

**GEORREFERENCIAMENTO DE CARTAS ANTIGAS A PARTIR DE  
ORTOFOTOS: UMA EXPERIÊNCIA DA SPU EM SALVADOR-BA**

*Georeferencing of old maps from orthophoto: an experience of SPU in  
Salvador - Ba*

**Filipe Soares da Silva****Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União (SPU)**

Núcleo de Gestão da Geoinformação no Nordeste (NuGeoNE)

filipe.soares@planejamento.gov.br

**Matheus Jiannini Silva Alves****Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União (SPU)**

Núcleo de Gestão da Geoinformação no Nordeste (NuGeoNE)

matheus.jiannini@planejamento.gov.br

**Elmo Bispo de Oliveira****Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União (SPU)**

Núcleo de Gestão da Geoinformação no Nordeste (NuGeoNE)

elmo.oliveira@planejamento.gov.br

**Luís Alexandre Bispo dos Santos****Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União (SPU)**

Núcleo de Gestão da Geoinformação no Nordeste (NuGeoNE)

luis.santos@planejamento.gov.br

**Ismael Fiuza Ramos****Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União (SPU)**

Núcleo de Gestão da Geoinformação no Nordeste (NuGeoNE)

ismael.ramos@planejamento.gov.br

**Fabíola Andrade Souza****Universidade Federal da Bahia (UFBA)**

Escola Politécnica / Departamento de Engenharia de Transportes e Geodésia

fabiola.andrade@ufba.br

**Artur Caldas Brandão****Universidade Federal da Bahia (UFBA)**

Escola Politécnica / Departamento de Engenharia de Transportes e Geodésia

acaldas@ufba.br

**Cárta da Silva Sampaio****Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União (SPU)**

Coordenação Geral de Cadastro e Informação Geoespacial

carita.sampaio@planejamento.gov.br

## Resumo:

A reconstrução histórica de documentos cartográficos antigos é de suma importância, não somente pela própria questão cartográfica cadastral, mas também para ser utilizada como solução de questões territoriais judiciais envolvidas. Este artigo tem como objetivo discutir as implicações resultantes do georreferenciamento de documentos cartográficos analógicos antigos e digitalizados, existentes na base da Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União (SPU) na Bahia. Para isso, é apresentada metodologia para georreferenciamento de dois conjuntos de cartas cadastrais analógicas (Farol da Barra - Largo de Amaralina - 10 cartas, escala 1:2000; e, Forte de São Diogo - Farol da Barra - 03 cartas, escala 1:1.000) produzidas entre os anos de 1961 e 1964, utilizando como referência mosaico de ortofotos, com resolução espacial de 80 cm, do município de Salvador, nos anos de 2016 e 2017. São abordados também os problemas encontrados em todo o processo de georreferenciamento, desde a necessidade de alinhamento das cartas para a digitalização até a dificuldade de encontrar pontos homólogos entre as cartas e o mosaico de ortofotos. Como resultados alcançados, constatou-se que o tipo de transformação mais utilizado e com melhores resultados no georreferenciamento foi o polinomial 1, contudo altos valores de erros residuais foram obtidos, haja vista que a pesquisa, ainda não foi finalizada, por ter sido desenvolvida somente em laboratório, em virtude do isolamento social imposto pela pandemia da COVID-19, impossibilitando a execução da validação em campo.

**Palavras-chave:** georreferenciamento, carta, modelos, ortofoto, Salvador.

## Abstract:

The historical reconstruction of old cartographic documents is of paramount importance, not only in relation to the cadastral cartographic issue itself, but can also be used as a solution to the territorial judicial issues involved. For this reason, this article aims to discuss the implications resulting from the georeferencing of old and digitized analog cartographic documents, existing in the basis of the Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União (SPU). For this, a methodology is presented for georeferencing two sets of analogue cadastral maps (Farol da Barra - Largo de Amaralina - 10 cards, scale 1: 2000; and, Forte de São Diogo - Farol da Barra - 03 cards, scale 1: 1,000 ) produced between the years 1961 and 1964, using orthophoto mosaic of as a reference, with a spatial resolution of 80 cm, of the municipality of Salvador, of the years 2016 and 2017; as well as the problems encountered in the entire georeferencing process are addressed, from the need to align the maps for digitization to the difficulty of finding similar points between the maps and the orthophoto mosaic. As results achieved, it was found that the type of transformation most used and with the best results in georeferencing was polynomial 1, however high values of residual errors were obtained, given that the research, not yet finalized, was developed only in a laboratory due to the social isolation imposed by the COVID-19 pandemic, making it impossible to carry out field validation.

**Keywords:** georeferencing, map, models, orthophoto, Salvador.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo a Lei nº 9.636, de 15 de maio de 1998, a Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União (SPU), ligada atualmente ao Ministério da Economia, é o órgão que tem como atribuição identificar e demarcar áreas dominiais da União conhecidas como terrenos de marinha e terrenos marginais de rios federais. A SPU também é responsável por cadastrar, registrar e fiscalizar os imóveis sob sua gestão, inclusive com ações de regularização das ocupações desses imóveis, sejam eles grandes empreendimentos dos variados setores produtivos da economia e até mesmo assentamentos informais de baixa renda.

Na SPU existe uma grande quantidade de produtos cartográficos analógicos a serem digitalizados ou já digitalizados. Entre esses produtos estão cartas cadastrais, topográficas, plantas, mapas, entre outros. Muitos destes são da década de 1950 e posteriores, em formato analógico e não atrelados a um sistema de referência geodésico. Porém, em determinadas regiões, são os únicos produtos cartográficos disponíveis e que contam a história cartográfica

daquele local, sendo, portanto, uma geoinformação de inestimável valor e que deve ser preservada e utilizada.

Por outro lado, algumas regiões de interesse da SPU já possuem uma base cartográfica digital oficial, atualizada, consolidada e disponibilizada com maior qualidade posicional. Ainda assim, em muitas situações faz-se necessária a reconstituição pretérita de algum produto cartográfico para a realização de uma análise temporal de ocupação do solo ou para servir de objeto de discussão em um caso mais específico, por exemplo, uma questão judicial de dominialidade territorial.

A partir das geotecnologias e seu rápido desenvolvimento, como o surgimento dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) juntamente com a utilização do sensoriamento remoto e geodésia (em particular o posicionamento por GNSS), é possível integrar informações documentais analógicas importantes em um único espaço digital. Esta integração pode resultar em uma melhor organização e visualização de dados geoespaciais e uma eficácia na extração de informações cartográficas de interesse, seja ela para compor dados cadastrais, tirar dúvidas sobre conflitos territoriais ou até mesmo analisar uso e ocupação do solo.

A preservação da informação cartográfica histórica é necessária e interessante e, com o advento das geotecnologias, torna-se possível a digitalização, o georreferenciamento, o armazenamento, a integração, o tratamento e a apresentação dos dados geoespaciais advindos de produtos analógicos em meio digital de maneira rápida e prática.

Neste contexto, a SPU criou o Programa de Modernização da Gestão do Patrimônio da União, que teve entre seus objetivos a padronização de bases de dados geoespaciais e o desenvolvimento da Infraestrutura de Dados Espaciais da instituição. Este trabalho previa inventariar, catalogar, converter e estruturar dados geoespaciais a serem utilizados como cartografia de referência no Sistema de Gestão Integrada dos Imóveis Públicos Federais (SPUnet).

O projeto incluiu as seguintes etapas: inventário do acervo analógico e digital existente, digitalização de produtos analógicos, catalogação de metadados dos produtos cartográficos, georreferenciamento de cartas, vetorização, conversão de formatos, estruturação e carga em banco de dados geográficos, a partir da estrutura proposta nas Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais do Patrimônio Público Federal (ET-EDGV/SPU) e para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais do Patrimônio Público Federal (ET-ADGV/SPU).

Dentre as etapas desenvolvidas, o georreferenciamento é uma das principais, possibilitando que produtos cartográficos com referências espaciais distintas, possam ser representadas num mesmo sistema geodésico de referência, permitindo tornar as coordenadas do produto cartográfico conhecidas num dado sistema de referência, fazendo com que sejam realizadas medidas relacionadas à localização e distâncias em determinadas regiões e assim compatibilizar as análises geoespaciais de posicionamento e localização. Este processo, entretanto, não é tão simples de ser efetuado, uma vez que dificuldades podem ser encontradas, como por exemplo, na identificação de pontos homólogos (pontos alocados na imagem ou mapa a ser georreferenciado), necessário para o georreferenciamento das cartas.

Assim, o objetivo principal deste artigo foi discutir as implicações resultantes do georreferenciamento de documentos cartográficos analógicos antigos e digitalizados, existentes na base da SPU, a partir da utilização de mosaico de ortofotos, pois este produto cartográfico é o mais recente até a presente data para identificação dos objetos constituintes do espaço geográfico de interesse.

## 2. METODOLOGIA

A partir da análise dos dois conjuntos de cartas escolhidos para o trabalho, já em meio digital, foi observada a necessidade de fazer uma recuperação e um alinhamento de cada carta para que fossem novamente digitalizadas sem comprometer a posição das cartas e feições a serem extraídas e conseqüentemente o georreferenciamento, tendo em vista que cada carta cadastral tinha pelo menos 55 anos de produzida e seu estado de conservação não era bom. A resolução desse primeiro problema foi manual. O alinhamento das cartas foi feito utilizando um par de esquadros verificando a ortogonalidade nas quatro extremidades, e foi feita uma recuperação dos documentos. Logo após executou-se a digitalização das cartas cadastrais.

Os produtos cartográficos selecionados para este trabalho, em meio ao acervo da SPU, não possuíam sistema de referência associados a eles e haviam sido digitalizados anteriormente no formato .tif, em scanner com capacidade de digitalização de cartas em diversos formatos de folha, usando metodologia específica. As cartas recobrem parte da orla do município de Salvador-Bahia e foram produzidas em períodos distintos, mas com coincidência espacial em parte deles: Farol da Barra - Largo de Amaralina (10 cartas) em escala 1:2000, produzidas em 1964 e Forte de São Diogo - Farol da Barra (03 cartas) em escala 1:1000, produzidas em 1961. Pode-se observar a localização das cartas na figura 1.

Figura 1 – Área de Cobertura das cartas.



Fonte: Autores (2020).

O primeiro conjunto recobre cinco bairros, sendo eles: Barra, Ondina, Rio Vermelho, Amaralina e Pituba. O segundo conjunto está concentrado no bairro da Barra, na região entre o Forte de São Diogo e o Farol da Barra, onde se encontra a praia do Porto da Barra, local conhecido por ter sido o desembarque de Tomé de Souza, quando da fundação da cidade no ano de 1549, uma das regiões mais antigas e consolidadas. Esses conjuntos de cartas foram escolhidos por representarem áreas de interesse para a SPU, em que estudos das áreas pertencentes à União são prioritários.

Uma das possibilidades de georreferenciamento de forma rápida em escritório é utilizando uma ortoimagem de referência para obter as coordenadas dos pontos de controle que serão utilizadas. Porém, pensando em escala cadastral, é necessária a atenção para a qualidade dessa ortoimagem. É de extrema importância que se conheçam as características da mesma, primeiramente no tocante a sua escala de produção, que por sua vez tem que condizer com a escala do produto analógico a ser georreferenciado, e sua resolução espacial.

A ortoimagem utilizada como referência para esse estudo encontra-se disponibilizada pela Prefeitura do Município de Salvador através de serviço WMS (*Web Map Service*), atrelado ao Sistema Geodésico de Referência SIRGAS 2000. Segundo o setor responsável pelo mapeamento cartográfico de Salvador, a ortofoto foi produzida entre 9 de agosto de 2016 e 13 de fevereiro de 2017, cuja versão aqui é denominada de 2016/2017, na escala 1:1.000 com resolução espacial de 10 cm, enquadrando-se na classe “A” do PEC-PCD Planimétrico (Padrão de Exatidão Cartográfica para Produtos Cartográficos Digitais Planimétricos) para essa escala.

Com objetivo de integrar conjuntos de dados contendo informações relevantes, de naturezas e períodos distintos, e proporcionar o georreferenciamento das cartas, um software de geoprocessamento fez-se necessário, e para essa atividade foi utilizado o QGIS 3.4. A partir da integração em uma mesma plataforma, os conjuntos de cartas foram analisados cuidadosamente e foi verificada a similaridade das feições das mesmas em relação ao produto de referência, ou seja, fez-se a verificação das feições homólogas entre as cartas e as ortofotos, como, por exemplo, esquina de ruas, edificações, elementos naturais da paisagem, entre outros.

Dentro do QGIS, foi utilizada a ferramenta “Georreferenciador” que é apropriada para *rasters*, segundo o próprio manual do usuário do sistema, ele possibilita que se possa referenciar arquivos *rasters* para em sistemas de coordenadas projetadas ou geográficas, através da criação de um novo GeoTiff ou adicionando um *world file* à imagem existente. O georreferenciamento do arquivo *raster* se dá através de um processo simples de localização de pontos em que seja possível com precisão determinar as suas coordenadas.

Para o primeiro conjunto de cartas - Farol da Barra / Largo de Amaralina -, na análise inicial, foi encontrada dificuldade para identificar similaridade da ortoimagem com algumas cartas do conjunto, principalmente na região atual do bairro de Ondina - cartas 4, 5 e 6 - (Figura 02), em que o uso da terra não estava tão consolidado na época de sua produção. Por outro lado, na região do bairro da Barra - cartas 1 e 2 (Figura 02) - existe uma boa quantidade de pontos homólogos, facilitando a correspondência e dando opção de escolha com boa distribuição visando uma melhor qualidade no georreferenciamento.

Figura 2 – Localização do primeiro conjunto de cartas.



Fonte: Autores (2020).

Outra dificuldade encontrada para identificar feições homólogas, além da mudança ocorrida ao longo do tempo, deve-se ao fato das cartas estarem representando uma região de costa, o que implica na sobreposição de boa parte da representação em território marítimo o que deixa um percentual pequeno da carta para encontrar correspondências; esses erros evidenciaram-se com a análise dos resíduos obtidos com o georreferenciamento.

De acordo com a documentação do QGIS 2.8 são necessários no mínimo 4 pontos, espalhados pelas 4 pontas da imagem e, quanto mais pontos, coordenadas, forem adicionados, melhor será o resultado obtido. Em função das limitações apontadas, a menor quantidade de pontos homólogos ocorreu nas cartas 1, 2 e 8 com 04 pontos para cada uma, e a maior quantidade na carta 9, com 08 pontos homólogos. Pode-se observar na figura 2 a sobreposição das cartas (com grau de transparência) com a ortofoto.

Utilizando-se do georreferenciador do QGIS foram realizadas todas as transformações disponíveis, em todas as cartas, a fim de obter um melhor enquadramento num mosaico, por exemplo. Consequentemente houve o descarte das transformações que apresentaram distorções. Mais adiante essas distorções serão explicadas.

Confirmando as expectativas, foi verificado que nas cartas com maior percentual de sobreposição com o mar e nas cartas que sobrepunham áreas recentemente consolidadas, houve um maior erro residual; e nas cartas que representavam a região da Barra ocorreu um menor erro residual, devido à similaridade das feições representadas na carta com o que está consolidado na ortofoto. Esses resultados podem ser vistos nas tabelas de 1 a 10, onde são mostrados os resíduos obtidos no georreferenciamento de cada carta, utilizando o método de transformação que apresentou um melhor resultado para cada uma delas.

Na grande maioria das cartas do conjunto foi utilizado o método polinomial 1, que permite o escalonamento, rotação e translação/distorção do arquivo raster a ser trabalhado, preservando a colinearidade; porém, para o georreferenciamento da carta de número 6, o que apresentou melhor resultado foi o método de Helmert que executa um simples escalonamento e transformações de rotação; e para carta de número 10 o melhor método testado foi o Linear, que não transforma verdadeiramente o *raster*, porém este adequou bem a carta sem apresentar distorções. Como método de reamostragem utilizou-se o do “vizinho mais próximo” que é um método de interpolação no qual o valor estimado é sempre igual a sua amostra mais próxima.

Tabela 1 – Farol da Barra/Largo de Amaralina - Carta 1 - Método Polinomial 1.

ID	Fonte X	Fonte Y	Dest. X	Dest. Y	dX(pixels)	dY(pixels)	Residuais (pixels)
0	2136.85	-1737.96	-38.5308	-13.0099	3.74815	5.21382	6.42126
1	2683.29	-1173.82	-38.5304	-13.0095	-3.40455	-4.73585	5.8326
2	4441.48	-1396.44	-38.529	-13.0096	-2.75846	-3.83712	4.72574
3	5523.59	-529.989	-38.5282	-13.009	2.41486	3.35916	4.13709

Fonte: Autores (2020).

Tabela 2 – Farol da Barra/Largo de Amaralina - Carta 2 - Método Polinomial 1.

ID	Fonte X	Fonte Y	Dest. X	Dest. Y	dX(pixels)	dY(pixels)	Residuais (pixels)
0	3703.23	-1056.48	-38.5249	-13.0094	2.40421	-1.0948	2.64174
1	3067.13	-824.461	-35.5254	-13.0092	-4.12337	1.87764	4.53075
2	2264.18	-842.71	-38.526	-13.0092	0.783422	-0.35674	0.860823
3	2079.08	-224.853	-38.5261	-13.0088	0.935735	-0.4261	1.02818

Fonte: Autores (2020).

Tabela 3 – Farol da Barra/Largo de Amaralina - Carta 3 - Método Polinomial 1.

ID	Fonte X	Fonte Y	Dest. X	Dest. Y	dX(pixels)	dY(pixels)	Residuais (pixels)
0	1996.59	-1199.52	-38.5231	-13.0098	-66.3119	-28.1461	72.038
1	1293.58	-1416.54	-38.5236	-13.01	-12.0468	11.193	16.4441
2	476.802	-1069.31	-38.5243	-13.0097	27.0331	27.8593	38.8192
3	304.503	-964.088	-38.5244	-13.0096	20.8447	-23.0176	31.0534
4	3025.78	-814.148	-38.5223	-13.0095	-13.803	16.4247	21.4544
5	3672.89	-1292.9	-38.5217	-13.0099	44.2839	-4.31321	44.4935

Fonte: Autores (2020).

Tabela 4 – Farol da Barra/Largo de Amaralina - Carta 4 - Método Polinomial 1.

ID	Fonte X	Fonte Y	Dest. X	Dest. Y	dX(pixels)	dY(pixels)	Residuais (pixels)
0	130.854	-510.318	-38.5198	-13.0092	-19.2309	18.2269	26.4962
1	131.18	-1054.85	-38.5198	-13.0096	29.2633	-29.4772	41.5361
2	4809.1	-1356.61	-38.5162	-13.01	-13.6799	17.3519	22.0959
3	4075.88	-1747.66	-38.5168	-13.0103	-18.7932	28.6764	34.2859
4	5387.85	-1328.91	-38.5157	-13.0099	0.851946	-2.10229	2.26836
5	4965.52	-1747.34	-38.5161	-13.0103	-2.73328	-12.0599	12.3658
6	6071.86	-1498.69	-38.5152	-13.0101	24.3221	-20.6159	31.8839

Fonte: Autores (2020).

Tabela 5 – Farol da Barra/Largo de Amaralina - Carta 5 - Método Polinomial 1.

ID	Fonte X	Fonte Y	Dest. X	Dest. Y	dX(pixels)	dY(pixels)	Residuais (pixels)
0	1061.81	-1428.31	-38.5157	-13.01	5.55291	-4.41811	7.09609
1	1409.52	-1519.05	-38.5152	-13.0101	-8.03368	4.7332	9.32433
2	1468.53	-1302.67	-38.5151	-13.0098	-22.4209	48.3846	53.327
3	6139.89	-2185.93	-38.5078	-13.011	4.43098	-8.2763	9.3878
4	677.919	-490.486	-38.5163	-13.0085	7.18016	-15.0977	16.7181
5	408.882	-1647.85	-38.5168	-13.0103	13.2906	-25.3258	28.6013

Fonte: Autores (2020).

Tabela 6 – Farol da Barra/Largo de Amaralina - Carta 6 - Método Helmert.

ID	Fonte X	Fonte Y	Dest. X	Dest. Y	dX(pixels)	dY(pixels)	Residuais (pixels)
0	562.647	-1554.63	553456	8,56159E+ 06	27.681	3.05384	27.849
1	763.155	-1601.32	553482	8.56159E+06	-26.4494	-3.33894	26.6593

2	3044.01	-1120.1	553870	8.56165E+06	-7.82347	1.19945	7.91488
3	3151.68	-1094.83	553890	8.56166E+06	3.0361	-1.25131	3.28385
4	4390.98	-1409.05	554107	8.56161E+06	-18.151	6.59433	19.3118
5	4432.73	-1401.91	554121	8.56161E+06	21.7067	-6.25737	22.5906

Fonte: Autores (2020).

Tabela 7 – Farol da Barra/Largo de Amaralina - Carta 7 - Método Polinomial 1.

ID	Fonte X	Fonte Y	Dest. X	Dest. Y	dX(pixels)	dY(pixels)	Residuais (pixels)
0	4318.51	-1168.72	555112	856158E+ 06	6.65265	2.85544	7.24508
1	1427.02	-522.174	554612	8.56168E+06	-4.24846	5.59503	7.02522
2	4020.66	-755.4	555063	8.56165E+06	1.82333	-6.32935	6.58674
3	1746.41	-1042.05	554666	8.56160E+06	3.19986	-5.6053	6.45434
4	4942	-2385.61	555216	8.56137E+06	-6.07995	1.83578	6.35105
5	4539.38	-2086.4	555149	8.56142E+06	6.28803	0.139795	6.28958
6	3951.08	-825.411	555051	8.56163E+06	2.08052	4.45885	4.92036
7	4175.47	-1401.94	555088	8.56154E+06	3.59531	-2.95025	4.65083

Fonte: Autores (2020).

Tabela 8 – Farol da Barra/Largo de Amaralina - Carta 8 - Método Polinomial 1.

ID	Fonte X	Fonte Y	Dest. X	Dest. Y	dX(pixels)	dY(pixels)	Residuais (pixels)
0	784.6	-526.913	-4.28464e+06	-1.46125e+06	8.58893	2.19424	8.86479
1	4344.45	-499.185	-4.28401e+06	-1.46125e+06	3.49876	0.893838	3.61113
2	1701.96	-3056.49	-4.2845e+06	-1.46169e+06	3.49393	0.892604	3.60615
3	1811.53	-1093.5	-4.28447e+06	-1.46135e+06	-15.5816	-3.98068	16.0821

Fonte: Autores (2020).

Tabela 9 – Farol da Barra/Largo de Amaralina - Carta 9 - Método Polinomial 1.

ID	Fonte X	Fonte Y	Dest. X	Dest. Y	dX(pixels)	dY(pixels)	Residuais (pixels)
0	910.867	-787.416	556394	8.56128E+ 06	-5.71956	-9.83894	11.3806
1	498.395	-464.453	556324	8.56134E+06	0.995435	-6.39673	6.47372
2	1807.2	-906.96	556552	8.56126E+06	15.4377	0.387663	15.4426
3	3363.43	-370.799	556821	8.56135E+06	6.24403	-7.49524	9.75533
4	4075.43	-711.665	556938	8.56129E+06	-23.2479	-9.1945	25.0001
5	5185.28	-689.332	557138	8.56129E+06	25.1464	-10.3584	27.1963
6	5654.55	-538.407	557213	8.56131E+06	-14.8429	1.73628	14.9441

7	5108.54	-197.438	557123	8.56137E+06	2.3491	15.5277	15.7044
8	1517.24	-840.433	556498	8.56126E+06	-6.36231	25.6322	26.41

Fonte: Autores (2020).

Tabela 10 – Farol da Barra/Largo de Amaralina - Carta 10 - Método Linear.

ID	Fonte X	Fonte Y	Dest. X	Dest. Y	dX(pixels)	dY(pixels)	Residuais (pixels)
0	1342.96	-1441.48	-38.4699	-13.0118	-53.7065	29.7017	61.3725
1	1448.61	-2385.19	-38.4698	-13.0133	-85.8892	16.9733	87.5503
2	506.852	-2483.7	-38.4712	-13.0134	-1.72628	-0.319159	1.75553
3	4463.15	-277.407	-38.4648	-13.0101	-135.625	131.845	189.149
4	2898.52	-668.241	-38.4668	-13.0102	276.947	-178.201	329.326

Fonte: Autores (2020).

Analisando as tabelas 1 a 10 encontram-se os valores residuais máximos e os valores médios, em metros, calculados para cada carta, respectivamente: 0,6421m e 0,5279m; 0,4531m e 0,2265m; 7,2038m e 3,9589m; 5,3327m e 1,9784m; 4,1536m e 2,5047m; 2,7849m e 1,6427m; 0,7245m e 0,6828m; 1,6082m e 0,8041m; 1,5443m e 1,0763m; 18,9149m e 8,4957m.

Para o segundo conjunto de cartas - Forte de São Diogo / Farol da Barra - (figura 3), houve alguma similaridade da ortoimagem com as cartas, pela região ser antiga e consolidada, porém na carta 3, verificou-se grande dificuldade para identificar feições, já que nesta só era representada uma pequena porção de recifes, havendo grande percentual de área marítima.

Figura 3 – Localização do segundo conjunto de cartas.



Fonte: Autores (2020).

Após as análises deste conjunto, determinou-se para o georreferenciamento a utilização de 04 pontos homólogos por carta, no mínimo, sendo a menor quantidade nas cartas 1 e 2 do mosaico com 04 pontos e a maior quantidade na carta 3 com 05 pontos homólogos. Foi utilizado o método de transformação “Polinomial 1” que, como dito anteriormente, permite o

escalonamento, rotação e translação/distorção do arquivo *raster* a ser trabalhado, preservando a colinearidade, e o método de reamostragem “vizinho mais próximo”.

Na figura 3 vê-se a representação das cartas do conjunto georreferenciadas e, nas tabelas de 11 a 13, é possível, com a análise dos resíduos, confirmar as expectativas com relação a qualidade do georreferenciamento, uma vez que as cartas 1 e 2 são áreas consolidadas e, conseqüentemente, com maior correspondência entre feições, portanto, os resíduos foram menores, enquanto que na área sobreposta com o mar os resíduos apresentaram-se mais altos.

Tabela 11 – Forte de São Diogo/Farol da Barra - Carta 1 - Método Polinomial 1.

ID	Fonte X	Fonte Y	Dest. X	Dest. Y	dX(pixels)	dY(pixels)	Residuais (pixels)
0	3585.14	-2651.38	-38.5338	-13.0044	-10.6741	0.339456	10.6795
1	4475.8	-1671.53	-38.5331	-13.0051	24.1817	-0.771378	24.194
2	4156.4	-767.706	-38.5324	-13.0049	-19.7916	0.632079	19.8017
3	1777.14	-495.013	-38.5321	-13.003	6.28404	-0.200156	6.28723

Fonte: Autores (2020).

Tabela 12 – Forte de São Diogo/Farol da Barra - Carta 2 - Método Polinomial 1.

ID	Fonte X	Fonte Y	Dest. X	Dest. Y	dX(pixels)	dY(pixels)	Residuais (pixels)
0	3524.11	-432.339	-38.532	-13.009	-0.647553	20.4723	20.4826
1	5171.88	-1941.82	-38.5332	-13.0103	-0.0102794	0.320286	0.320451
2	2309.04	-858.461	-38.5323	-13.0081	0.26845	-8.49085	8.49509
3	4404.01	-229.904	-38.5318	-13.0097	0.389382	-12.3018	12.3079

Fonte: Autores (2020).

Tabela 13 – Forte de São Diogo/Farol da Barra - Carta 3 - Método Polinomial 1.

ID	Fonte X	Fonte Y	Dest. X	Dest. Y	dX(pixels)	dY(pixels)	Residuais (pixels)
0	167.935	-1169.72	-38.5326	-13.0111	-2.51494	70.1959	70.241
1	171.898	-1379.75	-38.5327	-13.0111	-1.27025	131.004	131.01
2	165.954	-351.378	-38.532	-13.0111	-0.938326	-121.505	121.509
3	177.842	-3309.03	-38.5338	-13.0111	-0.302905	-79.5138	79.5143
4	824.457	-1241.71	-38.5327	-13.0116	-0.00345287	-0.181443	0.181476

Fonte: Autores (2020).

Analisando as tabelas 11, 12 e 13 encontram-se os valores residuais máximos e os valores médios, em metros, que foram calculados para cada carta (1 a 3), sendo eles, respectivamente: 2,4194m e 1,5241m; 2,0483m e 1,0402m; 13,1010m e 10,0569m.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pensando na fase de planejamento, em que foram identificados os prováveis pontos homólogos entre a ortofoto do município e os conjuntos de cartas, pode-se destacar a dificuldade da tarefa em função da falta de pontos correspondentes, principalmente, na região do bairro de Ondina para o conjunto Farol da Barra / Largo de Amaralina, e na região com maior cobertura litorânea no conjunto Forte de São Diogo / Farol da Barra. No primeiro, por não ser uma área consolidada à época de produção das cartas (década de 1960) e, no segundo, pela carta conter quase em sua totalidade a área marítima. A solução prática para esse problema foi utilizar pontos de controle na pequena sobreposição existente entre as cartas confrontantes, aproveitando a correspondência e facilitando na mosaicagem de todo o conjunto de cartas.

Outro problema enfrentado foi em relação ao tipo de transformação, porém, foram realizados testes com todos os tipos de transformações para cada carta georreferenciada e após a análise da tabela de resíduos concluímos que ambos os conjuntos, apresentaram melhores resultados quanto ao tipo de transformação polinomial 1. No entanto, no conjunto Farol da Barra / Largo de Amaralina, a carta 6, que cobre a região entre Ondina e Rio Vermelho, apresentou melhor resultado para a transformação Helmert; a grande dificuldade de encontrar pontos homólogos pode ter impactado no melhor resultado para o tipo de transformação.

Da mesma maneira, neste conjunto, a carta 10, apresentou melhor resultado para a transformação Linear por causa da grande dificuldade de encontrar feições homólogas, como pode ser evidenciado pelo erro residual muito alto, o que proporcionou georreferenciamento de baixa qualidade posicional por outros métodos de transformação mais complexos.

Mediante a aplicação da metodologia descrita, os erros residuais obtidos (verificados nas tabelas 1 a 13) apresentaram-se altos em determinadas cartas. No primeiro conjunto (Farol da Barra/Largo de Amaralina - Tabelas 01 até 10) foram obtidos maiores resíduos na Carta 10, com média de 8,4957m, e os menores resíduos na Carta 2, com média de 0,2265m. No segundo conjunto (Forte de São Diogo/Farol da Barra - Tabelas 11 até 13) foram obtidos maiores resíduos na Carta 3, com média de 10,0569m, e os menores resíduos na Carta 2, com média de 1,0402m. Estes resultados implicam em uma qualidade inferior para um georreferenciamento que exige melhor precisão, fato diretamente relacionado à baixa qualidade dos pontos homólogos que foram usados como controle para o georreferenciamento e possíveis erros na produção do produto analógico.

Entretanto, os produtos obtidos, inicialmente, são satisfatórios para a utilização da SPU em atividades que não exigem maior precisão. Isso porque, mesmo apresentando altos erros residuais, as feições de interesse representadas no mapa apresentaram continuidade satisfatória. Por tudo isso, assume grande importância o trabalho de validação do produto obtido, o que deverá ocorrer a partir da utilização de equipamentos GNSS, em campo, após as restrições de circulação em Salvador, atualmente impostas por questões de saúde. Em algum caso, a coleta de pontos de campo pode ajudar a georreferenciar o produto.

### 4. CONCLUSÕES

Através da metodologia aplicada foi possível alcançar os objetivos propostos pelo trabalho e realizar o georreferenciamento dos dois conjuntos de cartas. Porém, devido à falta de referências cartográficas de confiabilidade que possibilitassem um melhor entendimento do dado, o georreferenciamento apresenta limitações. Faz falta controle de qualidade de campo.

No caso do primeiro conjunto de cartas, a evolução urbana que ocorreu em parte da região mapeada ao longo dos anos fez com que a interpretação dos dados homólogos entre as cartas e a ortofoto fosse dificultada, gerando a possibilidade de erros. Além das mudanças nas feições, a época em que a carta analógica foi produzida também torna o trabalho mais dificultoso, pois o envelhecimento do material é inevitável, tornando a digitalização e a posterior visibilidade mais difícil em diversas situações. Por isso, a digitalização de boa qualidade (maior que 300 dpi) é uma tarefa importante.

Faz-se, ainda, necessária uma validação em campo do produto, o que só será possível quando terminar o isolamento social em que se encontra a população brasileira. Para esse processo, indica-se o levantamento de feições homólogas que não foram utilizadas no georreferenciamento através de técnicas de posicionamento precisas, como rastreamento GNSS.

## Referências

BRASIL. (1998). Lei nº 9.636, de 15 de maio de 1998. **Dispõe sobre a regularização, administração, aforamento e alienação de bens imóveis de domínio da União.** Diário Oficial da União, Brasília, D.F., 18 mai. 1998, Seção 1, p 2. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9636compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9636compilado.htm) Acesso em: 30 de jul. de 2020.

ILIFFE, J.; LOTT, R.; **Datums and map projections: for remote sensing, GIS, and surveying.** Boca Raton: CRC Press LLC, 2008. 208 p.

MELO, D. H. C. T. B. et al.; Decifrando o Georreferenciamento. **Geografia Ensino & Pesquisa.** Santa Maria: UFSM, v. 18, n. 3, p. 85-102, set/dez. 2014. Disponível em <<https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/14950>>. Acesso em: 11 ago. 2020.

QGIS. **Documentação do QGIS 2.8.** Disponível em <[https://docs.qgis.org/2.8/pt\\_BR/docs/user\\_manual/plugins/plugins\\_georeferencer.html](https://docs.qgis.org/2.8/pt_BR/docs/user_manual/plugins/plugins_georeferencer.html)> Acesso em: 28 ago. 2020.

QUEIROZ, C. J. **Análise De Transformações Geométricas Para o Georreferenciamento De Imagens Do Satélite CBERS-I.** Porto Alegre R.S. Brasil: UFRGS, 2003. Disponível em <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/6349>> Acesso em: 11 ago. 2020.

SANTOS, A. G. **Método para o georreferenciamento de mapas urbanos baseado na atribuição de pesos aos pontos de controle.** 2009. 206p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2009.

SECRETARIA MUNICIPAL DA FAZENDA. SEFAZ: **Cartografia Digital de Salvador. Salvador, Brasil, 2016/2017.** Disponível em <<http://cartografia.salvador.ba.gov.br/index.php/menu-cartografia/cartografia-digital>. Acesso em: 08 ago. 2020.

SHIMIZU, E.; FUSE, T. R., **Sheeting of historical maps in GIS and its application to landscape visualization of old-time cities: focusing on Tokyo of the past.** Proceedings of the 8th International Conference in Urban Planning and Urban Management, Sendai, Japan, 2003.