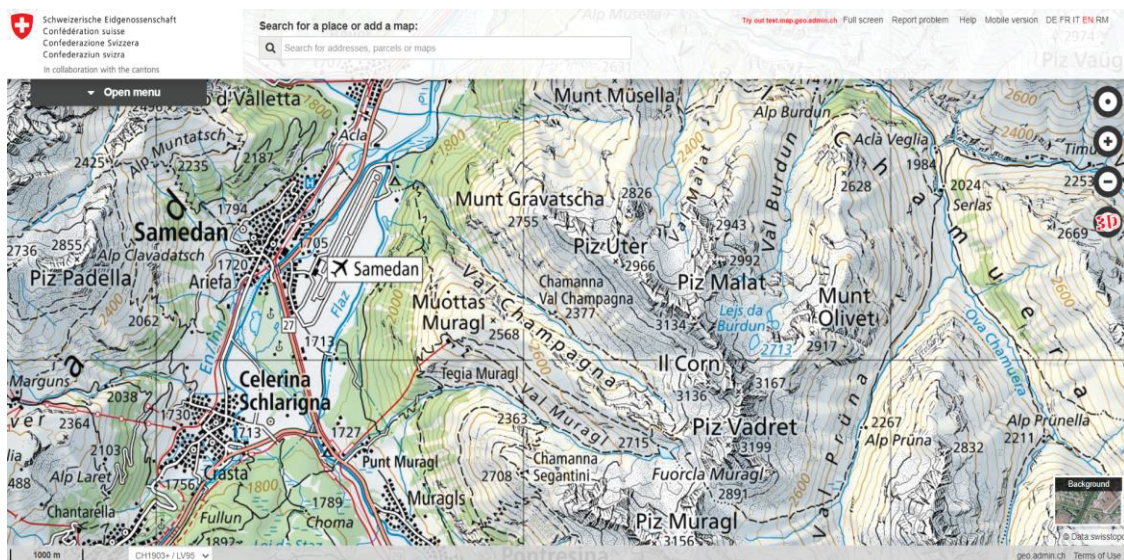
*Swisstopo* é o nome oficial do Escritório Federal Suíço de Topografia, a agência nacional de mapeamento da Suíça. Fornece dados geospaciais

atualizados do país e documenta-os ao longo do tempo. É responsável por fornecer dados de referência espacial de alta qualidade, assim como, produtos derivados.

Os mapas nacionais da Suíça, elaborados minuciosamente, são uma coleção de cartas topográficas elaboradas, publicadas e distribuídas pela *Swisstopo*. Em 1938, surgiu a iniciativa de revitalizar as gerações anteriores das cartas *Dufour* e *Siegfried* (publicadas na primeira parte do século XIX), com a primeira etapa centrada na criação de abrangentes mapas na escala 1:50.000 que abarcassem todo o território. Em 1952, a escala de 1:25.000 foi introduzida, embora só tenha sido concluída em sua totalidade em 1979. Este esforço de precisão desdobrou-se em várias outras escalas, tais como 1:100.000, 1:200.000, 1:300.000, 1:500.000 e 1:1.000.000. Os mapas foram disponibilizados em várias versões, incluindo mapas topográficos, mapas orientados para o turismo, bem como mapas especializados para fins aeronáuticos, geológicos, entre outros. Atualmente, essas representações cartográficas também estão acessíveis em formato digital (SWISSTOPO, 2023).

A *Swisstopo* dispõe de um visualizador de mapa interativo que permite o acesso a um amplo volume de dados geospaciais. Além de mapas de todas as escalas, incluem fotografias aéreas atuais e históricas, modelos de paisagem, modelos de elevação e mapas geológicos. Também estão disponíveis dados sobre sistemas de referência, limites, nomes geográficos e informações sobre propriedades.

FIGURA 18 – VISUALIZADOR DE MAPA DA SWISSTOPO



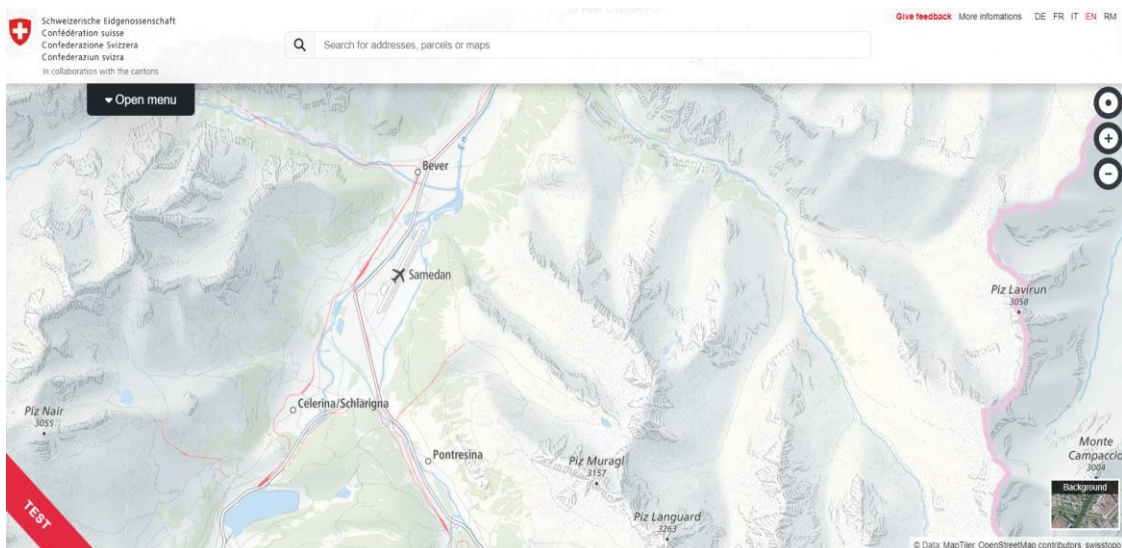
FONTE: SWISSTOPO (2023).

<https://map.geo.admin.ch>

A Confederação Suíça mantém também uma plataforma de informação geográfica, que pode ser acessada através do endereço <https://www.geo.admin.ch/en>. Através desta plataforma os usuários tem acesso diretamente a informações geográficas, dados, serviços e metadados federais.

Dentre os diversos serviços *web* disponíveis nesta plataforma, está o geoserviço empregando *vector tiles*, que são pacotes de dados geoespaciais empacotados em blocos predefinidos e transmitidos pela *web*. Eles podem ser usados para fornecer mapas da *web* estilizados e combinar as vantagens de blocos de mapas *raster* pré-renderizados com dados de mapas vetoriais (THE FEDERAL GEOPORTAL, 2022).

FIGURA 19 – VISUALIZADOR DE MAPA EMPREGANDO VECTOR TILES DA SWISSTOPO



FONTE: SWISSTOPO (2023).

[test.map.geo.admin.ch](https://test.map.geo.admin.ch)

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados material e métodos a serem empregados no desenvolvimento deste trabalho. A metodologia aplicada nesta pesquisa foi subdividida em três etapas.

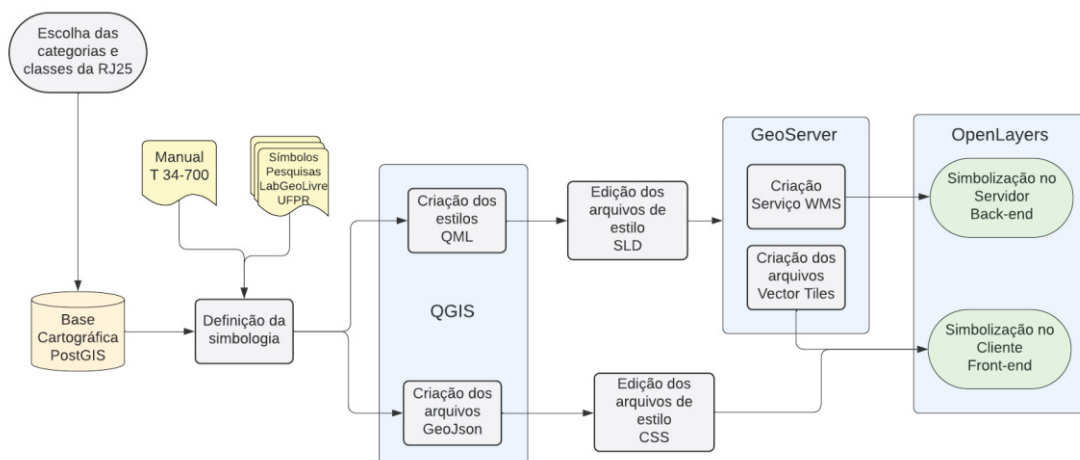
A primeira etapa da metodologia tratou de discutir os símbolos utilizados nos mapeamentos oficiais e a sua adequação às convenções cartográficas contidas no Manual Técnico T 34-700, buscando o aprimoramento da comunicação cartográfica.

A segunda etapa envolveu o desenvolvimento de três métodos distintos para disponibilizar dados geospaciais de mapas em aplicativos *web*. No primeiro método foi criado um serviço WMS, assim como, os estilos SLD para cada uma das camadas. O segundo método utilizou arquivos no formato GeoJSON, enquanto no terceiro foi utilizada a publicação de dados no formato *vector tiles*. Nos dois últimos métodos a simbolização é realizada na aplicação cliente usando o formato CSS.

A terceira parte foi destinada a criação de um *webmap* para promover a comparação da visualização entre os métodos. Para esta etapa foi utilizada a biblioteca OpenLayers, biblioteca JavaScript de código aberto, para exibição das camadas de dados geradas.

A FIGURA 20 apresenta um fluxograma contendo as etapas da metodologia utilizada no decorrer desta pesquisa.

FIGURA 20 – FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA



FONTE: O autor (2023).

### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O conjunto de dados adotado como referência espacial para esta pesquisa foi a Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado do Rio de Janeiro na escala 1:25.000 (RJ25). A escolha desta base cartográfica tem como argumento a proximidade da escala 1:25.000 com os mapeamentos urbanos em grande escala, objetos de outras pesquisas já realizadas a respeito da proposição de simbologia no âmbito do Laboratório Geoespacial Livre do Departamento de Geomática da Universidade Federal do Paraná, na área de concentração Cartografia e SIG.

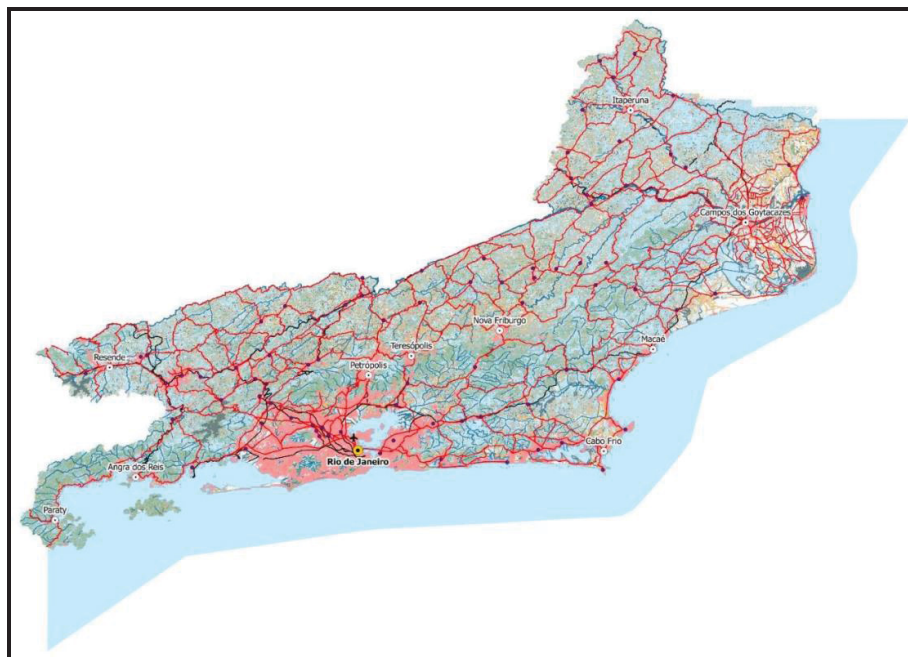
De acordo com o que foi definido no Decreto-Lei Nº 243 de 1967 para a Cartografia Sistemática Terrestre Brasileira, a escala 1:25.000 é a maior das escalas padrão utilizadas para a representação do território nacional. Na mais recente versão da ET-EDGV, os dados de referência que compõem as bases cartográficas foram divididos entre Mapeamento Topográfico em Pequenas Escalas (MapTopoPE), atendendo as escalas 1:25.000 e menores, e Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas (MapTopoGE), atendendo às escalas de visualização maiores que 1:25.000 até 1:1.000 (DSG, 2017). Assim sendo, é notório que a escala 1:25.000 está na fronteira do que se costuma chamar de mapeamento em pequena e grande escala.

A base cartográfica RJ25 é composta por um conjunto de dados geoespaciais de referência, estruturados em bases de dados digitais, e permite uma visão integrada do território do Estado do Rio de Janeiro (IBGE, 2018). Diferentemente da Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado de Santa Catarina na escala 1:25.000 (SC25), também publicada pelo IBGE, a RJ25 apresenta os dados de altimetria para todo o Estado, representados pelas classes Curva de Nível e Ponto Cotado Altimétrico, e este foi outro fator importante para a escolha desta base cartográfica nesta pesquisa.

Observa-se no documento chamado Nota Técnica aos Usuários da RJ25, divulgada pelo IBGE, que a base é disponibilizada em formatos livres (Shapefile, GeoPackage e *dump* do banco PostGis), para utilização em Sistemas de Informação Geográfica (IBGE, 2018). Isto significa que estes dados e informações só são possíveis de serem acessados por usuários com algum conhecimento de cartografia e geoprocessamento, e que ainda precisarão empregar uma simbologia a fim de

transformar este conjunto de dados espaciais em um produto cartográfico, para que a partir de então seja possível transmitir informações ao leitor deste mapa. Afinal, em uma comunicação cartográfica, onde se deseja disseminar conhecimentos a quem lê, é primordial que se tenha uma boa percepção dos símbolos. (NATINGUE *et al.*, 2018).

FIGURA 21 – VISÃO GERAL DA BASE CARTOGRÁFICA RJ25



FONTE: IBGE (2018).

Esta base cartográfica disponibiliza à sociedade um mapeamento planimétrico digital compatível com os requisitos de precisão do Sistema Cartográfico Nacional - SCN e adequado aos padrões e normas da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE (IBGE, 2022).

A primeira versão da base cartográfica RJ25 foi divulgada em 2017, sendo assim, sua modelagem foi implementada conforme as Especificações Técnicas para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais na versão 2.1.3, documento vigente naquele período.

No ano de 2023 a modelagem foi adequada para as ET-EDGV na versão 3.0, que contempla 19 categorias de informação, descritas a seguir: Energia e Comunicações, Estrutura Econômica, Hidrografia, Limites e Localidades, Pontos de Referência, Relevo, Saneamento Básico, Sistema de Transporte, Sistema de Transporte – Subsistemas Aeroportuário, Dutos, Ferroviário, Hidroviário e

Rodoviário, Vegetação, Área Verde, Classes Base do Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas, Cultura e Lazer, Edificações e Estrutura de Mobilidade Urbana.

O QUADRO 7 apresenta as categorias e classes que compõem esta versão da RJ25.

QUADRO 7 – CATEGORIAS E CLASSES DA RJ25

Mapeamento Topográfico em Pequenas Escalas - MapTopoPE	Categorias	Definição	Classes
	Energia e Comunicações (ENC)	Agrupa as feições que representam as estruturas físicas associadas à geração, transmissão e distribuição de energia, bem como as de comunicação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antena de Comunicação</li> <li>- Est. Geradora de Energia Elétrica</li> <li>- Grupo de Transformadores</li> <li>- Hidrelétrica</li> <li>- Termelétrica</li> <li>- Torre de Comunicação</li> <li>- Trecho de Energia</li> </ul>
	Estrutura Econômica (ECO)	Agrupa as feições que representam as estruturas físicas onde são realizadas atividades para produção de bens e serviços em geral.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extração Mineral</li> </ul>
	Hidrografia (HID)	Agrupa as feições que representam o conjunto das águas interiores e oceânicas da superfície terrestre, bem como elementos, naturais ou artificiais, emersos ou submersos, contidos nesse ambiente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Banco de Areia</li> <li>- Barragem</li> <li>- Canal</li> <li>- Canal ou Vala</li> <li>- Corredeira</li> <li>- Foz Marítima</li> <li>- Ilha</li> <li>- Massa d'água</li> <li>- Queda d'água</li> <li>- Rocha em água</li> <li>- Sumidouro ou Vertedouro</li> <li>- Terreno Sujeito a Inundação</li> <li>- Trecho de Drenagem</li> </ul>
	Limites e Localidades (LML)	Agrupa as feições que representam os distintos limites e os diversos tipos de concentração de habitações humanas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aglomerado Rural</li> <li>- Aglomerado Rural Isolado</li> <li>- Aldeia Indígena</li> <li>- Área Densamente Edificada</li> <li>- Área Político Administrativa</li> <li>- Capital</li> <li>- Cidade</li> <li>- Município</li> <li>- Nome Local</li> <li>- Posic. Geo Localidade</li> <li>- Vila</li> <li>- Limite Administrativo</li> </ul>
	Pontos de Referência (PTO)	Agrupa as feições que representam os elementos que servem como referência a medições em relação à superfície da Terra ou de fenômenos naturais.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marco de Limite</li> <li>- Ponto de Est. Med. Fenômenos</li> </ul>

Relevo (REL)	Agrupa as feições que representam a forma da superfície da Terra e do fundo das águas tratando, também, os materiais expostos, com exceção da cobertura vegetal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alteração Fisiográfica Antrópica</li> <li>- Corte</li> <li>- Curva de Nível</li> <li>- Elemento Fisiográfico Natural</li> <li>- Isolinha Hipsométrica</li> <li>- Pico</li> <li>- Ponto Cotado Altimétrico</li> <li>- Ponto Hipsométrico</li> <li>- Rocha</li> <li>- Terreno Exposto</li> </ul>
Saneamento Básico (SAB)	Agrupa o conjunto de estruturas físicas associadas ao saneamento básico relativo às etapas de captação, armazenamento e distribuição de água, bem como às relativas aos resíduos sólidos e líquidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dep. Abast. Água</li> </ul>
Sistema de Transporte (TRA)	Agrupa os subsistemas destinados ao transporte e deslocamento de carga e passageiros, bem como as estruturas de suporte ligadas a estas atividades e as feições de uso geral relacionadas a este tema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caminho Aéreo</li> <li>- Entroncamento</li> <li>- Obra de Arte Viária</li> <li>- Passagem Elevada/Viaduto</li> <li>- Passagem de Nível</li> <li>- Pátio</li> <li>- Ponte</li> <li>- Travessia</li> <li>- Travessia de Pedestre</li> <li>- Trilha Picada</li> <li>- Túnel</li> </ul>
Sistema de Transporte / Subsistema Aeroportuário (AER)	Agrupa o conjunto de feições destinadas ao transporte aeroportuário, as atividades de deslocamento de carga e passageiros, bem como as suas estruturas de suporte relacionadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pista Ponto Pousa</li> </ul>
Sistema de Transporte / Subsistema Dutos (DUT)	Agrupa o conjunto de feições destinadas ao transporte em dutos, bem como as suas estruturas de suporte relacionadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trecho Duto</li> </ul>
Sistema de Transporte / Subsistema Ferroviário (FER)	Agrupa o conjunto de feições destinadas ao transporte ferroviário, as atividades de deslocamento de carga e passageiros, bem como as suas estruturas de suporte relacionadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trecho Ferroviário</li> </ul>
Sistema de Transporte / Subsistema Hidroviário (HDV)	Agrupa o conjunto de feições destinadas ao transporte hidroviário, as atividades de deslocamento de carga e passageiros, bem como as suas estruturas de suporte relacionadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atracadouro ou Terminal</li> <li>- Sinalização</li> </ul>
Sistema de Transporte / Subsistema Rodoviário (ROD)	Agrupa o conjunto de feições destinadas ao transporte rodoviário, as atividades de deslocamento de carga e passageiros, bem como as suas estruturas de suporte relacionadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trecho Rodoviário</li> <li>- Via de Deslocamento</li> </ul>

	Vegetação (VEG)	Agrupa as feições que representam, em caráter geral, os diversos tipos de vegetação natural e cultivada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Brejo ou Pântano</li> <li>- Campo</li> <li>- Floresta</li> <li>- Mangue</li> <li>- Vegetação</li> <li>- Veg. Área de Contato</li> <li>- Vegetação Cultivada</li> <li>- Vegetação Natural</li> <li>- Vegetação Restinga</li> </ul>
--	-----------------	--	--

	<b>Categorias</b>	<b>Definição</b>	<b>Classes</b>
<b>Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas - MapTopoGE</b>	Classes Base do Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas (CBGE)	Agrupa as feições que representam as classes consideradas básicas e de uso comum no Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas, com exceção das feições altimétricas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Área de uso específico</li> <li>- Cemitério</li> <li>- Depósito Geral</li> <li>- Trecho de Arruamento</li> </ul>
	Cultura e Lazer (LAZ)	Agrupa as feições que representam as estruturas físicas dos sistemas associados à cultura, lazer e esporte.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Campo ou Quadra</li> <li>- Pista de Competição</li> <li>- Ruína</li> </ul>
	Edificações (EDF)	Agrupa as feições que representam os diferentes tipos de edificações no contexto urbano e rural.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abastecimento de Água</li> <li>- Agropec. ext. veg. pesca</li> <li>- Edificação</li> <li>- Edif. Comerc. ou Serviço</li> <li>- Edif. Comunicação</li> <li>- Edif. ou Const. Aeroportuária</li> <li>- Edif. ou Const. Lazer</li> <li>- Edif. ou Const. Portuária</li> <li>- Edif. ou Const. Turística</li> <li>- Edif. Energia</li> <li>- Edif. Ensino</li> <li>- Edif. Extração Mineral</li> <li>- Edif. Industrial</li> <li>- Edif. Metro Ferroviária</li> <li>- Edif. Pública Civil</li> <li>- Edif. Pública Militar</li> <li>- Edif. Religiosa</li> <li>- Edif. Rodoviária</li> <li>- Edif. Saneamento</li> <li>- Edif. Saúde</li> <li>- Edif. Serviço Social</li> <li>- Edif. Posto Combustível</li> <li>- Edif. Posto Fiscal</li> <li>- Edif. Posto Pol. Militar</li> <li>- Edif. Posto Pol. Rod. Fed.</li> </ul>
	Estrutura de Mobilidade Urbana (EMU)	Agrupa as feições que representam as estruturas físicas relacionadas aos deslocamentos de pessoas e bens dentro de um espaço urbano.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acesso</li> </ul>

FONTE: O autor (2023).

A base cartográfica RJ25 possui ao todo 133 classes. Isso acontece porque algumas classes possuem representação em mais de uma primitiva geométrica (ponto, linha e área). Um exemplo disso é a classe “Pista\_Ponto\_Pouso”, que representa uma pista ou ponto de pouso destinada ao pouso, decolagem ou taxiamento de aeronaves de asa fixa ou móvel. Esta classe, segundo a ET-EDGV 3.0, pode ser adquirida nas três primitivas geométricas possíveis.

### 3.2 PREPARAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

O critério adotado para a escolha das classes utilizadas neste trabalho foi que o produto final, ou seja, o mapa interativo, se assemelhasse o máximo possível, em termos visuais, a uma folha topográfica tradicional.

Contudo, sabe-se que a modelagem utilizada para a representação dos objetos nas folhas topográficas tradicionais é diferente da utilizada na construção da base cartográfica RJ25 que, de acordo com as especificações da ET-EDGV, adota o modelo OMT-G (Object Modeling Technique for Geographic Applications) para a construção do seu conjunto de dados.

O Manual Técnico T 34-700 foi criado em um período em que os processos de produção cartográfica eram completamente analógicos, portanto, não foi estruturado segundo categorias de informação e classes de objetos. Essa forma de organizar os dados geoespaciais só veio a ocorrer após o processo de informatização da cartografia. A evolução na estruturação dos dados geoespaciais vetoriais começou com as primeiras versões da Mapoteca Topográfica Digital (MTD/IBGE) e da Tabela da Base Cartográfica Digital (TBCD/DSG), culminando na norma atual, conhecida como ET-EDGV 3.0 (CONCAR, 2017).

Enquanto um dos propósitos da especificação técnica é estruturar os dados geoespaciais, dividindo-os para isso em categorias de informação e classes de objetos, o objetivo do manual de convenções cartográficas MT 34-700 é catalogar normas para a representação dos objetos e definir suas simbologias. Portanto, não há uma equivalência exata entre as categorias definidas pela ET-EDGV 3.0 e a classificação contida no Manual Técnico T 34-700.

Na segunda parte do Manual Técnico T 34-700, referente ao catálogo de símbolos e o estabelecimento do formato e das dimensões dos símbolos

convencionais a serem empregados, não há uma organização dos objetos por categorias e classes como estruturado na ET-EDGV. Neste documento somente são mencionados, em seu índice, os assuntos a serem abordados.

FIGURA 22 – ÍNDICE DE ASSUNTOS DO MANUAL TÉCNICO T 34-700

PLANIMETRIA	Páginas
Sistema de Transporte.....	1 a 14
Infra-estrutura.....	15 a 27
Edificações.....	28 a 32
Limites.....	33 a 36
Pontos de Referência.....	37 e 38
Localidades.....	48 e 49
HIDROGRAFIA.....	39 a 47
ALTIMETRIA.....	50 a 52
VEGETAÇÃO.....	53 e 54
ESPECIFICAÇÕES DE FONTES	
Nomes de lugares povoados.....	55
Divisões políticas.....	55 e 56
Áreas reservadas e parques.....	56
Edifícios, marcas terrestres, obras públicas e anotações.....	56 e 57
Marcos de referência e pontos cotados.....	57
Elementos do litoral e da zona afastada da costa.....	57 e 58
Elementos hidrográficos.....	58 e 59
Elementos do relevo.....	59 e 60
Elementos da vegetação.....	60
CATÁLOGO DE PADRÕES.....	61
TABELA DE CONVERSÃO.....	62
ÍNDICE ALFABÉTICO.....	63 a 66

FONTE: DSG (2000).

A FIGURA 22 mostra o Índice de Assuntos do Manual Técnico T 34-700. Nota-se que neste documento os quatro primeiros assuntos (Planimetria, Hidrografia, Altimetria e Vegetação) servem como classificação para as informações. Ainda, em especial, o assunto Planimetria é subdividido em outros seis temas: Sistema de Transporte, Infraestrutura, Edificações, Limites, Pontos de Referência e Localidades.

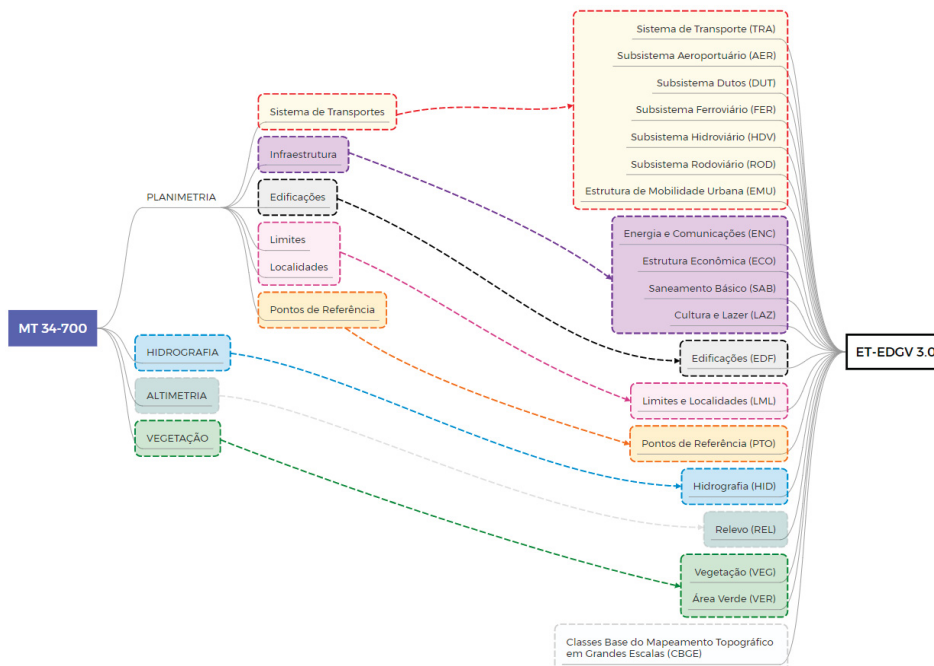
Nesta pesquisa, portanto, buscou-se assemelhar o termo “Assuntos”, trazido pelo Manual Técnico T 34-700, com o termo “Categorias” adotado na ET-EDGV 3.0. Desta forma, fazendo a analogia entre estes os termos, foram considerados nove “Assuntos” no Manual Técnico T 34-700 e suas correspondentes “Categorias de Informação” na ET-EDGV 3.0, sistematizados no QUADRO 8 e na FIGURA 23.

QUADRO 8 – CORRELAÇÃO ENTRE ASSUNTOS DO MT 34-700 E DAS CATEGORIAS ET-EDGV 3.0

<b>MT 34-700</b>	<b>ET-EDGV 3.0</b>
Sistema de Transporte	Sistema de Transporte (TRA) Subsistema Aeroportuário (AER) Subsistema Dutos (DUT) Subsistema Ferroviário (FER) Subsistema Hidroviário (HDV) Subsistema Rodoviário (ROD) Estrutura de Mobilidade Urbana (EMU)
Infraestrutura	Energia e Comunicações (ENC) Estrutura Econômica (ECO) Saneamento Básico (SAB) Cultura e Lazer (LAZ)
Edificações	Edificações (EDF)
Limites Localidades	Limites e Localidades (LML)
Pontos de Referência	Pontos de Referência (PTO)
Hidrografia	Hidrografia (HID)
Altimetria	Relevo (REL)
Vegetação	Vegetação (VEG) Área Verde (VER)
-	Classes Base do Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas (CBGE)

FONTE: O autor (2023).

FIGURA 23 – APARÊNCIA DO GEOSERVIÇO WMS DA RJ25



FONTE: O autor (2023).

Para esta pesquisa foram selecionadas 33 classes, segundo a ET-EDGV 3.0, abrangendo as três primitivas geométricas e totalizando um volume de dados de aproximadamente 2,25 GB. Mesmo sendo um extrato da base cartográfica RJ25, ainda há uma quantidade significativa de informações, além de envolver simbologias distintas para cada uma das camadas.

O QUADRO 9 apresenta as categorias e as 33 classes que compõem a base cartográfica adotada nesta pesquisa, assim como suas respectivas primitivas geométricas, segundo a ET-EDGV.

QUADRO 9 – CATEGORIAS, CLASSES E PRIMITIVAS GEOMÉTRICAS DA BASE CARTOGRÁFICA ADOTADA SEGUNDO A ET-EDGV 3.0

MapTopoPE	Categorias	Classes	Primitiva Geométrica
	Energia e Comunicações (ENC)	- Antena de Comunicação	Ponto
		- Est. Geradora de Energia Elétrica	Área
		- Trecho de Energia	Linha
	Estrutura Econômica (ECO)	- Extração Mineral	Ponto
	Hidrografia (HID)	- Massa d'água	Área
		- Terreno Sujeito a Inundação	Área
		- Trecho de Drenagem	Linha
	Limites e Localidades (LML)	- Aglomerado Rural Isolado	Ponto
		- Área Densamente Edificada	Área
		- Capital	Ponto
		- Cidade	Ponto
		- Nome Local	Ponto
		- Vila	Ponto
		- Limite Administrativo	Linha
Relevo (REL)	- Curva de Nível	Linha	
	- Elemento Fisiográfico Natural	Ponto e Área	
	- Ponto Cotado Altimétrico	Ponto	
Sistema de Transporte (TRA)	- Ponte	Linha	
Sistema de Transporte / Subsistema Aeroportuário (AER)	- Pista Ponto Pouso	Ponto e Linha	
Sistema de Transporte / Subsistema Ferroviário (FER)	- Trecho Ferroviário	Linha	
Sistema de Transporte / Subsistema Rodoviário (ROD)	- Trecho Rodoviário	Linha	
Vegetação (VEG)	- Brejo ou Pântano	Área	
	- Campo	Área	
	- Floresta	Área	
	- Mangue	Área	
	- Vegetação Cultivada	Área	
	- Vegetação Restinga	Área	

	Categorias	Classes	Primitiva Geométrica
MapTopoGE	Classes Base do Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas (CBGE)	- Cemitério	Ponto
		- Trecho de Arruamento	Linha
	Cultura e Lazer (LAZ)	- Campo ou Quadra	Ponto
	Edificações (EDF)	- Edif. Ensino	Ponto
		- Edif. Pública Militar	Ponto
		- Edif. Posto Pol. Rod. Fed.	Ponto

FONTE: O autor (2023).

### 3.3 PROJETO GRÁFICO E DEFINIÇÃO DA SIMBOLOGIA

#### 3.3.1 Simbologia empregada pelo IBGE na INDE

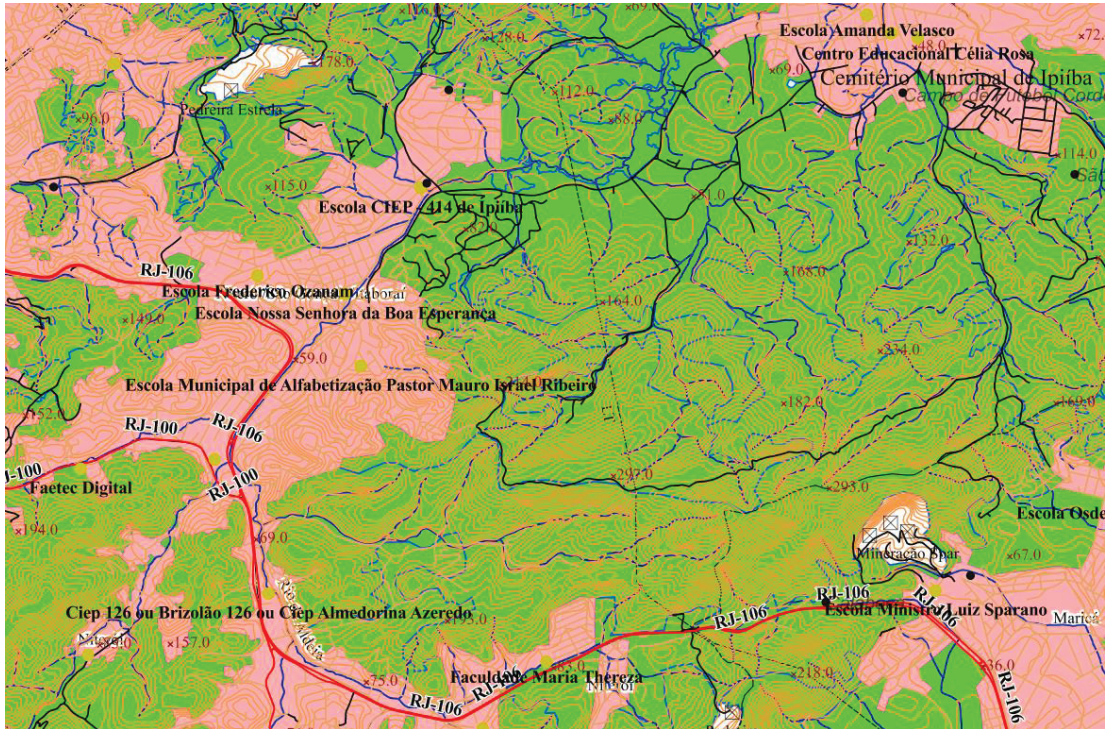
A base cartográfica contínua do Rio de Janeiro na escala 1:25.000 está disponível para visualização através do serviço OGC/WMS. Através deste serviço é possível que o usuário solicite o acesso a esse mapeamento, em formato *raster*, a partir de um servidor WMS. Os dados podem ser visualizados a partir de aplicativos e softwares de SIG, como o QGIS por exemplo, ou através de bibliotecas de JavaScript, como o OpenLayers, que permite a visualização diretamente no navegador.

O IBGE, como um dos órgãos responsáveis por fornecer informações geográficas sobre o Brasil, contribui com dados para a INDE. Desta forma, os dados disponibilizados pelo IBGE estão disponíveis para utilização por outros órgãos do governo, instituições de pesquisa, empresas e pelo público em geral, através de uma plataforma centralizada de acesso. Isso facilita o compartilhamento e a utilização eficiente dessas informações para diversas aplicações. Portanto, os dados da base cartográfica RJ25 também podem ser acessados por meio do visualizador da INDE.

O visualizador da INDE possibilita o acesso ao WMS, assim como por meio de um software SIG, permitindo a visualização da imagem dos dados da RJ25 que foram simbolizados no servidor. A FIGURA 24 apresenta um fragmento da RJ25 simbolizada através do geoserviço fornecido pelo IBGE, onde é possível reconhecer

algumas feições, porém, é notório que a comunicação cartográfica precisa ser aprimorada.

FIGURA 24 – APARÊNCIA DO GEOSERVIÇO WMS DA RJ25

























FONTE: INDE

Durante esta pesquisa não foi encontrada nenhuma documentação a respeito de como foi feita a implementação da simbologia adotada para as feições das bases cartográficas disponibilizadas pelo IBGE através do serviço WMS.

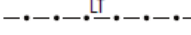





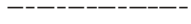





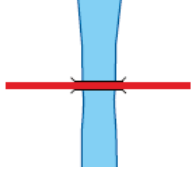
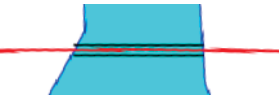
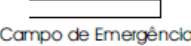

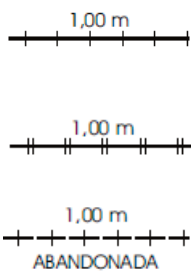
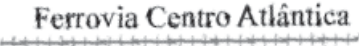


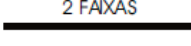



Com o objetivo de avaliar as simbologias aplicadas neste mapa, foi realizada uma comparação dos símbolos empregados pelo IBGE para algumas das classes da base cartográfica RJ25, apresentados nos QUADROS 10, 11 e 12, juntamente com seus respectivos símbolos definidos pelas convenções cartográficas do Manual Técnico T 34-700.

QUADRO 10 – SÍMBOLOS PONTUAIS - IBGE E MANUAL T 34-700

FEIÇÃO	MT 34-700	IBGE
Antena de Comunicação	 Torre de Microondas	●Antena (Comunicação)
Extração Mineral	 Área de Mineração	 Extração (argila)
Aglomerado Rural Isolado / Lugarejo	 Alto Parnaíba	 Volta do Pião
Aglomerado Rural Isolado / Povoado	 Água Branca	 Quirino
Capital	 PORTO ALEGRE	 Rio de Janeiro
Cidade	 JUIZ DE FORA	 Niterói
Nome Local	REGIÃO	●Cafubá
Vila	 Jaru	 Tamoios
Elemento Fisiográfico Natural	SERRA      ILHA Serra   Morro   Ilha	 Morro São João
Ponto Cotado Altimétrico	× 431	×408.0
Pista Ponto Pouso	<small>CAMPO DE POUSO</small> 	
Cemitério	 Cemitério	 Cemitério Palmital
Campo ou Quadra	 Quadra de Esportes	●Quadra de Esportes João Borges Machado
Edif. Ensino	 Escola Vilas Boas	 Escola Tres Barras
Edif. Pública Militar	 Palácio da Justiça	●CBMERJ
Edif. Posto Pol. Rod. Fed.	-	●3ª Cia/ Batalhão da Polícia Rodoviária Federal











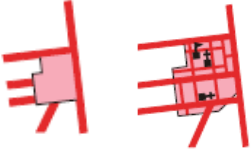


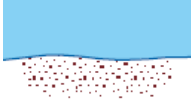



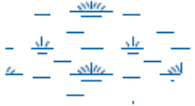



FONTE: O autor (2023).



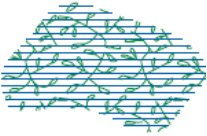

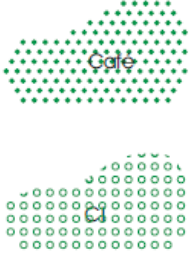


QUADRO 11 – SÍMBOLOS LINEARES - IBGE E MANUAL T 34-700

FEIÇÃO	MT 34-700	IBGE
Trecho de Energia		
Trecho de Drenagem / Permanente		
Trecho de Drenagem / Temporário		
Limite Administrativo		
Curva de Nível / Normal		
Curva de Nível / Mestra		
Ponte		
Pista Ponto Pouso		
Trecho Ferroviário		
Trecho Rodoviário / Pavimentado		
Trecho Rodoviário / Desconhecido		
Trecho de Arruamento		

FONTE: O autor (2023).

QUADRO 12 – SÍMBOLOS DE ÁREA - IBGE E MANUAL T 34-700

FEIÇÃO	MT 34-700	PROPOSTOS
Est. Gerad. de Energia Elétrica		
Massa d'água / Oceano		
Massa d'água / Lagoa ou Lago		
Massa d'água / Rio		
Terreno Sujeito a Inundação		
Área Densamente Edificada		
Elemento Fisiográfico Natural / Ilha	SERRA      ILHA	
Elemento Fisiográfico Natural / Praia		
Elemento Fisiográfico Natural / Rocha		
Brejo ou Pântano		
Campo		

Floresta		
Mangue		
Vegetação Cultivada		
Vegetação Restinga	-	

FONTE: O autor (2023).

As classes representadas por símbolos pontuais e que definem as localidades (Capital, Cidade, Vila e Aglomerado Rural Isolado) são as que mais se adequaram às regras do manual. Porém, quando se trata dos símbolos pontuais não geométricos, apenas os símbolos para as classes Pista de Pouso e Cemitério receberam símbolos pictóricos, ainda assim, diferentes do estabelecido no manual.

Quanto às feições adquiridas com a primitiva geométrica linha, é possível notar uma aproximação das convenções estabelecidas pelo manual, mas ainda assim com diferenças substanciais.

Os trechos de drenagem, apesar de simbolizados em azul, foi representado com um tom diferente ao do manual. Além disso, não foi feita nenhuma distinção entre a simbologia aplicada para determinar o regime do rio, se permanente ou temporário. Os nomes dos trechos de drenagem, apesar de seguirem a curvatura e o alinhamento aos vetores que definem os trechos, foram simbolizados na cor preta, quando deveria receber o mesmo matiz utilizada para o vetor, a fim de garantir uma coesão visual para a representação da feição.

As curvas de nível estão representadas por linhas de mesma espessura, não fazendo distinção entre as curvas Normal e Mestre, e a cor que recebe é de um tom

diferente do definido pelo Manual Técnico T 34-700. Ademais, nas curvas mestras não é mostrado o valor da cota para as linhas, uma informação importante quando se fala em mapeamento altimétrico.

Os arruamentos podem ser visualizados com dois tipos de simbologia, dependendo do nível de zoom que se aplique. Para a escala 1:25.000 as feições desta classe aparecem como linhas simples, com a mesma cor e espessura utilizada para representar as curvas de nível. Esta representação de duas feições distintas, porém com propriedades visuais iguais, impede a segregação dos objetos e, conseqüentemente, a sua identificação.

Para as feições de áreas somente as classes Massa D'água e Área Densamente Edificada receberam simbologia. Todas as demais foram representadas com um mesmo estilo, não sendo levado em consideração a categoria ou classe pertencente.

O oceano, assim como as lagoas ou lagos, possuem preenchimento e bordas em azul, porém divergentes ao estabelecido no manual. Os rios possuem preenchimento em outro tom de azul, diferente das demais massas d'água, mas, da mesma forma, difere das normas oficiais.

As feições da classe Área Densamente Edificada foram simbolizadas com uma cor muito próxima ao estabelecido no manual, porém são representados também os nomes do município a que estão associados. Esta forma de apresentação tende a deixar o mapa congestionado e com informações redundantes, visto que dentro do mesmo município são adquiridos vários polígonos de área densamente edificada, muito próximo uns aos outros.

Por fim, com base na análise comparativa feita entre as simbologias, foi estabelecido que a base cartográfica RJ25 disponibilizada pelo IBGE não está adequada às convenções cartográficas do Manual Técnico T 34-700, ademais, existem muitas classes que não possuem qualquer tipo de simbologia aplicada.

Portanto, conclui-se que, para esta base cartográfica, o serviço WMS fornecido pelo IBGE não possui uma simbologia apropriada para ser utilizada em um mapeamento de referência.

### 3.3.2 Preparo da Simbologia empregada na pesquisa

Esta etapa foi realizada empregando o software de geoprocessamento QGIS na sua versão 3.28 'Firenze', modificando a simbologia e rótulos das classes previamente selecionados da base cartográfica RJ25.

O projeto gráfico procurou aderir às diretrizes e convenções cartográficas estabelecidas no Manual Técnico T 34-700, assim como também levou em consideração as análises e observações envolvendo conjuntos de símbolos já trabalhados e testados em pesquisas do Laboratório Geoespacial Livre do Departamento de Geomática da Universidade Federal do Paraná.

Destacam-se os trabalhos de Silveira (2019), que propôs símbolos pontuais para o mapeamento topográfico em grandes escalas com base na percepção visual dos usuários; Pisetta (2021) que se concentrou em avaliar a percepção de símbolos pontuais para o mapeamento de referência no contexto de dispositivos móveis; e Ramos (2023) que buscou propor e avaliar simbologias pontuais para o mapeamento em multiescala.

Evidencia-se, também, a pesquisa de Araújo (2021), que propôs e avaliou símbolos cartográficos para o sistema de transporte e edificações no mapeamento de referência, visando a integração das convenções cartográficas oficiais do mapeamento topográfico terrestre brasileiro em um contexto de multiescala.

Foram adotados os valores das dimensões dos símbolos, bem como a espessura das linhas e tamanho dos espaçamentos previstos no manual técnico, com o objetivo de reproduzir da forma mais fiel possível a simbologia descrita nesse documento.







A seguir são descritos o desenvolvimento e a preparação da simbologia utilizada para representar as diferentes classes de objetos da base cartográfica desenvolvida neste estudo. Para melhor entendimento, foram organizados em relação à sua primitiva geométrica, símbolos pontuais, lineares e de área, e ainda as definições quanto a fonte e tamanho dos topônimos.

### 3.3.3 Preparação dos Símbolos Pontuais

Os símbolos que mais passaram por mudanças em relação ao Manual T 34-700 foram os pontuais. De um conjunto de 15 classes que possuem aquisição através da primitiva geométrica ponto, 6 classes passaram a ser representadas com símbolos diferentes dos definidos no manual.

Segundo ROBSON *et al.* (1984), os símbolos pontuais podem ser classificados em três categorias: Pictórica, Associativa e Geométrica, conforme exemplos apresentados a seguir.

QUADRO 13 – CLASSIFICAÇÃO DOS SÍMBOLOS PONTUAIS




























Classificação	Símbolo	Descrição
Pictórica		Animais em extinção
		Ciclovia
Associativa		Igreja
		Mina
Geométrica		Centro de Informações
		Marco Histórico

FONTE: Adaptado de ROBINSON *et al.*, 1984

Portanto, a maioria dos símbolos pontuais que não passaram por nenhuma modificação ou alteração foram os símbolos pontuais classificados como geométricos e que representam lugares ou localidades, pertencentes à categoria Limites e Localidades da ET-EDGV 3.0. Estes símbolos tem caráter abstrato, não carregando consigo nenhuma correspondência com a sua forma no mundo real.

O QUADRO 14, apresenta os símbolos cartográficos empregados para a representação das feições pontuais obtidos do Manual Técnico T 34-700 e os recriados para esta pesquisa. A coluna situada mais à direita indica a fonte da qual se originou a simbologia recriada, informando se ela foi baseada nas convenções cartográficas oficiais ou se foi extraída de pesquisas realizadas anteriormente.

QUADRO 14 – SÍMBOLOS PONTUAIS UTILIZADOS

FEIÇÃO	MT 34-700	PROPOSTOS	FONTE
Antena de Comunicação	 Torre de Microondas		PISETTA (2021)
Extração Mineral	 Área de Mineração	 Cascalheira	Manual T34-700
Aglomerado Rural Isolado / Lugarejo	 Alto Parnaíba	 Volta do Pião	Manual T34-700
Aglomerado Rural Isolado / Povoado	 Água Branca	 Guapimirim	Manual T34-700
Capital	 PORTO ALEGRE	 RIO DE JANEIRO	Manual T34-700
Cidade	 JUIZ DE FORA	 PETRÓPOLIS	Manual T34-700
Nome Local	REGIÃO	SANTA ROSA	Manual T34-700
Vila	 Jaru	 Boa Sorte	Manual T34-700
Elemento Fisiográfico Natural	SERRA      ILHA Serra   Morro   Ilha	MORRO DO CRUZEIRO  PONTA DO BARROSO	Manual T34-700
Ponto Cotado Altimétrico	 431	 422	Manual T34-700
Pista Ponto Pousa	<small>CAMPO DE POUSO</small> 		Manual T34-700
Cemitério	 Cemitério	 Cemitério Parque Girassol	RAMOS (2023)
Campo ou Quadra	 Quadra de Esportes	 Campo de Futebol Grande Rio	PISETTA (2021)
Edif. Ensino	 Escola Vilas Boas	 Escola Albert Sabin	PISETTA (2021)
Edif. Pública Militar	 Palácio da Justiça	 CBMERJ	PISETTA (2021)
Edif. Posto Pol. Rod. Fed.	-	 3º Cia/ Batalhão da Polícia Rodoviária Federal	PISETTA (2021)

FONTE: O autor (2023).

Com o objetivo de tornar a detecção dos símbolos pictóricos mais evidente, foi necessário apresentá-los de forma que não houvesse incerteza entre eles e o fundo do mapa. Isso significa que a cor utilizada para o fundo deve ter um contraste adequado, de forma que o símbolo possa ser claramente percebido em relação ao que está representado ao fundo.

Este realce, para melhor identificação da figura que representa o símbolo, segue o conceito da segregação figura-fundo, e é uma das leis básicas da Teoria da Gestalt. Refere-se à capacidade de distinguir, entre dois elementos, qual está localizado em um plano a frente em relação ao outro, atribuindo àquele que é mais facilmente percebido a característica de figura (SILVEIRA, 2019).

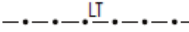











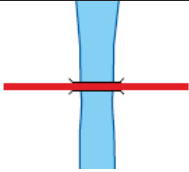
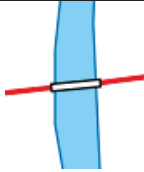
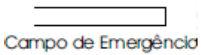

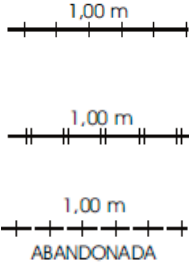

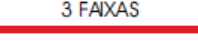

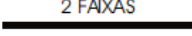

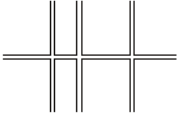

Algumas feições adquiridas pela primitiva geométrica pontual são representadas apenas por seus topônimos, não possuindo, portanto, nenhuma representação na forma de símbolos. Na base cartográfica adotada para esta pesquisa, pode-se citar as classes Nome Local e Elemento Fisiográfico Natural, como exemplo. Para preservar a legibilidade dos topônimos, seja eles acompanhados ou não de símbolos pictóricos, sua representação também adere ao conceito de segregação figura-fundo.

#### 3.3.4 Preparação dos Símbolos Lineares

Os símbolos lineares foram na sua totalidade reproduzidos a partir das descrições gráficas contidas no Manual Técnico T 34-700, respeitando os valores de cor, espessura e espaçamento entre linhas.

No QUADRO 15, são apresentados os símbolos cartográficos utilizados para representar as feições que são adquiridas através da primitiva geométrica linha obtidas do manual técnico de convenções cartográficas, juntamente com aqueles propostos especificamente para esta pesquisa.

QUADRO 15 – SÍMBOLOS LINEARES UTILIZADOS

FEIÇÃO	MT 34-700	PROPOSTOS	FONTE
Trecho de Energia			Manual T34-700
Trecho de Drenagem / Permanente			Manual T34-700
Trecho de Drenagem / Temporário			Manual T34-700
Limite Administrativo			Manual T34-700
Curva de Nível / Normal			Manual T34-700
Curva de Nível / Mestra			Manual T34-700
Ponte			Manual T34-700
Pista Ponto Pousa			Manual T34-700
Trecho Ferroviário			Manual T34-700
Trecho Rodoviário / Pavimentado			Manual T34-700
Trecho Rodoviário / Desconhecido			Manual T34-700
Trecho de Arruamento			Manual T34-700

FONTE: O autor (2023).

Nesta pesquisa foram adotadas duas representações para a classe Trecho de Drenagem, considerando, conforme modelagem da ET-EDGV 3.0, o atributo “regime”. Este atributo indica o padrão de presença de água no curso d’água, se permanente ou temporário.

Para a representação da classe Ponte, foi adotada uma convenção diferente daquela contida no manual técnico. Essa adequação foi necessária devido à dificuldade de implementação do símbolo original. É importante, para validação da convenção cartográfica proposta, que o mesmo seja testado através de testes de percepção e leitura de mapas, a fim de avaliar a sua adequação e aceitabilidade pelo usuário.

As ferrovias possuem diversas formas de representação no Manual Técnico T 34-700 dependendo de suas características. Desta forma, a simbologia pode variar de acordo com o número de linhas, se está ou não sendo utilizada, se está em construção, abandonada, entre outros. Neste trabalho adotou-se apenas uma forma de representação, respeitando as informações de espessura e espaçamentos presentes no manual para o caso de ferrovia simples e em uso.

Quanto aos Trechos Rodoviários, a base cartográfica RJ25 traz o atributo “tipo de via”, indicando os tipos de vias de deslocamento possíveis, segundo a modelagem da ET-EDGV 3.0: Autoestrada, Beco, Ligação entre pistas, Logradouro, Rodovia, Servidão, Trecho de entroncamento ou Outros. No entanto, como existem apenas valores preenchidos para as situações “Autoestrada” e “Rodovia”, quase todos as feições ficariam com a mesma convenção cartográfica, visto que das 179.739 feições existentes nesta classe apenas 173 estão definidas como Autoestrada, ou seja, apenas 0,09%.

Desta forma, optou-se por usar a classificação através do atributo “revestimento”, o qual identifica a natureza do revestimento da via de deslocamento. Na modelagem da ET-EDGV 3.0 os valores para revestimento podem ser definidos como: Desconhecido, Sem revestimento (leito natural), Revestimento primário (solto), Pavimentado, Madeira ou Outros. Porém, na atual versão da RJ25, apenas existe o preenchimento para os valores “Pavimentado” e “Desconhecido”.

O Manual Técnico T 34-700 traz várias formas de representação para as vias de deslocamento, fazendo distinção entre rodovia de tráfego periódico, não pavimentada, autoestrada, em construção, entre outros. As convenções adotadas neste trabalho, e apresentadas no Quadro 10, procuraram respeitar as dimensões

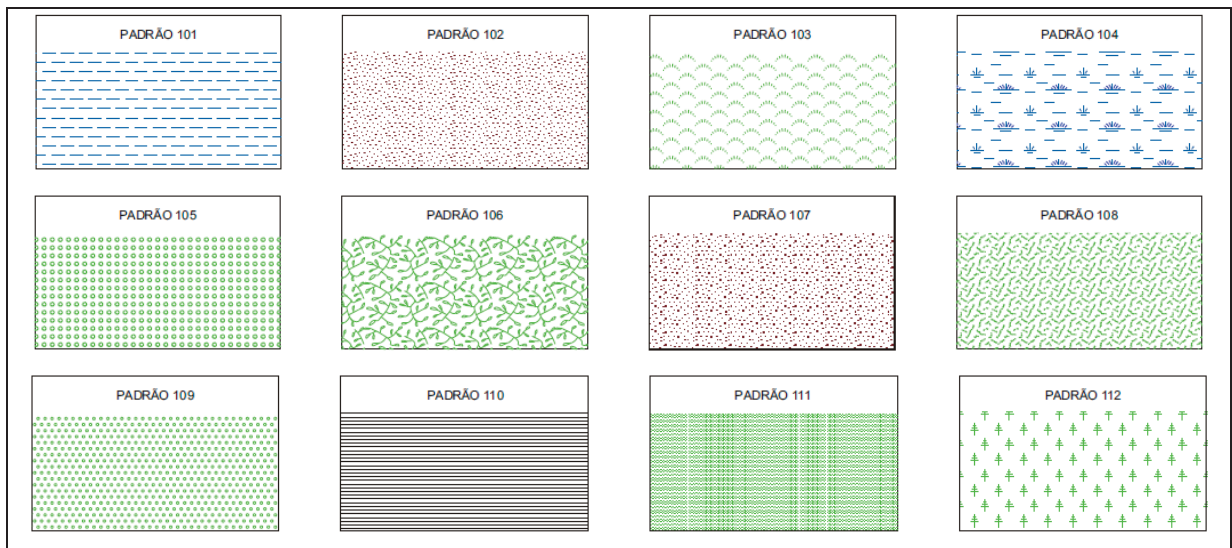
descritas no manual para o caso de “rodovia pavimentada” e “rodovia não pavimentada”.

### 3.3.5 Preparação dos Símbolos de Área

Devido à complexidade de reprodução de algumas convenções cartográficas adotadas no Manual Técnico T 34-700 para os padrões de texturas, exibidas na FIGURA 25, foi necessário fazer adaptações para a representação de algumas feições, principalmente àquelas utilizadas para as classes da categoria vegetação.

Além disso, há pesquisas que demonstram que a complexidade visual percebida pode aumentar em função da quantidade e variedade de objetos, como no caso de alguns padrões adotados no manual de convenções cartográficas, e que texturas com padrões repetitivos e orientados uniformemente são menos complexas do que padrões desorganizados (HARPER *et al.*, 2009).

FIGURA 25 – CATÁLOGO DE PADRÕES DO MT 34-700



FONTE: DSG (2000).

No Manual Técnico T 34-700 as feições da classe Estação Geradora de Energia Elétrica, são representadas por um polígono na cor preta, adquiridos na escala, ligado por um traço a um símbolo pontual desta mesma feição. De forma a

reduzir a quantidade de unidades compositivas, a representação deste símbolo pontual foi suprimida, restando apenas um polígono na cor preta.

O desenvolvimento do padrão gráfico para representação das classes Massa D'água e Trecho Sujeito a Inundação procurou seguir as normas estabelecidas no Manual Técnico T 34-700.

Para o estabelecimento da simbologia adotada nas feições da classe Área Densamente Edificada, tomou-se como referência o trabalho de Araújo (2021), em que propôs uma simbologia, no contexto de multiescalas para classes relacionadas a edificações. As áreas edificadas, na escala 1:25.000, são generalizadas a partir das edificações urbanas representadas em escalas maiores. Como foi estabelecido em testes com usuários que as edificações urbanas tem suas representações em tons na cor cinza, as áreas edificadas para a escala 1:25.000 necessariamente devem possuir tom de cor associativo a estas representações de edificações (ARAÚJO, 2021). Portanto, nesta pesquisa também foi utilizado o cinza para a representação da classe Área Densamente Edificada, fundamentado pelo referido estudo anterior.

Na modelagem da ET-EDGV 3.0 a classe Elemento Fisiográfico Natural possui o atributo “tipo de elemento natural” que indica o tipo de formação do relevo. Para a base cartográfica RJ25 os valores encontrados são: Ilha, Praia e Rocha. A convenção cartográfica para os elementos do tipo Ilha, no Manual Técnico T 34-700, possuem representação apenas através de seus topônimos. Portanto, a simbologia para estas feições foi desenvolvida para esta pesquisa.

Desta forma, os elementos do tipo Ilha foram representados com a borda em tom azul, de mesmo código hexadecimal que as bordas das massas d'água, e preenchimento em um tom amarelo. Para os elementos do tipo Praia, buscou-se recriar um padrão de preenchimento o mais próximo possível do estabelecido no Manual Técnico T 34-700 para “Praia de saibro” ou “Cascalho”. A simbologia adotada no manual técnico para elementos do tipo “Rocha” possui um padrão de representação bem intrincada, tornando muito difícil sua reprodução. Decidiu-se, portanto, desenvolver uma nova simbologia, com o preenchimento em tom de cinza.

Os padrões empregados pelo manual técnico para a representação de algumas classes pertencentes a categoria vegetação também são muito complexos, e até mesmo podem causar problemas de legibilidade em determinados casos









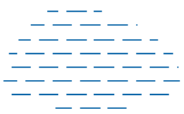

(NETO, 2020). Desta forma, uma nova simbologia foi desenvolvida para algumas classes.

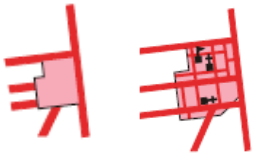


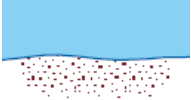
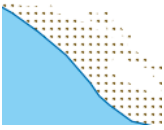
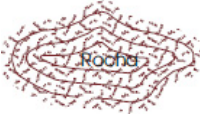

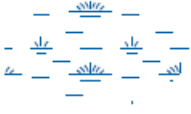


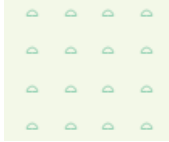


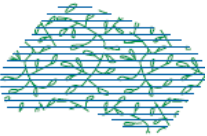
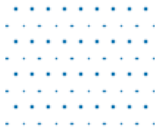
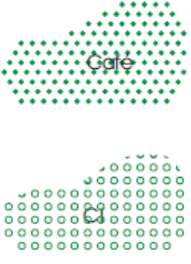
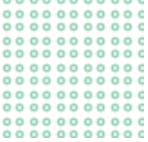
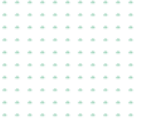
Para representação da classe “Brejo ou Pântano”, foi adotado hachuras em tom azul, constituídas de linhas equidistantes e inclinadas a 45° e 135°, formando uma malha. Para as feições da classe “Campo” adotou-se o preenchimento em um tom amarelo, além de marcadores no formato de semicírculos em matiz verde. Para a classe “Mangue” foi empregado um padrão de preenchimento com pontos em tom azul. Para a classe “Restinga” foi elaborada uma nova simbologia, com preenchimento no tom amarelo, visto que não há a convenção para esta feição no Manual Técnico T 34-700.

A fim de validar as novas simbologias produzidas durante a realização desta pesquisa, é imprescindível que futuramente sejam realizados testes para avaliação da sua adequação e aprovação dos usuários.

O QUADRO 16, apresenta os símbolos cartográficos para as representações das feições de área obtidos do manual técnico de convenções cartográficas e os propostos para esta pesquisa.

QUADRO 16 – SÍMBOLOS DE ÁREA UTILIZADOS

FEIÇÃO	MT 34-700	PROPOSTOS	FONTE
Est. Gerad. de Energia Elétrica	 Salto Segredo		Manual T34-700
Massa d'água / Oceano			Manual T34-700
Massa d'água / Lagoa ou Lago			Manual T34-700
Massa d'água / Rio			Manual T34-700
Terreno Sujeito a Inundação			Manual T34-700

<p>Área Densamente Edificada</p>			<p>ARAÚJO (2021)</p>
<p>Elemento Fisiográfico Natural / Ilha</p>	<p>SERRA      ILHA</p>		
<p>Elemento Fisiográfico Natural / Praia</p>			<p>Manual T34-700</p>
<p>Elemento Fisiográfico Natural / Rocha</p>			
<p>Brejo ou Pântano</p>			
<p>Campo</p>			
<p>Floresta</p>			<p>Manual T34-700</p>
<p>Mangue</p>			
<p>Vegetação Cultivada</p>			<p>Manual T34-700</p>
<p>Vegetação Restinga</p>	<p>-</p>		<p>Manual T34-700</p>

FONTE: O autor (2023).

### 3.3.6 Especificação das Fontes Tipográficas

O Manual Técnico T 34-700 possui um capítulo destinado às especificações das fontes utilizadas no mapeamento sistemático. Neste capítulo é apresentada uma tabela que contém as fontes tipográficas que devem ser aplicados aos nomes de lugares, reservas, parques, áreas militares, elementos hidrográficos, do relevo, vegetação, entre outros.

No documento são indicados apenas quatro tipos de fontes utilizadas para representação dos topônimos, porém a especificação não está descrita de uma forma clara, impossibilitando o conhecimento de qual fonte deve ser utilizada. Desta forma, nesta pesquisa foram adotadas fontes tipográficas que mais se assemelhassem aos caracteres apresentados no manual de convenções cartográficas. O QUADRO 17 mostra as fontes indicadas pelo manual e as adotadas neste trabalho:

QUADRO 17 – FONTES INDICADAS NO MT 34-700 E UTILIZADAS

<i>MT 34-700</i>	<i>UTILIZADAS</i>
TIMES	Times New Roman
ARIAL	Arial
SSNR	Century Gothic
SWI	Century Gothic Italic

FONTE: O autor (2023).

### 3.3.7 Padrão de Cores

O Manual Técnico T 34-700 não contempla nenhuma descrição a respeito do sistema de cor utilizado, se é o sistema RGB, CMKY, HSL, HSV ou HEX, por exemplo. O documento define que a cor a ser utilizada para representar determinada feição de hidrografia, por exemplo, é a “cor azul”, sem explicitar qual padrão ou sistema deve ser seguido.










As folhas topográficas do mapeamento sistemático eram produzidas de acordo com métodos analógicos e envolvendo processos manuais. A produção dos fotolitos e das chapas de impressão só eram viáveis considerando o uso de poucas

cores. Assim sendo, eram utilizados apenas cinco tons de cores: azul, preto, sépia, verde e vermelho. Dependendo da feição, o tom de cor a ser utilizado, segundo o manual técnico, deve ser definido por uma porcentagem (30% da cor vermelha ou 20% da cor verde, por exemplo).

Devido aos fatos descritos, neste trabalho foi utilizado para detectar as cores da simbologia empregada no manual técnico uma extensão gratuita para navegadores da *web* chamada *ColorZilla*. Ela oferece uma ferramenta de contagotas que permite selecionar qualquer cor na tela. Assim, a partir do arquivo digital no formato PDF do Manual Técnico T 34-700, foram obtidos os códigos hexadecimais, para alcançar, de modo aproximado, os tons de cores correspondentes. Além disso, foram empregadas na construção do projeto gráfico desta pesquisa outros tons de cores para representação de algumas feições.

O QUADRO 18 apresenta os códigos hexadecimais, associados aos seus tons de cores, que foram adotadas neste trabalho.

QUADRO 18 – CORES E CÓDIGOS UTILIZADOS

<i>MT 34-700</i>	<i>UTILIZADAS</i>	<i>CÓDIGO HEX</i>
Azul		#045DA3
Azul - 30%		#91D1F5
Preto		#000000
Sépia		#705714
Verde - 20%		#96CFB2
Vermelho		#DC0000
-		#E6E6E6
-		#91A1A6
-		#F3FBE9

FONTE: O autor (2023).

### 3.3.8 Compartilhamento da Simbologia Adotada

A simbologia empregada para representação das 33 classes selecionadas nesta pesquisa foi compartilhada no Github do Laboratório Geoespacial Livre da Universidade Federal do Paraná através dos arquivos no formato QML.

O QML (QGIS Style) é um formato de arquivo usado pelo QGIS para armazenar os estilos das camadas, como símbolos, tom de cores e outras propriedades visuais. Os arquivos QML compartilhados contém todas as informações necessárias para reproduzir o estilo das camadas que foram criadas nesta pesquisa em outros projetos do QGIS.

O link para acesso dos símbolos disponibilizados é [https://github.com/Labgeolivre-UFPR/Open\\_Carto\\_Symbols/tree/master/GIT\\_Open\\_Carto\\_Symbols\\_Bastos2023](https://github.com/Labgeolivre-UFPR/Open_Carto_Symbols/tree/master/GIT_Open_Carto_Symbols_Bastos2023).

## 3.4 IMPLEMENTAÇÃO DAS CAMADAS SIMBOLIZADAS

Esta etapa do trabalho descreve como foram implementados os três diferentes métodos de disponibilização de dados geoespaciais para consumo em aplicações *web* abordados nesta pesquisa, a fim de, posteriormente, analisar suas possíveis vantagens e desvantagens.

Além dos arquivos da base cartográfica contínua do Estado do Rio de Janeiro na escala 1:25.000 no formato *shapefile*, empregados para a construção do projeto gráfico na etapa anterior, foi utilizado o arquivo *dump* da base RJ25, também disponível para download através do Portal do IBGE na internet.

Um arquivo *dump* é um backup que contém todo o conteúdo do banco de dados, incluindo tabelas, esquemas, dados espaciais e metadados. Ele carrega todas as informações necessárias para recriar o banco de dados em sua totalidade, permitindo a restauração dos dados.

Deste modo, o arquivo *dump* foi restaurado para a criação de um novo banco de dados, armazenado em um servidor no Laboratório Geoespacial Livre do Departamento de Geomática, utilizando o software pgAdmin 4 v7 e o PostGIS, uma extensão espacial para o PostgreSQL.

### 3.4.1 Simbolização no Servidor

#### 3.4.1.1 Camada a partir de Serviço WMS

Com as informações da base cartográfica armazenados no Sistema Gerenciador de Banco de Dados PostgreSQL, com extensão PostGIS, a configuração do serviço WMS foi realizada utilizando o GeoServer versão 2.23.0. Para isso, foi necessário instalar e configurar o servidor WMS e conectá-lo ao banco de dados PostGIS, fornecendo as informações de conexão necessárias.

Após a configuração do servidor WMS as classes selecionadas para serem publicadas e disponibilizadas através do serviço também foram configuradas. Cada classe corresponde a uma tabela ou uma consulta no banco de dados PostGIS.

Para implementar a simbologia de representação visual de cada classe, foram criados os estilos em formato SLD. Estes arquivos permitem especificar como os elementos de cada classe devem ser apresentados, incluindo tom de cores, símbolos pictóricos, dimensões, estilos, espessuras de linha, entre outros. Os estilos empregados foram os definidos durante a etapa do preparo da simbologia, em que todas as classes foram simbolizadas no software QGIS.


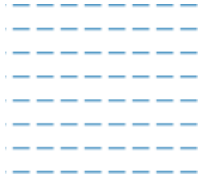
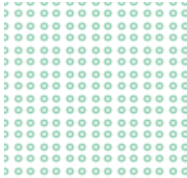
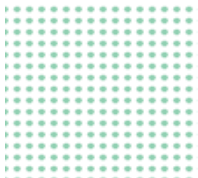
O software QGIS tem como uma de suas funcionalidades a possibilidade de exportar os estilos criados para o formato SLD. Essa opção foi utilizada a fim de auxiliar na geração da simbologia das classes para uso no GeoServer. No entanto, foram detectadas algumas discrepâncias e diferenças na configuração dos estilos quando a exportação do QGIS para o formato SLD foi realizada.

Embora o SLD seja um formato padrão, diferentes implementações de software podem interpretá-lo de maneira ligeiramente diferente. É provável que o QGIS e o GeoServer tenham algumas divergências na interpretação de certos elementos do SLD, o que resultou em diferenças na visualização. Alguns estilos criados no QGIS, principalmente os que fazem uso de recursos como marcadores ou texturas, não foram suportados pelo GeoServer, e a simbologia projetada não foi reconhecida.

Sendo assim, na maioria dos casos foi necessário edições nos arquivos SLD para garantir a representação consistente dos dados, conforme foram construídos no projeto gráfico.

Embora o SLD forneça diversas opções de estilização, pode haver algumas limitações em relação a estilos visuais mais avançados ou complexos. Alguns efeitos gráficos não são suportados diretamente pelo SLD, tendo que ser feitas algumas adaptações na simbologia em relação ao projeto gráfico. O QUADRO 19 mostra, como exemplo desta dificuldade, as simbolizações para as camadas “Terreno Sujeito a Inundação” e “Vegetação Cultivada” criadas baseadas nas convenções cartográficas do Manual Técnico T 34-700 e a implementada em SLD.

QUADRO 19 – IMPLEMENTAÇÃO DE ESTILO EM SLD

	<i>Manual Técnico T 34-700</i>	<i>Implementação SLD</i>
<b>Terreno Sujeito a Inundação</b>		
<b>Vegetação Cultivada</b>		

FONTE: O autor (2023).

Após a configuração das classes e do estilo SLD, o serviço WMS foi publicado no servidor. Para proporcionar acesso a esse serviço WMS e visualizá-lo como um *webmap* foi desenvolvido um cliente WMS, ou seja, uma interface na qual o usuário pode visualizar e interagir com o mapa. A biblioteca escolhida para a criação da interface foi o *OpenLayers*.

Os arquivos de estilo SLD gerados para as 33 classes selecionadas nesta pesquisa foram compartilhados no Github do Laboratório Geoespacial Livre da Universidade Federal do Paraná.

O link para acessar os arquivos SLD disponibilizados é: [https://github.com/Labgeolivre-UFPR/Open\\_Carto\\_Symbols/tree/master/GIT\\_Open\\_Carto\\_Symbols\\_Bastos2023](https://github.com/Labgeolivre-UFPR/Open_Carto_Symbols/tree/master/GIT_Open_Carto_Symbols_Bastos2023).

### 3.4.2 Simbolização no Cliente

#### 3.4.2.1 Camada a partir de arquivos GeoJSON

Para a realização deste método foi utilizado o *plugin* *qgis2web*, disponível no software QGIS. Este *plugin* tem a finalidade de simplificar o processo de criação de um *webmap*, fazendo a exportação do projeto no QGIS utilizando as bibliotecas *OpenLayers*, *Leaflet* ou *MapboxGL*. Para atender esta pesquisa, foi escolhida a biblioteca *OpenLayers*, visto que os resultados gerados pelos três métodos de publicação dos dados serão exibidos e comparados utilizando esta biblioteca.

Com as feições já simbolizadas no software QGIS, oriundas do trabalho executado na etapa do preparo da simbologia, o próximo passo foi exportar o projeto como um *webmap*, utilizando o *plugin* *qgis2web*.

Os dados utilizados para geração do *webmap* são no formato GeoJSON, que é um formato de intercâmbio de dados baseados na notação JavaScript Object Notation (JSON), gerados pelo *plugin* no momento da exportação do projeto. Neste formato vetorial, a renderização acontece somente quando requisitada por um cliente, *OpenLayers* por exemplo, e não pelo servidor *web*.

O *plugin* *qgis2web* exporta todos os dados e configurações criadas no projeto QGIS. Além disso, são criados arquivos para permitir a visualização do *webmap* a partir de um navegador de internet.

As principais pastas e arquivos criados pelo *plugin* no momento da exportação são:

- *index*: é o arquivo que serve como ponto de partida para o mapa interativo. Ele contém o código HTML (HyperText Markup Language) necessário para exibir o mapa em um navegador da *web*. O HTML inclui referências aos outros arquivos criados pelo *qgis2web*, como os arquivos CSS (Cascading Style Sheets), JavaScript, além de referenciar arquivos da biblioteca do *OpenLayers*, usados para renderizar e interagir com o mapa na interface do navegador;
- *styles*: esta pasta contém os arquivos de estilo (CSS) que são usados para definir a aparência visual das camadas do mapa. Dentro da pasta se

encontram um arquivo para cada camada do projeto QGIS exportado. Os arquivos CSS fornecem as regras de estilo e formatação para as feições, permitindo que elas sejam renderizadas corretamente no mapa interativo. Nesta pasta também são guardados outros arquivos e subpastas relacionados a imagens personalizadas, como é o caso das imagens SVG com os símbolos pictóricos;

- layers: nesta pasta estão guardados os dados geoespaciais do projeto QGIS que foram exportados em um formato GeoJSON e que pode ser lido e visualizado pelo mapa interativo.

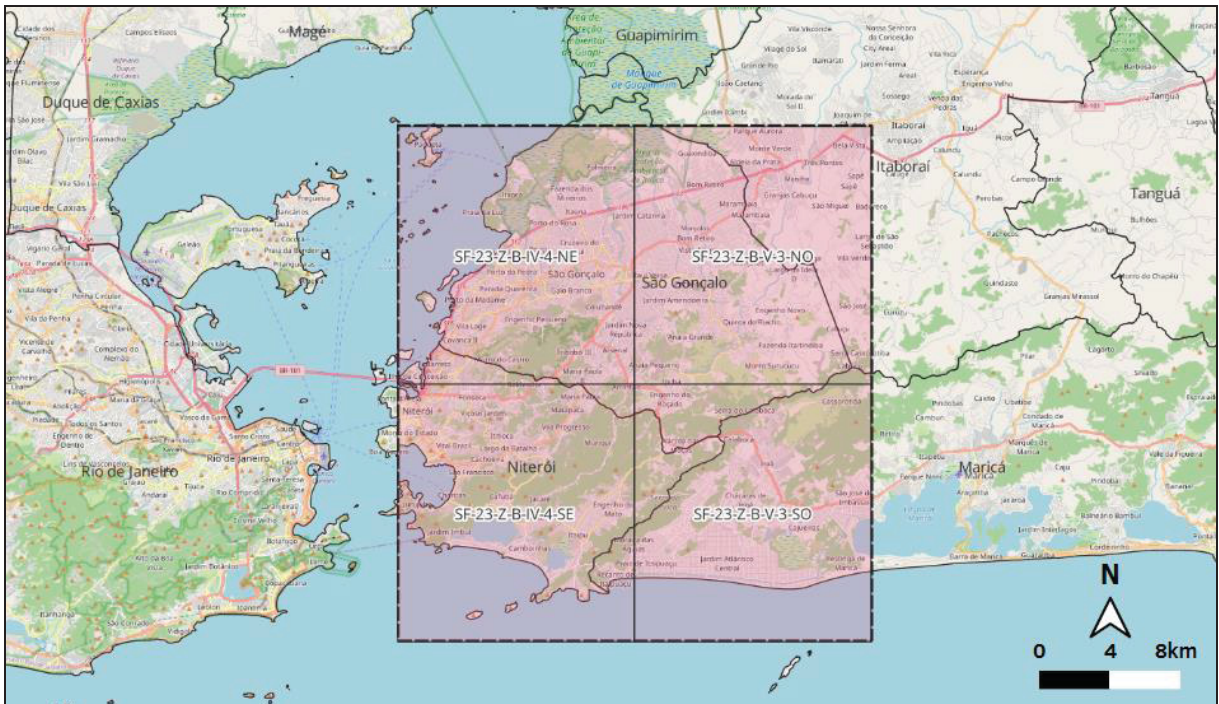
Embora o tamanho dos arquivos GeoJSON sejam minimizados durante a exportação, ou seja, são removidos espaços em branco, quebras de linha e outros caracteres desnecessários, eles ainda resultam em um conjunto de dados extremamente pesado. Esse conjunto de dados, gerados para as 33 classes selecionadas nesta pesquisa e abrangendo toda a extensão do Estado do Rio de Janeiro, possuem cerca de 3,52GB. Devido ao tamanho do conjunto de dados, o *webmap* gerado pela aplicação se tornou muito pesado, ocasionando um tempo excessivo de renderização e, por fim, em erro ao carregar a página.

Assim, para a execução deste método foi selecionada uma área menor, visando a operacionalização do estudo comparativo entre as metodologias.

A área de estudo compreendeu quatro folhas topográficas na escala 1:25.000. São elas: SF-23-Z-B-IV-4-NE - SÃO GONÇALO; SF-23-Z-B-V-3-NO - CABUÇU; SF-23-Z-B-IV-4-SE - NITERÓI; e SF-23-Z-B-V-3-SO - INOÃ. Esta área foi escolhida por concentrar todas as 33 classes selecionadas para esta pesquisa e suas representações nas três primitivas geométricas.

Conseqüentemente, quando exportado o projeto no QGIS, o tamanho dos arquivos GeoJSON para este recorte ficou com cerca de 101 MB, tornando o processamento muito mais leve e com melhor desempenho. Conseqüentemente, a renderização do mapa se tornou mais rápida e eficiente em comparação ao projeto utilizando o conjunto de dados abrangendo toda a extensão do Estado do Rio de Janeiro.

FIGURA 26 – ÁREA DE ESTUDO PARA O MÉTODO DE SIMBOLIZAÇÃO NO CLIENTE



FONTE: O autor (2023).

Conforme especificado na descrição do *plugin*, “o *qgis2web* faz o possível para interpretar um projeto QGIS e exportar em HTML, JavaScript e CSS com o objetivo de criar um mapa para *web* o mais próximo possível do que foi definido no projeto” (CHADWIN, s.d.). Porém, como o QGIS e a biblioteca utilizam tecnologias diferentes para a representar os estilos, alguns elementos não são representados nos *webmap* criados pelo *OpenLayers*. Em casos como esses, foi preciso formatar os códigos de estilo a serem implementados para que a simbologia se adequasse àquela definida na etapa anterior.

As edições foram executadas diretamente nos arquivos de códigos de estilos (CSS) para cada uma das camadas. Para acessar e editar esses arquivos foi utilizado o software Notepad++ v8.5.3.

Para melhor elucidar a necessidade destas edições nos arquivos de estilo, as FIGURAS 27 e 28, a seguir, apresentam o código criado imediatamente após a exportação para a classe Trecho de Drenagem e o código depois das modificações. É possível notar a diferença entre os dois arquivos, principalmente em relação à geração e posicionamento do texto.

FIGURA 27 – CÓDIGO CSS APÓS EXPORTAÇÃO

```

1  var size = 0;
2  var placement = 'point';
3
4  var style_clip_HID_Trecho_Drenagem_L_3 = function(feature, resolution){
5      var context = {
6          feature: feature,
7          variables: {}
8      };
9      var value = '';
10     var labelText = "";
11     size = 0;
12     var labelFont = "3.9000000000000004px 'Century Gothic', sans-serif";
13     var labelFill = "#045da3";
14     var bufferColor = "#ffffff";
15     var bufferWidth = 0.5;
16     var textAlign = "left";
17     var offsetX = 8;
18     var offsetY = 3;
19     var placement = 'line';
20     if (feature.get("nome") != null) {
21         labelText = String(feature.get("nome"));
22     }
23
24     function rules_hid_trecho_drenagem_l_3(feature, value) {
25         var context = {
26             feature: feature,
27             variables: {}
28         };
29         // Start of if blocks and style check logic
30         if (exp_hid_trecho_drenagem_l_3rule0_eval_expression(context)) {
31             return [ new ol.style.Style({
32                 stroke: new ol.style.Stroke({color: 'rgba(4,93,163,1.0)', lineDash: null, lineCap: 'square', lineJoin: 'bevel', width: 1}),
33                 text: createTextStyle(feature, resolution, labelText, labelFont,
34                     labelFill, placement, bufferColor,
35                     bufferWidth)
36             })];
37         }
38         else if (exp_hid_trecho_drenagem_l_3rule1_eval_expression(context)) {
39             return [ new ol.style.Style({
40                 stroke: new ol.style.Stroke({color: 'rgba(4,93,163,1.0)', lineDash: null, lineCap: 'square', lineJoin: 'bevel', width: 1}),
41                 text: createTextStyle(feature, resolution, labelText, labelFont,
42                     labelFill, placement, bufferColor,
43                     bufferWidth)
44             }), new ol.style.Style({
45                 stroke: new ol.style.Stroke({color: 'rgba(4,93,163,1.0)', lineDash: null, lineCap: 'square', lineJoin: 'bevel', width: 1}),
46                 text: createTextStyle(feature, resolution, labelText, labelFont,
47                     labelFill, placement, bufferColor,
48                     bufferWidth)
49             })];
50         }
51         else {
52             return [];
53         }
54     }
55     var style = rules_clip_HID_Trecho_Drenagem_L_3(feature, value);
56     ;
57
58     return style;
59 }
60

```

FONTE: O autor (2023).

FIGURA 28 – CÓDIGO CSS APÓS ALTERAÇÕES

```

1   var size = 0;
2   var placement = 'point';
3   function categories_clip_HID_Trecho_Drenagem_L_3(feature, value, size, resolution, labelText,
4     labelFont, labelFill, bufferColor, bufferWidth,
5     placement) {
6     switch(value.toString()) {case 'Permanente':
7     return [ new ol.style.Style({
8     stroke: new ol.style.Stroke({color: '#045da3', lineDash: null, lineCap: 'square', lineJoin: 'bevel', width: 1.5}),
9     text: createTextStyle(feature, resolution, labelText, labelFont,
10    labelFill, placement, bufferColor,
11    bufferWidth)
12    });
13    break;
14    case 'Temporário':
15    return [ new ol.style.Style({
16    stroke: new ol.style.Stroke({color: '#045da3', lineDash: [8,3,1,3], lineCap: 'square', lineJoin: 'bevel', width: 1.2}),
17    text: createTextStyle(feature, resolution, labelText, labelFont,
18    labelFill, placement, bufferColor,
19    bufferWidth)
20    });
21    break;});
22
23  var style_clip_HID_Trecho_Drenagem_L_3 = function(feature, resolution){
24  var context = {
25  feature,
26  variables: {}
27  };
28  var value = feature.get("REGIME");
29  var labelText = "";
30  size = 0;
31  var labelFont = "italic bold 12.0px 'MS Shell Dlg 2', Century Gothic";
32  var labelFill = "#045da3";
33  var bufferColor = "#FFFFFF";
34  var bufferWidth = 2;
35  var placement = 'line';
36  if (feature.get("NOME") != null) {
37  labelText = String(feature.get("NOME"));
38  }
39
40  var style = categories_clip_HID_Trecho_Drenagem_L_3(feature, value, size, resolution, labelText,
41  labelFont, labelFill, bufferColor,
42  bufferWidth, placement);
43
44  return style;
45  };
46  var createTextStyle = function(feature, resolution, labelText, labelFont,
47  labelFill, placement, bufferColor,
48  bufferWidth) {
49
50  if (feature.hide || !labelText) {
51  return;
52  }
53
54  if (bufferWidth == 0) {
55  var bufferStyle = null;
56  } else {
57  var bufferStyle = new ol.style.Stroke({
58  color: bufferColor,
59  width: bufferWidth
60  });
61  }
62
63  var textStyle = new ol.style.Text({
64  font: labelFont,
65  text: labelText,
66  textBaseline: "bottom",
67  textAlign: "center",
68  placement: placement,
69  overflow: 'true',
70  maxAngle: (Math.PI / 6),
71  fill: new ol.style.Fill({
72  color: labelFill
73  }),
74  stroke: bufferStyle
75  });
76  return textStyle;
77  };

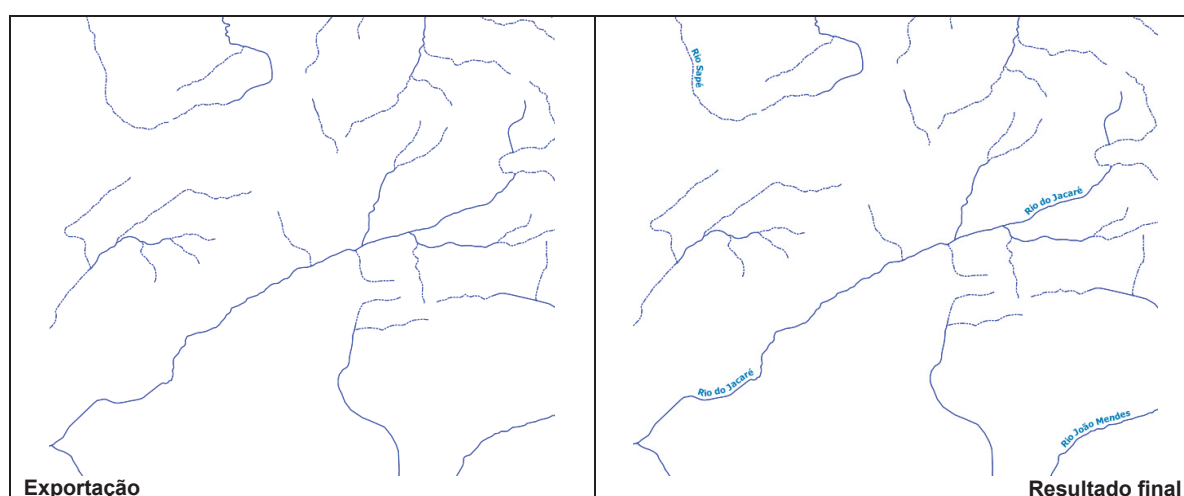
```

FONTE: O autor (2023).

A seguir são relatados alguns problemas encontrados na exportação do projeto QGIS, principalmente relativos à simbologia.

Na FIGURA 29 observa-se, dentro do limite de uma determinada região da área de estudo que foi simbolizada no QGIS, a confrontação entre a representação do trecho de drenagem que foi adquirida diretamente da exportação para o *OpenLayers*, à esquerda, e o resultado depois do tratamento no arquivo de estilização, à direita.

FIGURA 29 – TRATAMENTO DA CLASSE TRECHO DE DRENAGEM



FONTE: O autor (2023).

Nota-se que todos os elementos foram exportados a contento, e que a simbolização utilizada permaneceu a mesma da projetada. As linhas em azul e divididas entre linhas contínuas, para os casos de regime permanente, e tracejadas e com um ponto, nos casos de regime temporário.

É perceptível, porém, que os hidrônimos, ou seja, os topônimos relacionados aos trechos de drenagem, não apareceram na exportação. Além do tratamento quanto aos nomes dos trechos de drenagem, foi necessário também promover a alteração quanto à espessura das linhas, para que ficassem de acordo com o projeto gráfico. Portanto, esse é um dos casos que foi necessária a modificação do arquivo CSS.

A FIGURA 30 apresenta a representação das classes Trecho Rodoviário e Arruamento imediatamente após a exportação, à esquerda, e o resultado final após as modificações no arquivo de estilo, à direita.

Todos os elementos foram exportados a contento, mas a simbologia utilizada no QGIS não se manteve em conformidade. A classe Arruamento, por exemplo, não ficou representada com as duas linhas que a definem, não possuindo o espaçamento adequado para sua visualização.

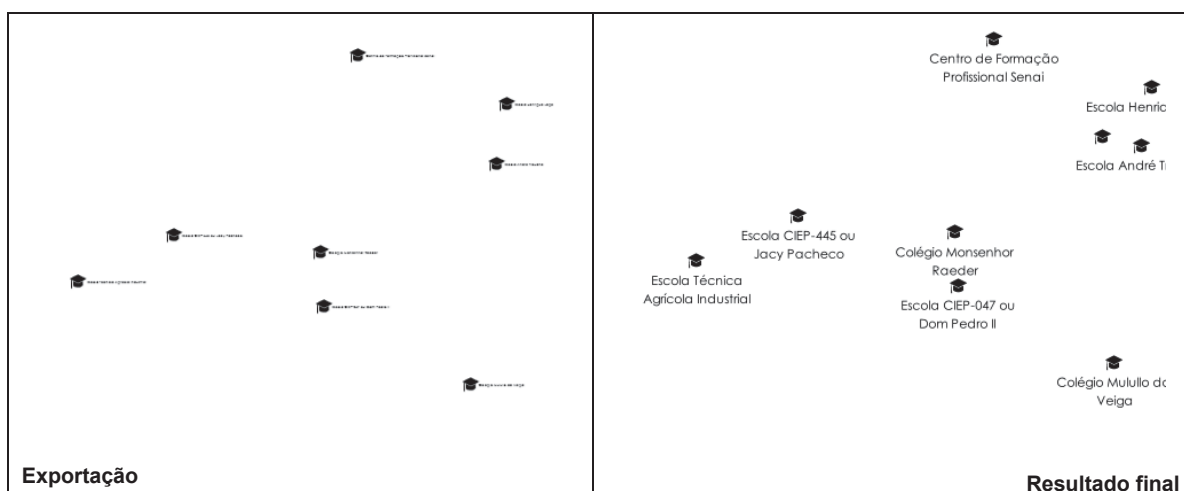
FIGURA 30 – TRATAMENTO DA CLASSE ARRUAMENTOS



FONTE: O autor (2023).

Na FIGURA 31, observa-se a confrontação entre a representação da classe Edificação de Ensino logo após a exportação e o resultado final após as modificações necessárias no arquivo CSS.

FIGURA 31 – TRATAMENTO DA CLASSE EDIFICAÇÃO DE ENSINO



FONTE: O autor (2023).

Todos os elementos foram exportados e a simbologia utilizada no QGIS para representar as edificações de ensino permaneceu a mesma. Isto já era previsto, dado que o símbolo utilizado foi um marcador SVG (Scalable Vector Graphics), tipo de arquivo que é suportado por qualquer navegador de internet, por meio de requisitos nativos ou por bibliotecas JavaScript. No momento da exportação é salvo uma cópia do arquivo SVG dentro da pasta *styles* e este arquivo é consumido pelo CSS para renderização.

Porém, os textos, assim como os símbolos relacionados às edificações de ensino, sofreram alterações quanto a sua dimensão em relação ao projetado. No preparo da simbologia o tamanho estabelecido para os textos foi definido em milímetros, porém, ao exportar o projeto, o mapa interativo gerado é baseado em uma visualização em tela, onde as unidades de medida são em pixels. Em um ambiente *web*, o tamanho dos elementos, incluindo os textos, são especificados em pixels, pois eles se adaptam dinamicamente ao tamanho da tela do usuário e ao zoom do mapa.

Dessa forma, para garantir que os textos sejam renderizados corretamente em diferentes resoluções e tamanhos de tela, o *qgis2web* faz uma conversão das unidades de medida do QGIS para pixels, levando em consideração a escala do mapa e o tamanho da tela do dispositivo em que o mapa será visualizado.

Essa conversão se revelou inexata, portanto, foi necessário revisar e ajustar as dimensões dos textos para garantir a legibilidade e aparência de acordo com o projeto gráfico.

Esse tratamento nos arquivos CSS foi necessário para todas as situações em que foram empregados símbolos pictóricos para a representação das classes que possuem feições pontuais: cemitério, extração mineral, campo ou quadra, antena de comunicação, pista ou ponto de pouso, edificação de posto da polícia rodoviária federal, edificação pública ou militar.

Quanto às feições de área, o *plugin* apresentou problemas para realizar a exportação das classes em que foram adotadas hachuras e texturas para suas representações. Isto aconteceu porque esses tipos de estilo de preenchimento requerem uma representação gráfica mais elaborada, e o *OpenLayers* não oferece suporte nativo para sua renderização.

As classes que foram definidas com este tipo de simbologia, descritas no item 3.3.3 desta pesquisa e apresentadas no QUADRO 11, são as seguintes:

Elemento Fisiográfico Natural / Praia, Elemento Fisiográfico Natural / Rocha, Terreno Sujeito a Inundação, Brejo ou Pântano, Campo, Mangue, Vegetação Cultivada e Vegetação Restinga.

Para todas estas situações também foi preciso formatar os códigos de estilo a serem implementados, com o propósito de adequar a simbologia conforme definida anteriormente. Dado que não foi encontrada uma maneira de criar esses tipos de texturas e hachuras de forma programática através da biblioteca *OpenLayers*, a solução encontrada foi através do fornecimento de imagens. Ou seja, as texturas e hachuras foram capturadas através de *screenshots* da tela do QGIS e salvas em arquivos separado no formato PNG. Estes arquivos são consumidos e renderizados no momento da solicitação do mapa no navegador.

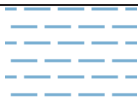

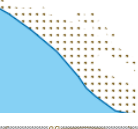





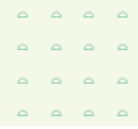



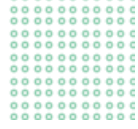

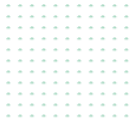

Uma vez que estas feições de áreas foram estilizadas com um padrão de imagem, acabou ocasionando problemas de desempenho e, até mesmo, de carregamento incompleto do *webmap*.

Em virtude disso, para este método foram criadas duas camadas a partir de arquivos GeoJSON, com o objetivo principal de comparar a eficiência e o desempenho da renderização dos mapas. A primeira, com as feições de áreas com o padrão de preenchimento com texturas e hachuras, estilizadas através de padrão de imagem, e a segunda com cores sólidas.

Ressalta-se que a cores que foram empregadas neste segundo mapa gerado através da abordagem utilizando arquivos GeoJSON, não foram testadas quanto à sua adequação, e não são objetos desta pesquisa. A criação deste mapa com cores sólidas foi apenas com a finalidade de comparar o desempenho da renderização entre o uso de simbologias simples ou mais complexas.

O QUADRO 20, a seguir, apresenta a simbologia de área implementada para ambas camadas.

QUADRO 20 – SÍMBOLOGIA DAS FEIÇÕES DE ÁREAS

<b>FEIÇÃO</b>	<b>TEXTURA e HACHURA</b>	<b>COR SÓLIDA</b>	<b>CÓDIGO HEX cor sólida</b>
Terreno Sujeito a Inundação			#F2FFFF
Elemento Fisiográfico Natural / Praia			#BBB6A6
Elemento Fisiográfico Natural / Rocha			#91A1A6
Brejo ou Pântano			#96CECC
Campo			#F3FBE9
Mangue			#E6E5FF
Vegetação Cultivada			#7FFF7F
Vegetação Restinga			#E1FFF0

FONTE: O autor (2023).

Os resultados finais obtidos na geração das duas camadas para este método foram compartilhados no Github do Laboratório Geoespacial Livre da Universidade Federal do Paraná.

O link para acessar as pastas e arquivos disponibilizados é: [https://github.com/Labgeolivre-UFPR/Open\\_Carto\\_Symbols/tree/master/GIT\\_Open\\_Carto\\_Symbols\\_Bastos2023/Simboliza%C3%A7%C3%A3o%20no%20Cliente](https://github.com/Labgeolivre-UFPR/Open_Carto_Symbols/tree/master/GIT_Open_Carto_Symbols_Bastos2023/Simboliza%C3%A7%C3%A3o%20no%20Cliente)

### 3.4.2.2 Camada a partir de Vector Tiles

Diferentemente do serviço WMS utilizado no primeiro método, e que tem como saída padrão de imagens georreferenciadas para apresentação do mapa, o Geoserver oferece também o serviço WMTS. Essa é uma forma de disponibilizar o mapa em forma de mosaico, ou seja, em vez de apresentar uma imagem completa do mapa, ele divide a imagem em tamanhos menores, chamados *tiles*.

O GeoServer também suporta o formato de saída para *vector tiles* através do serviço WMTS, necessitando apenas da instalação de uma extensão chamada “Geoserver Vector Tiles”. A diferença é que, ao invés de utilizar mosaicos em formato de imagem, os mosaicos serão formados por blocos de dados vetoriais. Portanto, para a execução deste terceiro método, foi utilizado o Geoserver para produzir os *vector tiles*.

A partir do GeoServer podem ser produzidos os *vector tiles* em três diferentes formatos: GeoJSON, TopoJSON e MapBox Vector (MVT). Todos estes formatos são suportados pelo *OpenLayers*. Nesta pesquisa foi utilizado o formato MVT, recomendado por ser um formato binário eficiente e amplamente suportado por quase todos os aplicativos.

Nesta abordagem, foram utilizados os mesmos dados da base cartográfica que já haviam sido armazenados no PostGIS, conforme a descrição do primeiro método, que empregou o serviço WMS.

Apesar dos *vector tiles* serem produzidos a partir do GeoServer, eles não possuem informações de estilo atribuídas, não sendo possível utilizar os arquivos no formato SLD para aplicação da simbologia. Desta forma, foi preciso criar arquivos de estilos CSS para cada uma das classes.

Nos testes realizados para aplicação da simbologia contendo texturas e hachuras nas feições de área, o mapa se tornou muito pesado, acarretando no seu travamento e impossibilitando a sua visualização. Portanto, para este método foi criada apenas a camada utilizando cores sólidas para aplicação da simbologia das feições áreas.

Por fim, foi utilizada a biblioteca *OpenLayers* para a exposição dos dados gerados neste método, com o objetivo de promover a comparação com os resultados dos métodos anteriores.

Os arquivos obtidos na geração da camada para este método foram compartilhados no Github do Laboratório Geoespacial Livre da Universidade Federal do Paraná. O link para acessar a pasta e arquivos disponibilizados é:

<https://github.com/Labgeolivre->

[UFPR/Open\\_Carto\\_Symbols/tree/master/GIT\\_Open\\_Carto\\_Symbols\\_Bastos2023/Simboliza%C3%A7%C3%A3o%20no%20Cliente](https://github.com/Labgeolivre-UFPR/Open_Carto_Symbols/tree/master/GIT_Open_Carto_Symbols_Bastos2023/Simboliza%C3%A7%C3%A3o%20no%20Cliente)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta pesquisa, o objetivo foi explorar diferentes abordagens para a distribuição de dados de uma base cartográfica através da *web*. Foram consideradas duas formas distintas em relação ao local onde ocorre o processo de simbolização, ou seja, quando são definidos os estilos, cores e símbolos dos elementos. As possibilidades são a simbolização no servidor, também conhecida como *back-end*, e a simbolização no cliente, também chamada de *front-end*.

Quando a simbolização é feita no *back-end*, a definição dos estilos dos elementos do mapa é realizada no servidor antes de serem enviados ao cliente. Essa abordagem é comum em serviços como o WMS, onde as imagens *raster* são renderizadas no servidor e a simbologia já é definida. Como todo o processamento ocorre no servidor, o navegador do usuário apenas exibe as imagens resultantes, reduzindo os requisitos de desempenho do usuário.

Por outro lado, quando a simbolização é feita no *front-end*, a definição dos estilos dos elementos do mapa acontece no navegador da *web* do usuário. A vantagem esperada para essa abordagem é que o carregamento das informações se torne mais rápido, já que a simbolização é realizada diretamente no navegador.

### 4.1 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS

Com o objetivo de promover a comparação entre os diferentes métodos de publicação de arquivos na *web* adotados nesta pesquisa, foi desenvolvido um *webmap* interativo utilizando a biblioteca *OpenLayers*. Foram considerados alguns parâmetros para a comparação dos métodos, permitindo uma análise em relação à estrutura e volume dos dados, eficiência e desempenho no processamento e renderização dos mapas, flexibilidade para alterações e interações por parte do usuário, bem como a qualidade gráfica das representações.

#### 4.1.1 Estrutura, Volume dos Dados e Renderização dos Mapas

A comparação da estrutura e do volume dos dados empregando-se métodos e tecnologias diferentes é importante para a avaliação da eficiência e do

desempenho de cada abordagem. Com o objetivo de compreender o desempenho do processamento no contexto da renderização dos conteúdos do *webmap* interativo que foi criado para esta pesquisa, julgou-se necessário avaliar principalmente o tamanho e a complexidade dos dados trafegados. Porém, também deve-se levar em conta o servidor utilizado, além da conexão e da capacidade de processamento do dispositivo que está consumindo os dados no lado do cliente.

Os testes de desempenho foram realizados em localhost, utilizando o mesmo equipamento e conexão de internet.

#### Equipamento:

- Fabricante do sistema: Dell Inc.
- Modelo do sistema: Inspiron 5590
- Processador: Intel(R) Core(TM) i5-10210U CPU @ 1.60GHz 2.11 GHz
- RAM instalada: 8,00 GB (utilizável: 7,79 GB)
- Placa Gráfica: Intel(R) UHD Graphics
- Tipo de sistema: Sistema operacional de 64 bits, processador baseado em x64

#### Conexão Internet:

- Velocidade Download: 200 Mbps
- Velocidade Upload: 200 Mbps
- Latência: 12 ms

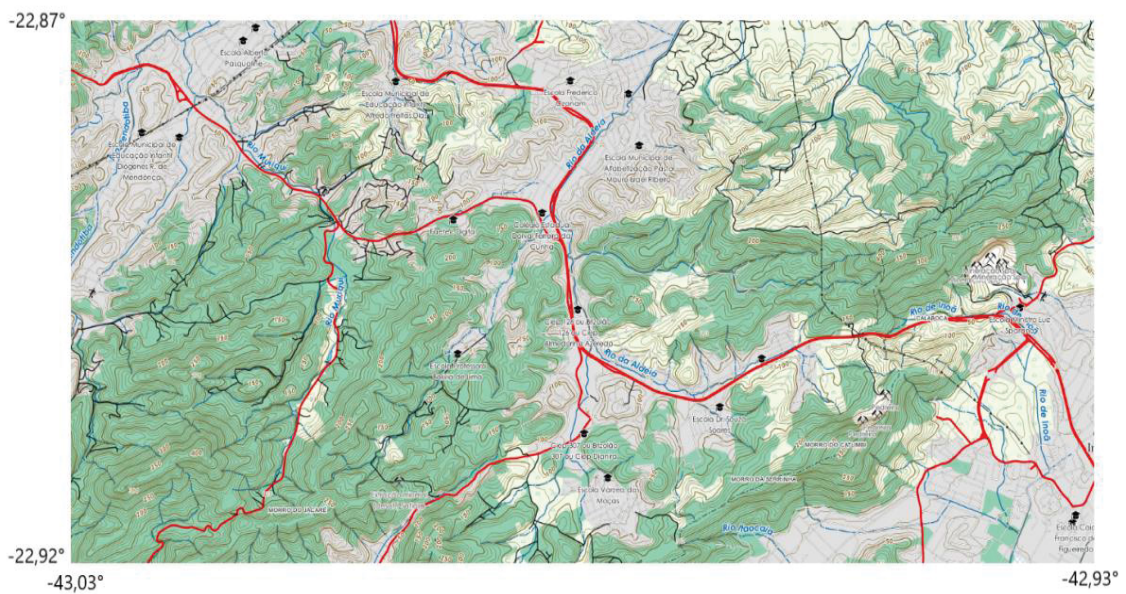
Para medir o desempenho de tempo de renderização e o volume de dados trafegados para cada uma das camadas, foi utilizada a ferramenta de inspeção de elemento integrada ao navegador Google Chrome. Essa ferramenta permite examinar e analisar os códigos HTML, CSS e JavaScript da página, assim como, monitorar o tráfego de rede.

Com o objetivo de determinar qual camada possui a renderização mais eficiente, é importante que todas as camadas apresentem a mesma região do mapa interativo. Isso significa que as quatro camadas apresentam exatamente a mesma área geográfica, com o mesmo nível de zoom. Dessa forma, qualquer diferença na eficiência de renderização entre as camadas pode ser atribuída a fatores intrínsecos

de cada uma delas e não a diferenças nas áreas de cobertura ou complexidade do mapa.

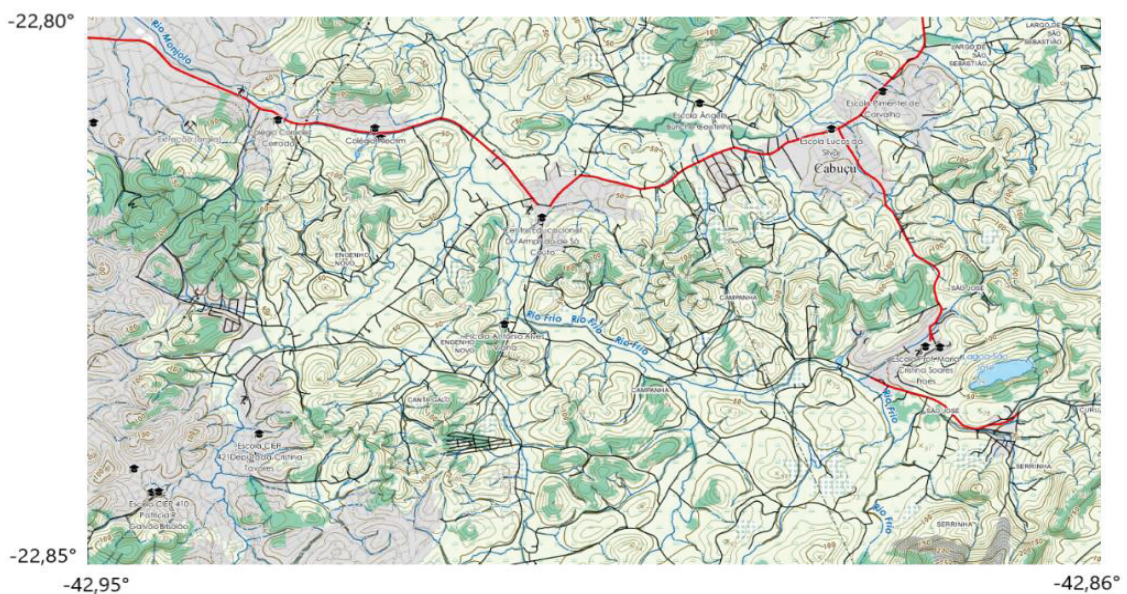
Foram definidas duas áreas de testes, tomando o cuidado para que elas compreendessem o máximo de classes possível e abrangendo todas as primitivas geométricas. Foram realizadas cinco execuções do teste para cada área e para cada camada, a fim de calcular as médias de tempo de renderização e garantir resultados mais confiáveis.

FIGURA 32 – ÁREA 1 UTILIZADA PARA O TESTE DE DESEMPENHO



FONTE: O autor (2023).

FIGURA 33 – ÁREA 2 UTILIZADA PARA O TESTE DE DESEMPENHO



FONTE: O autor (2023).

No primeiro método empregado, em que a camada foi criada utilizando o GeoServer e os dados disponibilizados através de WMS, o serviço retorna a camada como imagem, em um formato PNG. Desta maneira, a estrutura dos dados é mais complexa quando comparada aos outros métodos, uma vez que inclui várias camadas matriciais.

Na FIGURA 34 é apresentado, como exemplo, o resultado de um dos testes de performance de tempo e do volume de dados transferidos para a camada WMS.

FIGURA 34 – DESEMPENHO DA CAMADA WMS

Name	Stat...	Type	Initiator	Size	Time	Waterfall	
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	2.8 ...	16 ...		
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	2.8 ...	21 ...		
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	5.2 ...	22 ...		
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	2.9 ...	14 ...		
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	2.9 ...	35 ...		
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	2.9 ...	39 ...		
<input checked="" type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	134...	30...		
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	40...	68 ...		
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	2.9 ...	33 ...		
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	2.9 ...	37 ...		
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	7.5 ...	24 ...		
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	2.8 ...	22 ...		
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	2.8 ...	41 ...		
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	2.8 ...	17 ...		
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	2.8 ...	17 ...		
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	5.6 ...	22 ...		
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	2.8 ...	18 ...		
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	2.9 ...	17 ...		
<input type="checkbox"/> wms?service=W...	200	png	TileImage...	2.8 ...	14 ...		
917 requests				7.4 MB transferred	8.1 MB resources	Finish: 14.69 s	DOMContentLoaded:

WMS

Solicitações: 917

Volume de Dados: 7,4 MB

Recursos: 8,1 MB

Tempo de Carregamento: 14,69 s

FONTE: O autor (2023).

O desempenho do WMS foi satisfatório para o conjunto de dados trabalhados, porém, com um volume maior de dados a renderização em tempo real pode se tornar mais lenta. Além disso, como neste método a simbolização é feita no servidor, ou seja, a imagem é gerada e enviada para o cliente, quando houver mais solicitações de imagem, consequentemente haverá uma piora deste desempenho.

Para o segundo método, onde foi utilizado o formato GeoJSON, os dados são transmitidos como arquivos vetoriais entre o servidor e o cliente. A estrutura dos dados é relativamente simples, visto que o GeoJSON é um formato bastante direto para representar geometrias e atributos. Apesar disso, o tamanho do conjunto de arquivos necessários para execução do *webmap* é muito grande, resultando em demora no carregamento da página.

Para esta área de estudo foram criadas duas camadas. A primeira, com as feições de áreas com o padrão de preenchimento com texturas e hachuras,

estilizadas através de padrão de imagem, e a segunda com cores sólidas. Ambas possuem um volume de dados com cerca de 107 MB, porém com tempo de carregamento distintos. Nas FIGURAS 35A e 35B são apresentados exemplos de resultados das performances de tempo atingidas para estas duas camadas.

FIGURA 35A E 35B – DESEMPENHO DAS CAMADAS COM GEOJSON

Name	Status	Type	Initiator	Size	Time	Waterfall
clip_VEG_Veg_Culti...	200	script	index.html	1.7 kB	149 ...	
clip_EDU_Campo_...	200	script	index.html	2.6 kB	149 ...	
clip_ADM_Posto_P...	200	script	index.html	1.2 kB	149 ...	
clip_VEG_Veg_Resti...	200	script	index.html	1.7 kB	149 ...	
clip_REL_Rocha_A...	200	script	index.html	1.7 kB	149 ...	
layers.js	200	script	index.html	58.2...	149 ...	
Autolinker.min.js	200	script	index.html	45.4...	149 ...	
qgis2web.js	200	script	index.html	16.3...	149 ...	
VEG_Veg_Cultivada...	302	text/...	clip_VEG_Ve...	3.5 kB	88 ms	
VEG_Veg_Cultivada...	302	text/...	VEG_Veg_C...	2.7 kB	31 ms	
VEG_Veg_Cultivada...	200	png	VEG_Veg_C...	(disk...	1 ms	
VEG_Campo_A.png...	302	text/...	clip_VEG_Ca...	3.5 kB	38 ms	
VEG_Campo_A.png	302	text/...	VEG_Campo...	2.7 kB	213 ...	
VEG_Campo_A.png	200	png	VEG_Campo...	(disk...	1 ms	
REL_Rocha.png?ra...	302	text/...	clip_REL_Ro...	3.5 kB	33 ms	
REL_Rocha.png	302	text/...	REL_Rocha...	2.7 kB	25 ms	
REL_Rocha.png	200	png	REL_Rocha...	(disk...	1 ms	
poi_mine.svg	200	svg...	lconimagej...	3.1 kB	292 ...	
EDF_Edif_Ensino_2...	200	svg...	lconimagej...	4.7 kB	159 ...	
LAZ_Campo_Quad...	200	svg...	lconimagej...	8.6 kB	158 ...	
95 requests   107 MB transferred   107 MB resources   Finish: 6.62 s   DOMContentLoaded: 5.09 s						

Texturas e Hachuras

Solicitações: 95  
 Volume de Dados: 107 MB  
 Recursos: 107 MB  
 Tempo de Carregamento: 6,62 s

Name	Status	Type	Initiator	Size	Time	Waterfall
clip_LOC_Nome_L...	200	script	index.html	1.1 kB	302...	
clip_ASB_Cemiteri...	200	script	index.html	2.5 kB	302...	
clip_ADM_Edif_Pu...	200	script	index.html	2.6 kB	302...	
clip_VEG_Mangue...	200	script	index.html	931 B	111...	
clip_VEG_Campo_...	200	script	index.html	930 B	113...	
clip_VEG_Brejo_Pa...	200	script	index.html	938 B	113...	
clip_HID_Ilha_A_8...	200	script	index.html	966 B	114...	
clip_HID_Terreno...	200	script	index.html	950 B	114...	
clip_REL_Elemento...	200	script	index.html	954 B	114...	
clip_VEG_Veg_Cult...	200	script	index.html	937 B	115...	
clip_EDU_Campo_...	200	script	index.html	2.6 kB	301...	
clip_ADM_Posto_P...	200	script	index.html	1.2 kB	301...	
clip_VEG_Veg_Resti...	200	script	index.html	937 B	120...	
clip_REL_Rocha_A...	200	script	index.html	930 B	120...	
layers.js	200	script	index.html	58.2...	123...	
Autolinker.min.js	200	script	index.html	45.4...	124...	
qgis2web.js	200	script	index.html	16.3...	125...	
poi_mine.svg	200	svg...	lconimagej...	3.1 kB	292...	
EDF_Edif_Ensino_2...	200	svg...	lconimagej...	4.7 kB	174...	
LAZ_Campo_Quad...	200	svg...	lconimagej...	8.6 kB	174...	
86 requests   107 MB transferred   107 MB resources   Finish: 6.34 s   DOMContentLoaded: 6.19 s						

Cores Sólidas

Solicitações: 86  
 Volume de Dados: 107 MB  
 Recursos: 107 MB  
 Tempo de Carregamento: 6,34 s

FONTE: O autor (2023).

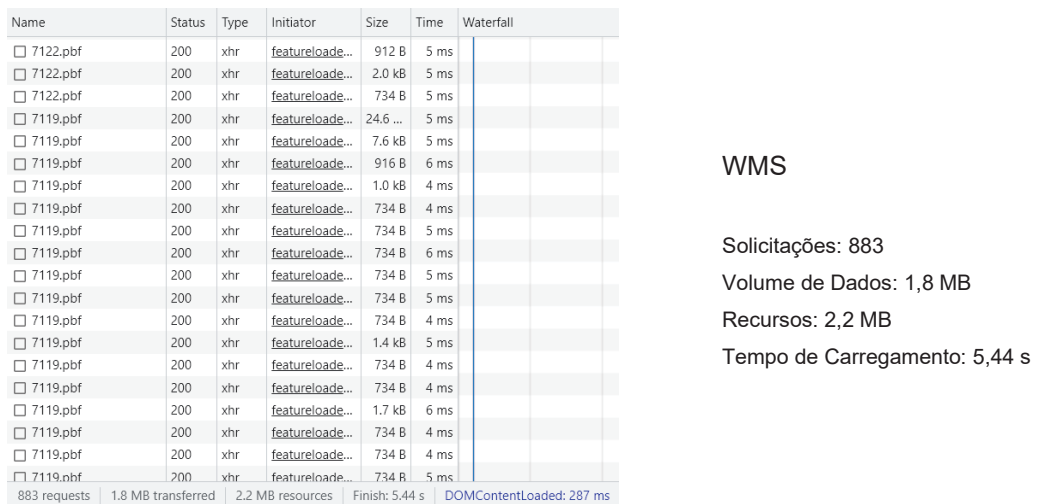
Embora os resultados de tempo de renderização empregando arquivos GeoJSON sejam menores do que o obtido no método utilizando WMS, é preciso lembrar que a área abrangida por esse método foi aproximadamente 60 vezes menor. Apesar disso, o volume de dados trafegados neste método foi cerca de 14 vezes maior do que o volume de dados do método empregando WMS.

Essa diferença ocorreu porque nesta abordagem todo o processamento e renderização dos dados são feitos no cliente, sobrecarregando o dispositivo,

especialmente quando os dados possuem muitos atributos e geometrias complexas para renderizar, como no caso dos dados utilizados nesta pesquisa.

No terceiro método, utilizando *vector tiles*, assim como no método que foi empregado arquivos GeoJSON, a estrutura dos dados também é vetorial, mas considera uma abordagem modular, com cada *tile* contendo uma pequena parte do conjunto total dos dados. Ou seja, em vez de enviar todo o conjunto de dados geoespaciais de uma vez, o *vector tiles* permite transmitir apenas os dados necessários para a visualização de uma determinada área do mapa. Desta forma, o uso de *vector tiles* resultou em uma experiência mais rápida e fluida do mapa.

FIGURA 36 – DESEMPENHO DA CAMADA VECTOR TILES



FONTE: O autor (2023).

Os *vector tiles* otimizam a transferência dos dados e reduzem a sobrecarga no cliente. Isso minimiza a quantidade de dados transferidos e processados, resultando em uma experiência de renderização mais rápida.

Além disso, o serviço WMTS, usado para a geração dos *vector tiles*, fazem uso do GeoWebCache, o que permite que os mosaicos de vetores que compõem o mapa já estejam renderizados para as áreas específicas. Dessa forma, ao navegar ou fazer zoom no mapa, a visualização é mais rápida, pois não é necessário refazer a renderização do zero.

Portanto, em termos de desempenho, este método foi considerado o mais eficiente para transmitir e renderizar os dados, tornando o processo de carregamento da página mais ágil.

Os QUADROS 21 e 22, a seguir, apresentam os resultados dos testes de desempenho realizados nas áreas 1 e 2 para todas as camadas.

QUADRO 21 – RESULTADO DOS TESTES DE DESEMPENHO – ÁREA 1

	Solicitações	Dados Transferidos	Recursos	Tempo de Renderização
<b>WMS</b>	917	7,4 MB	8,1 MB	18,8 s
				14,33 s
				12,09 s
				14,69 s
				12,98 s
				<b>14,58 s</b>
<b>GeoJSON Textura e Hachura</b>	95	107 MB	107 MB	7,29 s
				6,62 s
				6,84 s
				6,78 s
				7,69 s
				<b>7,04 s</b>
<b>GeoJSON Cores sólidas</b>	86	107 MB	107 MB	5,67 s
				6,64 s
				5,69 s
				5,51 s
				5,72 s
				<b>5,79 s</b>
<b>Vector Tiles</b>	883	1,8 MB	2,2 MB	5,44 s
				5,95 s
				5,67 s
				5,65 s
				5,93 s
				<b>5,73 s</b>

FONTE: O autor (2023).

QUADRO 22 – RESULTADO DOS TESTES DE DESEMPENHO – ÁREA 2

	<b>Solicitações</b>	<b>Dados Transferidos</b>	<b>Recursos</b>	<b>Tempo de Renderização</b>
<b>WMS</b>	765	6,3 MB	7,0 MB	16,82 s
				15,67 s
				15,35 s
				16,06 s
				15,58 s
				<b>15,89 s</b>
<b>GeoJSON Textura e Hachura</b>	95	107 MB	107 MB	6,39 s
				6,88 s
				6,72 s
				6,86 s
				7,69 s
				<b>6,91 s</b>
<b>GeoJSON Cores sólidas</b>	86	107 MB	107 MB	5,72 s
				5,98 s
				5,92 s
				5,76 s
				5,78 s
				<b>5,83 s</b>
<b>Vector Tiles</b>	741	1,4 MB	1,9 MB	5,92 s
				5,04 s
				5,65 s
				4,91 s
				4,74 s
				<b>5,25 s</b>

FONTE: O autor (2023).

Os valores de dados transferidos, apresentados no quadro anterior, se referem à quantidade de informações que são enviadas pela plataforma do mapa interativo para o cliente, ou seja, o dispositivo do usuário. Os recursos referem-se aos elementos que compõem a apresentação visual do mapa e suas funcionalidades interativas.

Ambos são importantes para garantir uma eficiência ao utilizar o mapa interativo, pois esses aspectos podem afetar o tempo de carregamento e o consumo de dados do usuário.

Através do teste de desempenho ficou demonstrado que o uso de *vector tiles* alcançou valores reduzidos para a transferência de dados e recursos utilizados

em comparação com as camadas construídas com WMS e GeoJSON. Isso ocorreu pela natureza do formato *vector tiles* onde apenas os dados dentro da visualização do mapa em tela e no nível de zoom aplicado precisam ser transferidos.

#### 4.1.2 Interações do Usuário

Quanto à possibilidade de o usuário realizar interações com o mapa foram encontradas diferenças entre os três métodos (WMS, arquivos GeoJSON e Vector Tiles).

O WMS oferece uma interação mais limitada ao usuário. Como os mapas são fornecidos como imagens estáticas do servidor para o cliente, a interação é restrita a ações básicas. Embora não seja possível interagir com elementos individuais do mapa para obter informações detalhadas, é possível recuperar as informações do WMS através de conexão com o pixel da imagem, utilizando a operação *GetFeatureInfo*, desta forma as informações podem ser obtidas pelo cliente através de janela pop-up.

Os métodos com as camadas geradas a partir de arquivos GeoJSON e Vector Tiles permitem interações mais avançadas do usuário. Como os dados são transferidos em formato vetorial, é possível interagir diretamente com objetos individuais no mapa.

Assim como o método anterior, é possível obter informações através de janelas pop-up, mas para estes casos a interação ocorre individualmente com os elementos dos mapas. Além disso, os mapas produzidos por meio de vetores possibilitam que o usuário possa pesquisar locais específicos, endereços ou pontos de interesse diretamente no mapa, traçar rotas de um local para outro e até mesmo criar animações de dados temporais, por exemplo, ou do sentido da correnteza de um curso d'água.

Por fim, as interações disponíveis em um mapa, seja ele WMS ou vetorial, dependerão da implementação específica e das opções que forem configuradas. Porém, os mapas interativos vetoriais, devido à natureza dos dados vetoriais, permitem uma personalização mais rica e interações mais avançadas quando comparados aos mapas WMS, limitados a imagens pré-renderizadas, o que restringe as opções de interação do usuário.

#### 4.1.3 Simbolização e Qualidade Gráfica

Nesta pesquisa, o conceito adotado para Qualidade Gráfica remete exclusivamente à qualidade visual do mapa, relacionada com o a simbologia utilizada para a representação das feições. Levou-se em conta, portanto, a clareza da comunicação cartográfica e a legibilidade do mapeamento.

Desta forma, quanto à qualidade gráfica das representações, não foram percebidas grandes variações entre os três métodos.

No método que empregou o WMS a qualidade gráfica para os mapas foi satisfatória. Porém, como as imagens são renderizadas no servidor e enviadas como imagens *raster* para o cliente, a qualidade pode ser limitada em escalas de zoom muito grandes, visto que as imagens raster não se adaptam bem a níveis de detalhe muito altos.

Ressalta-se que no serviço WMS é possível configurar as escalas de exibição. Ou seja, pode-se definir os níveis de zoom nos quais as camadas do mapa serão exibidas. Nesta pesquisa este problema não foi tratado, visto que as camadas geradas para o mapa interativo foram fixadas em um nível de zoom para visualização apenas na escala 1:25.000.

Para os arquivos GeoJSON a qualidade gráfica não depende do nível de zoom, uma vez que a sua representação é feita a partir de dados vetoriais de dados. Desta forma, a qualidade gráfica é mantida não importando a escala, pois os objetos são simbolizados diretamente no cliente.

O mesmo acontece no terceiro método, empregando *vector tiles*. Como os dados são transferidos em formato vetorial e os tiles são otimizados para renderização, a qualidade é mantida em diferentes níveis de zoom.

Quanto à simbologia aplicada, a maior diferença que pode ser relatada é referente às limitações impostas pelos arquivos de estilos SLD e CSS.

O arquivo de estilo SLD, apesar de ser uma linguagem de marcação usada propriamente para descrever a aparência de camadas geoespaciais, não oferece suporte direto a alguns efeitos gráficos. Assim sendo, as simbologias usadas para representar algumas feições de área, com texturas e hachuras, ficaram ligeiramente diferentes do que foi definido no projeto gráfico.

O arquivo CSS é uma linguagem de estilo criada propriamente para definir a apresentação de páginas e documentos HTML e XML na *web*, não sendo uma

linguagem específica para estilização de dados geoespaciais. Portanto, foram encontradas dificuldades para representar as texturas e hachuras. Duas soluções diferentes de simbologia foram adotadas para o método em que este formato de arquivo foi empregado, resultando em diferenças na visualização.

A seguir são apresentadas capturas da tela do *webmap*, com um nível de zoom próximo a escala 1:25.000, mostrando as camadas obtidas em cada método.

FIGURA 37 – CAMADA WMS (Exemplo 1)



FONTE: O autor (2023).

FIGURA 38 – CAMADA GEOJSON (TEXTURAS E HACHURAS) (Exemplo 1)



FONTE: O autor (2023).

FIGURA 39 – CAMADA GEOJSON (CORES SÓLIDAS) (Exemplo 1)



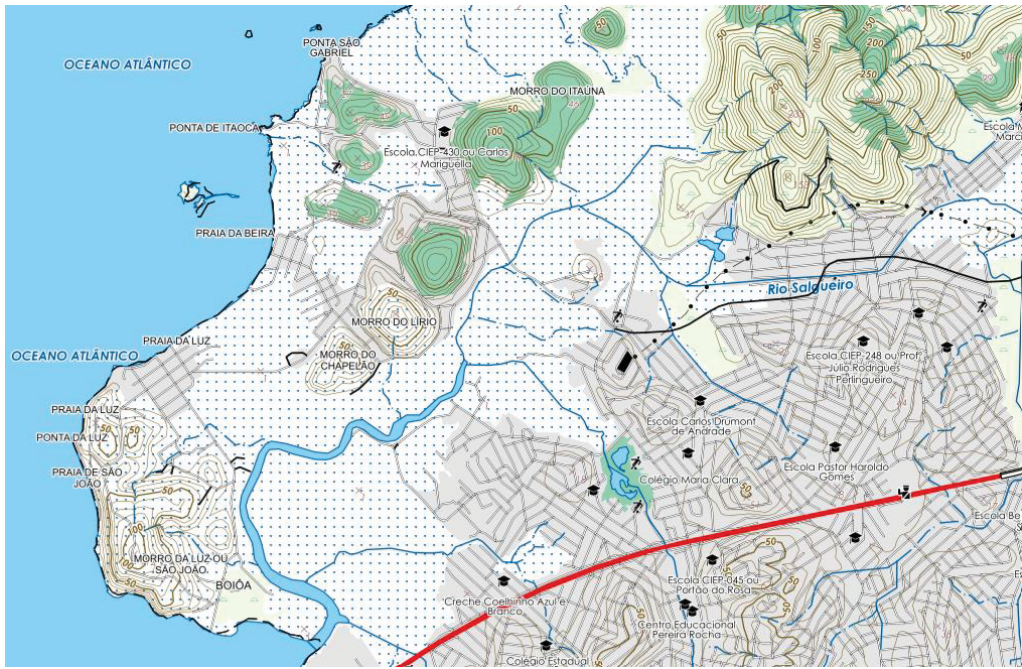
FONTE: O autor (2023).

FIGURA 40 – CAMADA VECTOR TILES (Exemplo 1)



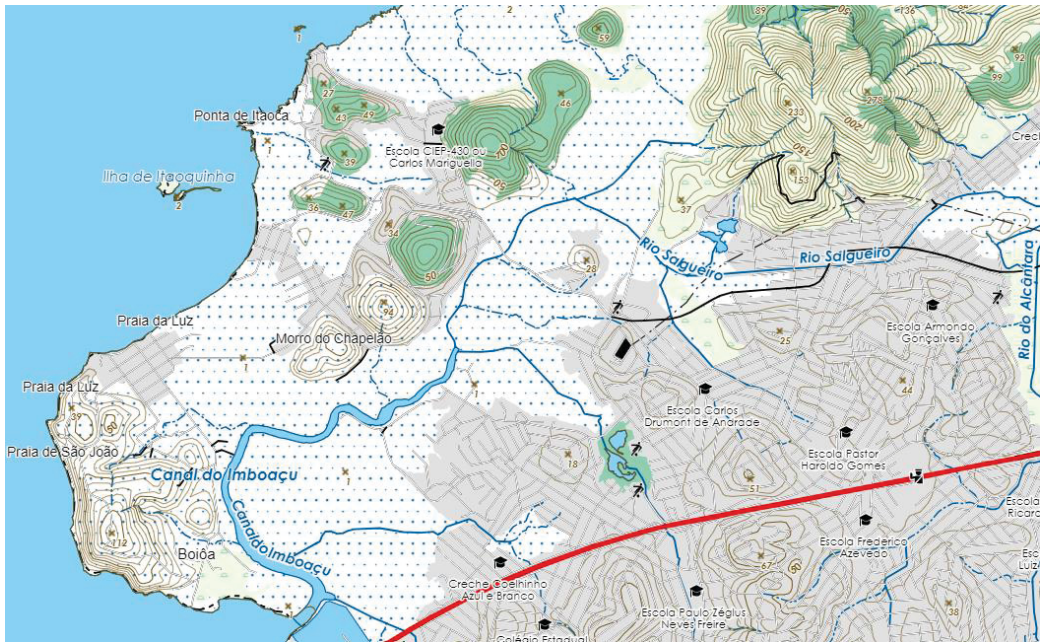
FONTE: O autor (2023).

FIGURA 41 – CAMADA WMS (Exemplo 2)



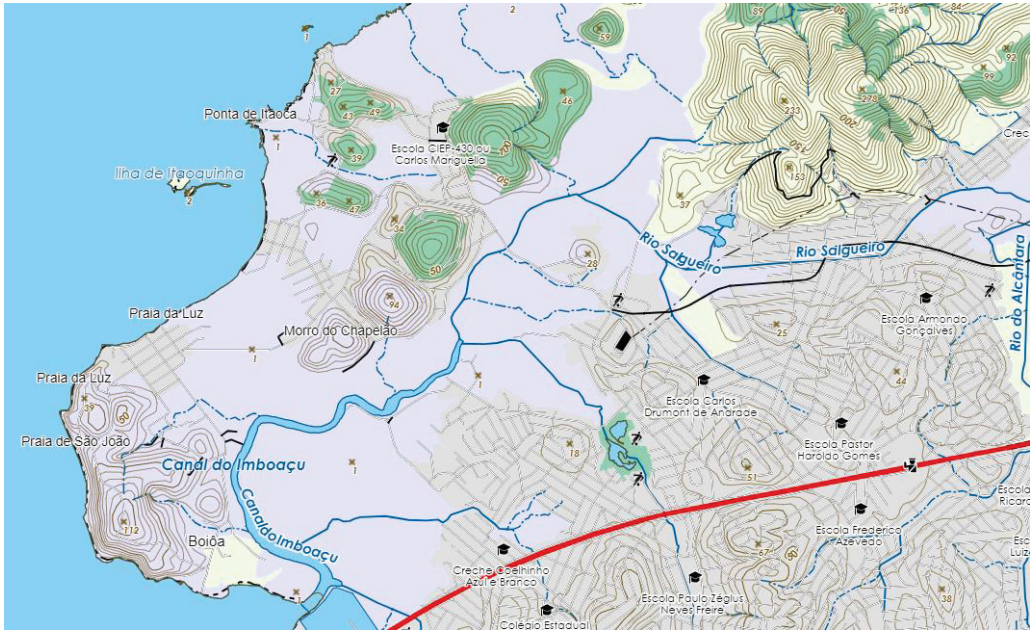
FONTE: O autor (2023).

FIGURA 42 – CAMADA GEOJSON (TEXTURAS E HACHURAS) (Exemplo 2)



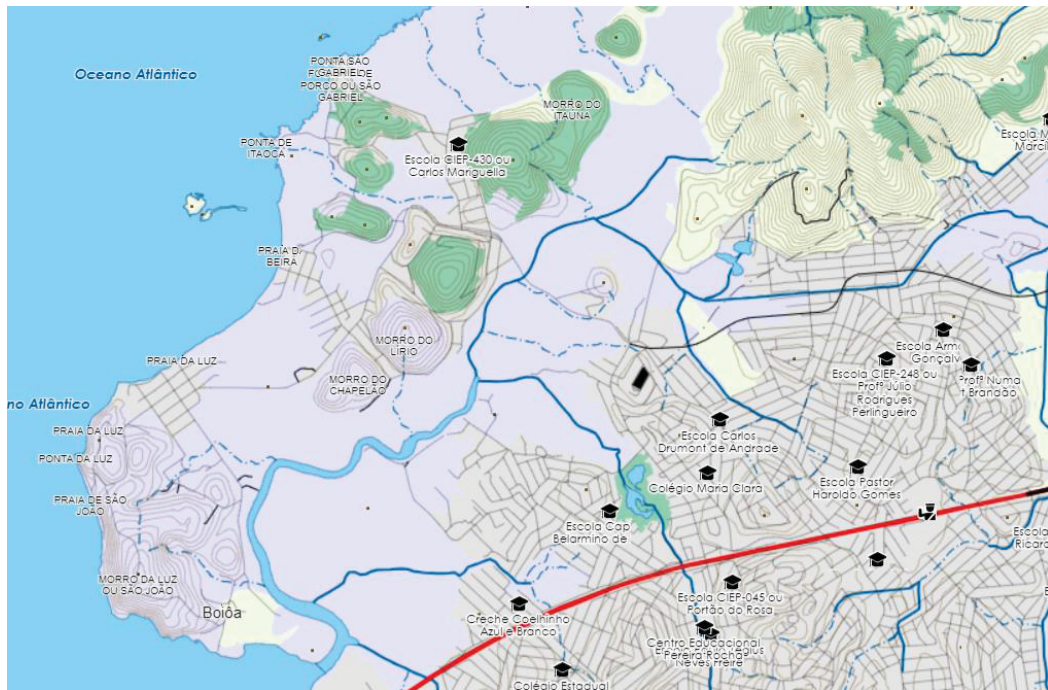
FONTE: O autor (2023).

FIGURA 43 – CAMADA GEOJSON (CORES SÓLIDAS) (Exemplo 2)



FONTE: O autor (2023).

FIGURA 44 – CAMADA VECTOR TILES (Exemplo 2)



FONTE: O autor (2023).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das mudanças no processo de construção e apresentação dos mapeamentos oficiais, uma questão fundamental é como proporcionar conhecimento aos usuários das bases cartográficas contínuas vetoriais no cenário tecnológico atual. Neste contexto, o desafio é estabelecer uma gestão e disponibilização de dados geoespaciais que permita que o público em geral, mesmo sem experiência em geoprocessamento, possa acessar e compreender as informações apresentadas. A ausência de uma solução de geoinformação eficiente e com simbolização adequada para as feições representadas é o problema central desta pesquisa.

O objetivo desta pesquisa foi comparar e analisar métodos de disponibilização e publicação de mapas topográficos na *web*, usando como insumo dados da base cartográfica vetorial contínua do Estado do Rio de Janeiro, na escala 1:25.000, produzidos pelo IBGE.

Como estes dados geoespaciais fazem parte do mapeamento topográfico de referência nacional, para a aplicação da simbologia aplicada neste trabalho foram levadas em consideração as convenções cartográficas oficiais descritas no Manual Técnico T 34-700, assim como, alguns resultados alcançados em trabalhos científicos realizados no Laboratório Geoespacial Livre do Departamento de Geomática da Universidade Federal do Paraná.

Ao comparar a simbologia empregada nos dados geoespaciais da base cartográfica RJ25, publicada através do visualizador da INDE, com as convenções cartográficas oficiais, observou-se uma inadequação na representação da maioria das feições. Neste processo, foi verificado que não há qualquer distinção na simbologia empregada para representar as diferentes classes da categoria vegetação, parecendo ter sido escolhida de forma arbitrária. Constatou-se, portanto, o uso inadequado dos símbolos e das cores no mapa publicado pela INDE, prejudicando a clareza e a legibilidade do mapa, causando dificuldade para o usuário distinguir feições e obter informações.

Para alcançar o objetivo proposto desta dissertação, foi desenvolvido um mapa interativo contendo quatro camadas de representação empregando três diferentes métodos de disponibilização de dados geoespaciais em aplicações *web*. O primeiro método utilizando o serviço WMS da OGC, o segundo método

empregando arquivos no formato GeoJSON e no terceiro método arquivos no formato *vector tiles*.

O WMS é um dos padrões da OGC mais utilizados na implementação de infraestruturas de dados espaciais, sendo o padrão adotado pela INDE na especificação dos seus serviços. Apesar de muito empregado, este modelo possui algumas limitações de uso que devem ser consideradas.

Os testes de desempenho realizados demonstraram que quando se trabalha com um volume de dados muito grande as solicitações WMS podem apresentar um desempenho lento, principalmente na renderização das camadas. Além disso, o serviço apresenta limitações de uso, pois nem todos os recursos e funcionalidades das aplicações são totalmente suportados pelos serviços WMS. Algumas funcionalidades avançadas, como consultas espaciais, interação com as feições, informações através de janela pop-up, não são disponíveis através do WMS.

O padrão SLD, especificação que permite aplicar estilos às camadas de dados geográficos em um WMS, é amplamente adotado pela OGC. Essa é uma vantagem, pois garante que seja uma solução interoperável e padronizada. Porém, embora seja uma linguagem propriamente destinada a estilizar camadas geoespaciais, alguns efeitos gráficos não foram possíveis de serem criados, como demonstrado durante essa pesquisa.

Outro problema encontrado foi que ao se fazer uso de estilos complexos para representação dos dados, há uma limitação e interferência no desempenho do serviço WMS. A implantação de estilos elaborados exige mais recursos computacionais para renderização, o que resultou em uma diminuição da velocidade de resposta do serviço.

O segundo método, utilizando arquivos vetoriais no formato GeoJSON, foi a solução que se mostrou menos adequada para a publicação de um grande volume de dados geoespaciais na *web*. Quando se considerou trabalhar com todos os dados da base cartográfica RJ25 selecionados para esta pesquisa, verificou-se que o volume gerado pelos arquivos GeoJSON ficaram muito pesados, com cerca de 3,52GB, ocasionando em falha ao abrir o mapa.

O GeoJSON, apesar de ser um arquivo de estrutura simples, armazena tanto as geometrias quanto os atributos das feições. Assim sendo, para o caso da base cartográfica RJ25 que contém muitas geometrias e muitos atributos associados a elas, o desempenho foi extremamente afetado, comprometendo a capacidade de

resposta do mapa e o tornando inutilizável. Portanto, para obtenção de resultados através deste método, optou-se por utilizar uma região de estudo com área menor, a fim de reduzir o tamanho total dos arquivos GeoJSON.

A simbolização dos dados foi feita através de arquivos CSS, um formato geralmente utilizado para estilizar páginas HTML. Devido à impossibilidade de implantação através de código das simbologias contendo texturas ou hachuras, foram criadas duas camadas para este método com o objetivo de comparar a eficiência e o desempenho da renderização. A primeira camada, que apresentou as feições de áreas estilizadas com padrões de preenchimento em texturas e hachuras usando imagens, se mostrou menos eficiente quanto o desempenho de renderização, porém em termos de aparência foi a que mais se assemelhou ao projeto gráfico planejado, assim como a camada WMS do primeiro método.

O terceiro método, utilizando a publicação por *vector tiles*, se revelou a melhor solução dentre as três abordagens. Ao contrário do WMS, onde a renderização para cada solicitação é realizada pelo servidor, os dados vetoriais são otimizados para exibição no cliente, o que permite um desempenho mais rápido da renderização do mapa.

Com o emprego de *vector tiles*, apenas as informações necessárias para a exibição do mapa no nível de zoom e área de visualização apresentados em tela são enviadas para o usuário. Os resultados do teste de desempenho indicaram que o uso de *vector tiles* reduz significativamente o tamanho de dados transferidos e os recursos, em comparação com as solicitações feitas através do serviço WMS ou com arquivos GeoJSON, o que resulta em um carregamento mais rápido do mapa.

Os resultados alcançados por essa pesquisa confirmam a necessidade de atualização dos padrões estabelecidos pela INDE para publicação dos dados geoespaciais, pois somente o método que empregou serviço WMS é considerado no seu plano de ação de 2010.

A tecnologia de *vector tiles* já é uma realidade adotada pelas grandes plataformas de mapas da *web*. No entanto, o não acompanhamento desta tendência por parte das instituições responsáveis pelo mapeamento oficial brasileiro resulta no emprego de geoserviços tradicionais, como o WMS, e sem o emprego da simbolização padronizada para este tipo de dado. É imprescindível que as instituições governamentais acompanhem essa evolução tecnológica, a fim de assegurar a eficiência e inovação das soluções de geoinformação. Dessa forma,

poderão disponibilizar à sociedade mapas topográficos com recursos avançados e interativos, propiciando a construção de conhecimento espacial para usuários da cartografia de referência.

Como proposta para trabalhos futuros, podem ser realizados testes utilizando os novos padrões criados pela OGC para compartilhamento e visualização de mapas na *web*. Estas novas especificações estão sendo desenvolvidos com base em princípios e tecnologias modernas, como arquitetura REST (Representational State Transfer) e formatos de dados interoperáveis, com o objetivo de superar limitações dos padrões convencionais, como o WMS, WFS e WMTS.

Sugere-se, também, que testes sejam realizados utilizando os mapas interativos em rede, ou seja, cliente e servidor em máquinas diferentes, e promovendo vários acessos simultâneos a fim de se avaliar o desempenho entre os métodos utilizando WMS e *vector tiles*.

Também podem ser realizados testes de percepção e leitura de mapas a fim de validar as novas simbologias produzidas durante a realização desta pesquisa, avaliando a sua adequação e aceitabilidade pelos usuários. Além disso, podem ser conduzidos estudos a respeito das diferenças entre se utilizar texturas, hachuras ou cores sólidas no preenchimento das feições de área, tanto em desempenho de renderização quanto de percepção visual dos mapas.

Outros estudos futuros que podem ser realizados são em relação às convenções cartográficas oficiais, contidas no Manual Técnico T 34-700, e sua adequabilidade ao atual contexto tecnológico. Além dos padrões de texturas adotadas na norma poderem trazer problemas no excesso de carga cognitiva para sua interpretação, o método utilizando *vector tiles* demonstrou problemas para a sua renderização.

Uma das principais dificuldades quando se trata de gerar mapas automaticamente a partir de uma base de dados geoespacial, é a manutenção da apresentação das feições conforme se tinha nos mapas tradicionais. Um exemplo prático é o posicionamento dos topônimos, que quando gerados de maneira automatizada geralmente não possui uma boa integração visual. Desta forma, outra proposta de pesquisa é que sejam executados testes de usabilidade a partir de mapas gerados desta forma.

Esta pesquisa buscou demonstrar que a utilização de novas técnicas de publicação de dados geoespaciais pode tornar a disponibilização do mapeamento

topográfico mais acessível e abrangente. Essa democratização da informação geoespacial permite que usuários de diversas áreas e níveis de conhecimento possam ter acesso a esses mapas, promovendo a construção de conhecimento cartográfico.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, R. H.; SHAPIRO, N. Z. **Design Considerations for Computer-Based Interactive Map Display Systems: A Report prepared for Defense Advanced Research Projects Agency**. Santa Monica: RAND, 1979.

ANDRADE, A. F.; SLUTER, C. R. **Avaliação de símbolos pictóricos em mapas turísticos**. Boletim de Ciências geodésicas, v. 18, n. 2, p.242-261. 2012.

ANDRADE, A. F. **A Gestalt na avaliação da simbologia pictórica com base em tarefas de leituras de mapas**. Tese apresentada no curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/36079>

ANDRADE, A. F.; IESCHECK, A. L.; SLUTER, C. R.; SILVEIRA, F. CAMARA, G. S.; CASTRO, M. C.; CAMBOIM, S. P.; ARAÚJO, V. S. **Desafios de pesquisa em Simbologia para mapeamento topográfico em grandes escalas**. X Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. 2018.

ARAÚJO, V. O. H. **Usabilidade de Geoportais: O caso do visualizador da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE)**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia da Defesa), Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro (RJ), 2016.

ARAÚJO, V. S.; SLUTER, C. R.; CAMBOIM, S. P. **NSDI-compliant reference map: experiences on implementing a user-centered cartographic symbology and standardized data modeling at large scale (1:2000)**. XVII GEOINFO. 2016.

ARAÚJO, V. S. **Proposição e avaliação de símbolos cartográficos para o sistema de transportes e edificações no mapeamento de referência no contexto de multiescalas**. Dissertação apresentada no curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2021. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/72229>

ARCHELA, R. S.; ARCHELA, E. Correntes da cartografia teórica e seus reflexos nas pesquisas. **Geografia**. v. 11, n. 2, jul/dez 2002, p. 161-170.

ARCHELA, R. S.; ARCHELA, E. **Mapeamento sistemático brasileiro: evolução histórica da cartografia**. Jörn Seemann. (Org.). A aventura cartográfica - perspectivas, pesquisas e reflexões sobre a cartografia. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2005, p. 21-38.

ARCHELA R. S. Abordagens da cartografia na segunda metade do século XX. **Geografia**, Rio Claro, v. 32, n. 2, p. 275-294, mai./ago. 2007.

ARCHELA R. S. Evolução Histórica da Cartografia no Brasil - Instituições, formação profissional e técnicas cartográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n.3, dezembro 2007.

BDGEx. **Banco de Dados Geográficos do Exército**. Disponível em: <https://bdgex.eb.mil.br/bdgexapp>. Acesso em: 27 mar. 2023.

BARBER, P. **The Map Book**. London: Weidenfeld & Nicolson Illustrated, 2005.

BKG. **Karten des BKG**. Disponível em: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_bkg\\_webmap/applications/bkgmaps/minimal.html](http://sg.geodatenzentrum.de/web_bkg_webmap/applications/bkgmaps/minimal.html). Acesso em: jul. 2023.

BKG. **Map on Demand (MoD)**. Disponível em: <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/map-on-demand.html>. Acesso em: 20 mar. 2021.

BLANC, N.; CANNATA M.; COLLOMBIN M.; ERTZ O.; GIULIANI G; INGENSAND J. **OGC API State of Play – A practical testbed for the national spatial data infrastructure in Switzerland** The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLVIII-4/W1-2022. Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G) 2022 Florence, Italy, 2022.

BOARD, C. **Map reading tasks appropriate in experimental studies in cartographic communication**. Cartographica, vol. 15. 1978.

BRASIL. Decreto nº 6.666 de 27/11/2008, institui a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 30 mai. 2022.

BRASIL. **Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico (e-PING)**. Documento de Referência do e-PING – Versão 2013. 62p. 2013. Disponível em <http://www.governoeletronico.gov.br/acoes-e-projetos/e-ping-padroes-enteroperabilidade>. Acesso em: 25 mai. 2022.

CHADWIN, T. **qgis2web - A QGIS plugin to export a map to an OpenLayers, Leaflet, or Mapbox GL JS webmap**. Disponível em: <https://github.com/tomchadwin/qgis2web>. Acesso em: 23 jun 2022.

CAMBOIM, S. P.; SLUTER, C. R. The National Topographic Mapping as an Indispensable Database for a Brazilian National Spatial Data Infrastructure (NSDI). **Proceedings of 24th International Cartographic Conference**. Santiago, Chile, 2009. pp. 15-21.

CONCAR, **Plano de Ação para a Implantação da INDE**. Comissão Nacional de Cartografia - CONCAR, 2010.

CONCAR, **Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV 3.0)**. Comissão Nacional de Cartografia - CONCAR, 2017.

COMÉ, S. **Generalização cartográfica para escala 1:10000 das feições culturais de áreas urbanas representadas em 1:2000**. Dissertação apresentada no curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/40627>

CNIG. **Mapa a la carta**. Disponível em: <https://mapaalacarta.cnig.es/>. Acesso em: 20 mar. 2022.

CASTRO, J. F. M. **História da Cartografia e Cartografia Sistemática**. 1. ed. Belo Horizonte: Editora PUC Minas, 2012.

COOLEY, M J.; DAVIS, L R.; FISHBURN, K A.; LETINSKY, H; MOORE, L R. **US Topo Product Standard**. Reston, VA: U.S. Geological Survey, Version 2.0: 2019. U.S. Geological Survey Techniques and Methods 11-B2.

NATINGUE, G.; DELAZARI, L. S.; SLUTER, C. R. Proposição de Simbologia para Cartas Derivadas para o Mapeamento Topográfico do Município de Campo Largo – PR. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, n. 2, abril/junho, 2018, pp. 508-526.

DELOU, A. L. A. **Estruturação de Bases Cartográficas Para SIG: Um estudo comparativo dos modelos do IBGE e da DSG**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação) – Área de concentração: Geomática, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ), 2006. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81315.pdf>. Acesso em: nov. 2021.

DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG) - Exército Brasileiro. **Manual Técnico de Convenções Cartográficas T 34-700, 1a Parte**. 2° ed. Brasília, 1998.

DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG) - Exército Brasileiro. **Manual Técnico de Convenções Cartográficas T 34-700, 2a Parte**. 2° ed. Brasília, 2000.

DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG) - Exército Brasileiro. **Especificação Técnica para a Estruturação dos Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV 3.0)**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.geoportal.eb.mil.br/index.php/inde2?id=142>. Acesso: nov. 2021.

DOUMBOUYA, A.; DEMAS, A. **The U.S. Geological Survey continues to advance the topographic map with on-demand custom mapping**. U. S. Geological Survey. Communications and Publishing. Reston, 2022. Disponível em: [https://www.usgs.gov/news/technical-announcement/demand-custom-topographic-maps?utm\\_source=hootsuite&utm\\_medium=facebook&utm\\_term=f680a7bc-27c1-4c65-bdb2f64787473dc1&utm\\_content=u.s.+geological+survey+%28usgs%29&utm\\_campaign=css-21-century-mapping-fy22](https://www.usgs.gov/news/technical-announcement/demand-custom-topographic-maps?utm_source=hootsuite&utm_medium=facebook&utm_term=f680a7bc-27c1-4c65-bdb2f64787473dc1&utm_content=u.s.+geological+survey+%28usgs%29&utm_campaign=css-21-century-mapping-fy22). Acesso em: mar. 2022.

GARDELS, K. **The Open GIS Approach to Distributed Geodata and Geoprocessing**. University of California, Berkeley, 1996. Disponível em: [http://www.ncgia.ucsb.edu/SANTA\\_FE\\_CD-OM/sf\\_papers/gardels\\_kenn/gismodl.html](http://www.ncgia.ucsb.edu/SANTA_FE_CD-OM/sf_papers/gardels_kenn/gismodl.html) Acesso em: 20 mai. 2022.

GEOSERVER. **User Manual**, versão 2.22. Open Source Geospatial Foundation, 2022. Disponível em: <http://docs.geoserver.org/latest/en/user/>. Acesso em: mai. 2022.

FERNANDES, W. S. Criação de uma biblioteca de símbolos cartográficos utilizando os padrões Symbology Encoding (SE) e Styled Layer Descriptor (SLD) do OGC. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 64, n. 3, p. 693-702, 2012.

FERNANDES, W. S. **Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE: Introdução aos Geoserviços**. In: MundoGeo Connect Latin America. São Paulo, 2012. Disponível em: [http://cartografia.salvador.ba.gov.br/images/cartografia/Biblioteca/Referencias\\_Bibliograficas/IBGE---Curso-Int\\_Geoservios\\_2012\\_compressed.pdf](http://cartografia.salvador.ba.gov.br/images/cartografia/Biblioteca/Referencias_Bibliograficas/IBGE---Curso-Int_Geoservios_2012_compressed.pdf). Acesso em: mai.2022.

HARPER, S.; MICHALIDOU, E.; STEVENS, R. **Toward a definition of visual complexity as an implicit measure of cognitive load**. ACM Transactions on Applied Perception, vol. 6, n. 2, Artigo 10. Fevereiro, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. Folhas topográficas – sobre. Disponíveis em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/folhas-topograficas/15809-folhas-da-carta-do-brasil.html>. Acesso em: mar. 2021

IBGE. **Mapa Índice Digital**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/31409-mapa-indice-digital.html>. Acesso em: jan. 2022.

IBGE. **Base Cartográfica Contínua do Brasil, ao milionésimo – BCIM**. Documentação Técnica Geral, 3ª versão, v. I. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: [https://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/bases\\_cartograficas\\_continuas/bcim/versao2010/informacoes\\_tecnicas/](https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bcim/versao2010/informacoes_tecnicas/). Acesso em: mar. 2021.

IBGE. **Base Cartográfica Contínua do Brasil, ao milionésimo – BCIM**. Documentação Técnica Geral, 5ª versão, v. I. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: [https://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/bases\\_cartograficas\\_continuas/bcim/versao2016/informacoes\\_tecnicas/](https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bcim/versao2016/informacoes_tecnicas/). Acesso em: mar. 2021.

IBGE. **Base Cartográfica Contínua do Brasil escala 1:250.000 – B250**. Documentação Técnica Geral, versão 2021. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: [https://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/bases\\_cartograficas\\_continuas/bc250/versao2021/informacoes\\_tecnicas/](https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2021/informacoes_tecnicas/). Acesso em: abr. 2022.

IBGE. **Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado do Rio de Janeiro na Escala 1:25.000**. Notas Técnicas aos Usuários. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: [https://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/bases\\_cartograficas\\_continuas/bc25/rj/versao2018/informacoes\\_tecnicas/](https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc25/rj/versao2018/informacoes_tecnicas/). Acesso em: 22 mai. 2022.

IBGE. **Nota Técnica 01/2023** - Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado do Rio de Janeiro na escala 1:25.000, versão 2018, na ET-EDGV 3.0. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15807-estados.html?edicao=37199&t=acesso-ao-produto> Acesso em: jun. 2023.

BUTLER H.; DALY M.; DOYLE A.; GILLIES S.; HAGEN S.; SCHAUB T. **The GeoJSON Format (RFC 7946)**, Standard Tracks, Internet Engineering Task Force – IETF, 2016. Disponível em: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7946.txt>. Acesso em: 14 jun. 2022.

DSG. DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO – EXÉRCITO BRASILEIRO (2014) Histórico Disponível em: <http://www.dsg.eb.mil.br/index.php/histórico> Acessado em: 20 jan. 2022).

GAFFURI, J. **Toward Web Mapping with Vector Data**. International Conference on Geographic Information Science, 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/264244246\\_Toward\\_Web\\_Mapping\\_with\\_Vector\\_Data](https://www.researchgate.net/publication/264244246_Toward_Web_Mapping_with_Vector_Data). Acesso em: mar. 2023.

IGN. **Instituto Geográfico Nacional 150 aniversario, 1870 – 2020**. Instituto Geográfico Nacional. Centro Nacional de Información Geográfica, 2020. Disponível em: <https://www.ign.es/web/ign/portal/150-aniversario>. Acesso em: 01 abr. 2022.

IGN. Cartografía y Datos geográficos. <https://www.ign.es/web/ign/portal/cbg-area-cartografia>. Acesso em: jul. 2023.

IGN. **IBERPIX**. Disponível em: <http://www.ign.es/iberpix/visor>. Acesso em: mar. 2023.

IGN. **SIGNA**. Disponível em: <https://signa.ign.es/signa/>. Acesso em: mar. 2023.

IGN. **GÉOPORTAIL**. Disponível em: <https://geoservices.ign.fr/geoportail>. Acesso em: ago. 2023.

IGN. Geoservices. Documentation, API at Services OGC, Le Service, Principe. Disponível em: <https://geoservices.ign.fr/documentation/services/api-et-services-ogc/tuiles-vectorielles-tmswmts/service>. Acesso em: set. 2023.

INDE. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. Disponível em: <https://inde.gov.br/> Acesso em: 02 jun. 2022.

INDE. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. Visualizador da INDE. Disponível em: <https://visualizador.inde.gov.br/> Acesso em: 02 jun. 2022.

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN). **Cartografía em el IGN**. Madrid. Disponível em: <https://www.ign.es/web/ign/portal/cbg-carto-ign>. Acesso em: 01 abr. 2022.

KEATES, J. S. **Cartographic design and production**. London: Longman, 1976.

KENT, A. J. Topographic Maps: Methodological Approaches for Analyzing Cartographic Style. **Journal of Map & Geography Libraries**, n. 5, p. 131-156, 2009.

KENT, A. J.; HOPFSTOCK, A. Topographic Mapping: Past, Present and Future. **The Cartographic Journal**, v. 55, n. 4, p. 305-308, 2019.

KOLÁČNÝ, A. Cartographic information-a fundamental concept and term in modern cartography. **Cartographic Journal**, v. 6, n. 1, p. 47-49, 1969.

KUMMER, K. The official surveying and mapping in Germany and its contribution to the National SDI (GDI-DE). XXIII International FIG **Congress: Shaping the change**, Munich, outubro 2006. Disponível em: <https://www.oicrf.org/-/the-official-surveying-and-mapping-in-germany-and-its-contribution-to-the-national-sdi-gdi-de->. Acesso em: 14 abr. 2022.

LUPP, M. 2007. **Styled Layer Descriptor profile of the Web Map Service Implementation Specification**. Open Geospatial Consortium Inc., Reference Number: OGC 05-78r4, Version: 1.1.0, 2007. Disponível em: [https://portal.ogc.org/files/?artifact\\_id=22364](https://portal.ogc.org/files/?artifact_id=22364). Acesso em: 20 mai. 2022

MACEACHREN, A. M. The role of maps in spatial knowledge acquisition. **The Cartographic Journal**, v. 28, p.152-162, 1991.

MACHADO, A. A.; CAMBOIM, S. P. Desambiguação dos termos mapeamento topográfico em grandes escalas e mapeamento cadastral no Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, n. 2, p. 295-327, 2019.

MAPBOX VECTOR TILE STANDARDS. Disponível em: <https://docs.mapbox.com/data/tilesets/guides/vector-tiles-standards>. Acesso em: jul. 2023

MAPBOX VECTOR TILE SPECIFICATION. Disponível em: <https://www.mapbox.com/vector-tiles/specification>. Acesso em: jul. 2023

MARTINS, A. V. Náutica e cartografia náutica na origem da ciência moderna. **Navigator**, v.1, n.2, p. 53-68, 2005.

MELLO, M. P.; SANTOS, C. J.; MARANHÃO, M., **Uma abordagem diacrônica sobre a influência da relação Brasil-Estados Unidos no mapeamento do território brasileiro nas escalas topográficas 1:50.000 e 1:100.000**, Terra Brasilis [Online], 10 | 2018, posto online no dia 26 dezembro 2018. Acessado em: 20 jun. 2023. <http://journals.openedition.org/terrabrasilis/3117>

MICELI P. C. **O Tesouro dos Mapas: A Cartografia na Formação do Brasil**. São Paulo: Instituto Cultural Banco Santos, 2002.

MONMONIER, M. S. **Maps, Distortion and Meaning**. Washington: Association of American Geographers, 1948.

MOORE L. R. US Topo: A new national map series. **Directions Magazine**, 2011. Disponível em: <https://www.directionsmag.com/article/2000>. Acesso em: 23 nov. 2021.

MOORE L. R. **The U.S. Geological Survey's Revision Program for 7.5-Minute Topographic Maps**. U.S. Geological Survey Open-File Report 00-325, 2003. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/of/2000/of00-325/moore.html>. Acesso em: 23 nov. 2021.

NATINGUE, G. **Proposta de simbologia para as cartas na escala 1:5000 no contexto do mapeamento topográfico no estado do Paraná**. Dissertação apresentada no curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/40870>

NETO, N. L. **Avaliação da leitura de símbolos cartográficos para as feições de áreas de cultivo de cana e café em mapa topográfico na escala 1:25.000**. Dissertação apresentada no curso de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP. Presidente Prudente. 2020.

OGC. **OGC Reference Model**. Open Geospatial Consortium Inc., Reference number: OGC 08-062r7, versão 2.1, 2019. Disponível em: [https://portal.ogc.org/files/?artifact\\_id=47245](https://portal.ogc.org/files/?artifact_id=47245). Acesso em: 20 mai. 2022.

OPEN GEOESPATIAL CONSORTIUM (OGC). APIS. Disponível em: <https://ogcapi.ogc.org/> Acesso em: 23 mai. 2022.

ORMELING F. J. **ICA 1957–1984: The first twenty-five years of the International Cartographic Association**. Enschede: ICA, 1987.

PAIVA, C. A.; CAMPOS R. G. Análise comparativa dos modelos adotados como referência para a definição dos mapeamentos de referência do Brasil e da Alemanha **Revista Geografia e Pesquisa**, Ourinhos, v.12, n. 2, p. 37-44, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22491/1806-8553.v12n2a305>. Acesso em: 14 abr. 2022.

PISETTA, J. A. **Percepção de símbolos pictóricos para o mapeamento de referência em dispositivos móveis**. Dissertação apresentada no curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2021. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/72265>

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software**. 6ª edição, São Paulo: McGraw-Hill, 2007.

RAMOS, T. S. **Proposição e avaliação de símbolos pictóricos para mapeamento de referência em multiescalas**. Dissertação apresentada no curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2023. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/82596>

RAISZ, E. **General Cartography**. New York: McGraw-Hill Book Co., 1948.

REIS, R. B.; XAVIER, L. A.; KRUMBIEGEL, M.; GOUVEIA, A. L., NAGATOMI, R. C. M.; OLIVEIRA, L. F.; MARANHÃO, M. R. A. Programa de atualização permanente da base contínua 1:250.000, uma visão de futuro. **Revista Cartográfica – Instituto Panamericano de Geografia e História**, Rio de Janeiro, n. 90, p. 115-124, 2014. Disponível em: <https://www.revistasipgh.org/index.php/rcar/issue/view/23/19>. Acesso em: 09 nov. 2021.

ROBINSON, A. H. e PETCHENIK, B. **THE NATURE OF MAPS: Essays toward understanding Maps and Mapping**. Chicago, EUA: The University of Chicago Press, 1976. 138p.

ROBINSON, A. H.; PETCHENIK, B. B. **The map as a communication system**. *Cartographica*, vol. 14, n. 1, 1977. pp. 92-110.

ROBINSON, A. H.; SALE, R. D.; MORRISON, J. L., MUEHRCKE, P. C. **Elements of cartography**. 5th ed. New York: John Wiley. 1984.

ROTH, R. **What is mobile first cartographic design**. ICA Joint Workshop on User Experience Design for Mobile Cartography, International Cartographic Association. Bern, Switzerland. 2019.

QGIS. Desktop User Guide (QGIS 3.28). Working with Vector Tiles, 2022. Disponível em: [https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/user\\_manual/working\\_with\\_vector\\_tiles/vector\\_tiles\\_properties.html#what-are-vector-tiles](https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/user_manual/working_with_vector_tiles/vector_tiles_properties.html#what-are-vector-tiles) (2022). Acesso em: mai de 2023.

SÁNCHEZ C. S.; ESQUINAS, M. V.; MANJAVACAS, H. P.; FANJUL, J. S. SignA un geoportal al alcance de los usuarios para la visualización, consulta y análisis SIG de los datos del IGN. **Revista TOPOCART**– XI Congresso Internacional de Geomática e Ciências da Terra. Toledo, vol. XXXVI, n. 174, p. 83-89, 2016.

SÁNCHEZ C. S. Mapa a la carta, tu mapa personalizado – Aplicación Web para configurar mapas topográficos. **Mitma – Revista del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana**, Madrid, n. 719, p. 94-100, novembro 2021. Disponível em: [https://www.mitma.es/recursos\\_mfom/comodin/recursos/rp0719\\_b.pdf](https://www.mitma.es/recursos_mfom/comodin/recursos/rp0719_b.pdf). Acesso em: abr. 2022.

SANTOS C. J. B.; CASTIGLIONE L. H. G. A Atuação do IBGE na evolução da cartografia civil no Brasil. **Terra Brasilis - Revista da Rede Brasileira de História da Geografia e Geografia Histórica**, n. 3, agosto 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/terrabrasilis.942>. Acesso em: 17 mar. 2021

SENRA N. C. A junção do G ao E na formação do IBGE. **Terra Brasilis - Revista da Rede Brasileira de História da Geografia e Geografia Histórica**, n. 3, agosto 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/terrabrasilis.926>. Acesso em: 17 mar. 2021

SILVEIRA, F. **Proposição de símbolos pontuais para o mapeamento topográfico em escala grande com base na percepção de usuários**. Dissertação apresentada no curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2019.

SILVA, D. C. Evolução da Fotogrametria no Brasil. **Revista Brasileira de Geomática**, v.3, n. 2, p.081-96, jul/dez. 2015 ISSN 2317-4285. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, Brasil.

SILVA, L. S. L.; CAMBOIM, S. P. Brazilian NSDI ten years later: current overview, new challenges and propositions for national topographic mapping. **Bulletin of Geodetic Sciences**. 26(4): e2020018, 2020.

SLUTER, C. R. **Uma abordagem sistêmica para o desenvolvimento de projeto cartográfico como parte do processo de comunicação cartográfica**. Portal da Cartografia, Londrina, Brasil, vol.1, núm. 1, pp. 1-20. 2008.

SLUTER, C. R.; ELZAKKER C. P. J. M.; IVÁNOVA I. Requirements Elicitation for Geo-information Solutions. **The Cartographic Journal**, vol. 54, n.1, pp. 77–90. 2017.

SLUTER, C. R., CAMBOIM, S. P. **The National Topographic Mapping as an Indispensable Database for a Brazilian National Spatial Data Infrastructure (NSDI)**. In: Proceedings of the XXIV International Cartographic Conference. Santiago, Chile, 15-21 Nov 2009.

SLUTER, C.R.; CAMBOIM, S. P.; IESCHECK, A. L.; PEREIRA, L. B.; CASTRO, N. C.; YAMADA, M. M.; ARAÚJO. V. S. **Proposal of topographic map symbols for large-scale maps of urban areas in Brazil**. The Cartographic Journal. 2019.

SLOCUM, T. A. **Thematic Cartography and Visualization**. Nova Jersey, EUA: Prentice Hall, 1999. 293p

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 6ª edição, tradução André Maurício de Andrade Ribeiro, São Paulo, 2003.

STIGMAR, H.; HARRIE, L. **Evaluation of analytical measures of map legibility**. The Cartographic Journal, v.48, n.1, p. 41-53, 2011.

SWISSTOPO **National Maps**, 2023.

Disponível em: <https://shop.swisstopo.admin.ch/en/maps/national-maps>. Acesso em: set. 2023

TAURA, T. A. **Estudo da simbologia para cartas nas escalas 1:2000, 1:5000 e 1:10.000 de mapeamento urbano do Paraná e generalização cartográfica**. Curitiba, 2007. Dissertação de Mestrado em Ciências Geodésicas na Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/19116>

TORRES, R. R.; SOTERES, L. C.; VERGARA, G. M. **Nuevo servicio de teselas vectoriales de la Base Topográfica Nacional (BTN)**. Blog IDEE, jan. 2023. Disponível em: <https://blog-idee.blogspot.com/2023/01/nuevo-servicio-de-teselas-vectoriales.html>. Acesso em: jul. 2023.

TAYLOR, D. R. F. A conceptual basis for cartography / New directions for the information era. **Cartographica**, v. 28, n. 4, p. 1-8, winter 1991.

THE FEDERAL GEOPORTAL. Vector Tiles Service: available services and data. Publicado em 23 de Novembro de 2022. Disponível em: <https://www.geo.admin.ch/en/vector-tiles-service-available-services-and-data>. Acesso em: set. 2023

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **TopoBuilder Release Notes**, versão 1.1, 2022. Disponível em: <https://www.usgs.gov/programs/national-geospatial-program/topobuilder-release-notes>. Acesso em: 30 mar. 2022.

USGS. **The National Map**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/programs/national-geospatial-program/national-map>. Acesso em: mar. 2022.

USGS. **topoBuilder**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/programs/national-geospatial-program/topobuilder>. Acesso em: 28 mar. 2021.

USGS. **US Topo Map and Historical Topographic Map Users Guide**, U.S. Geological Survey, 2018. Disponível em: <https://www.usgs.gov/media/files/us-topo-map-users-guide>. Acesso em: 28 mar. 2022.

USGS. **User Guide topoBuilder Application**, U.S. Geological Survey, 2022. Disponível em: [https://topobuilder.nationalmap.gov/static/media/USGS%20topoBuilder%20Application%20User%20Guide%20v1.1\\_Final.d5a15f9e.pdf](https://topobuilder.nationalmap.gov/static/media/USGS%20topoBuilder%20Application%20User%20Guide%20v1.1_Final.d5a15f9e.pdf). Acesso em: 30 mar. 2022.

YANG, Z., ASBURY, K., GRIFFITHS, M, D. An exploration of problematic smartphone use among Chinese university students: Associations with academic anxiety, academic procrastination, self-regulation and subjective wellbeing. *International Journal of Mental Health and Addiction*, v.17, n.3, p.596-614, 2019.