

TED SPU

UFPR E LAGEAMB

MANUAL TÉCNICO OPERACIONAL PARA CORREÇÃO GEOMÉTRICA E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE POSICIONAL DE IMAGENS DIGITAIS

2ª EDIÇÃO
2026

SPU

FOTO: MARIANNE OLIVEIRA/LAGEAMB

MANUAL TÉCNICO OPERACIONAL PARA CORREÇÃO GEOMÉTRICA E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE POSICIONAL DE IMAGENS DIGITAIS

TERMO DE EXECUÇÃO DESCENTRALIZADA ENTRE A SECRETARIA DO PATRIMÔNIO DA UNIÃO (SPU) E UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR)

AUTORIA

CAIO DOS ANJOS PAIVA
Edição, revisão textual e coordenação
MARIANNE OLIVEIRA
Produção, edição e revisão textual
ADRIANO ÁVILA GOULART
Produção, edição e revisão textual
LUIZ CARLOS ZEM
Revisão textual e apoio técnico e administrativo

2ª Edição

LAGEAMB
CURITIBA | PR
2026

PROGRAMA

Elaboração de solução procedimental-metodológica referente a obtenção de dados altimétricos para subsidiar a demarcação de terras da União no Paraná, incluindo a implantação da rede geodésica da SPU e capacitações relacionadas.

EXECUÇÃO

Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais (LAGEAMB)
Universidade Federal do Paraná

GESTÃO FINANCEIRA

Fundação da Universidade Federal do Paraná para o Desenvolvimento da Ciência, Tecnologia e da Cultura (FUNPAR)

COLABORADORES

Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais – LAGEAMB/UFPR

EDUARDO VEDOR DE PAULA
Coordenação do LAGEAMB e Integrante do projeto

EQUIPE TÉCNICA

ALEXANDRE BERNARDINO LOPES
CAIO DOS ANJOS PAIVA
CARLOS AUGUSTO WROBLEWSKI
LARA CRISTINI RODRIGUES CANDIDO
LUIZ CARLOS ZEM
MARIANNE OLIVEIRA
PEDRO LUIS FAGGION

COORDENAÇÃO TED SPU

ALEXANDRE BERNARDINO LOPES

PARCEIROS

Superintendência do Patrimônio da União – SPU.
Órgão parceiro institucional
Financiador do projeto

CATALOGAÇÃO NA FONTE – SIBI/UFPR

L123m Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais - LAGEAMB UFPR

Manual técnico operacional para correção geométrica e avaliação da qualidade posicional de imagens digitais [recurso eletrônico]/ Caio dos Anjos Paiva, Adriano Ávila Goulart; Marianne Oliveira, revisão e coordenação; Luiz Carlos Zem, revisão e apoio administrativo; coordenação geral, Eduardo Vedor de Paula – Curitiba: FUNPAR: LAGEAMB/UFPR, 2026.

ISBN: 978-65-5476-043-0
DOI: 10.5281/zenodo.20054148

1. Geoprocessamento. 2. Sensoriamento remoto. 3. Imagens digitais. I. Oliveira, Marianne. II. Zem, Luiz Carlos. III. Título.

CDD 621.3678

Bibliotecária: Vilma Machado CRB9/1563

Sumário

1. **INTRODUÇÃO** 4

2. EMBASAMENTO PARA APLICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PARA A CORREÇÃO GEOMÉTRICA DE IMAGENS AÉREAS E ORBITAIS .. 5

2.1 Tipos de Imagens e suas Aplicações 5

2.2 Definição de Pontos de Controle 7

3. PROCESSO DE CORREÇÃO GEOMÉTRICA NO SOFTWARE QGIS 7

3.1 Adicionando a Imagem aérea ou orbital 8

3.2 Importando a imagem no georreferenciador 8

3.3 Inserindo Pontos de Controle 9

3.4 Configurar a Transformação 11

3.5 Execução da transformação para correção da imagem 15

4. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE PLANIALTIMÉTRICA DE IMAGENS DIGITAIS POR MEIO DO GEOPEC 17

4.1 Definição do número adequado de amostras 17

4.2 Geração do arquivo de pares homólogos 20

4.3 Importação do arquivo de pares homólogos no GeoPEC 22

4.4 Configurações para validação estatística da Acurácia Posicional 24

4.5 Definição da normativa para validação dos produtos digitais 25

5. AVALIAÇÃO PLANIMÉTRICA DO PRODUTO SEGUNDO A PEC . 26

6. CLASSIFICAÇÃO PLANIMÉTRICA DO PRODUTO SEGUNDO A PEC-PCD 29

7. CLASSIFICAÇÃO ALTIMÉTRICA DO PRODUTO SEGUNDO A PEC 30

7.1 Definição da equidistância apropriada para avalição da qualidade posicional altimétrica 31

7.2 Classificação altimétrica do produto 32

7.3 Geração do relatório de qualidade posicional 34

Anexo 1. Exemplo de Relatório com Análise dos Resultados 35

1. **INTRODUÇÃO**

A precisão posicional dos dados espaciais é deve assegurar a confiabilidade geométrica das informações geográficas. Esse aspecto adquire uma importância ainda maior no contexto da demarcação de áreas, pois essas delimitações devem cumprir normas específicas de precisão e acurácia, adequadas ao direito de propriedade. Seja no meio rural ou urbano.

Exemplos dessa relevância são observados nas normativas do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Nas demarcações de imóveis rurais, por exemplo, a Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR) do INCRA, que visa atender à Lei 10.267/2001, estabelece diretrizes para garantir a qualidade e precisão na demarcação dos limites de propriedade. De acordo com o Manual Técnico de Georreferenciamento de Imóveis Rurais (MTGIR), é necessário que os vértices delimitadores dos limites de propriedade alcancem uma precisão posicional adequada ao tipo de limite representado, sendo de 0,50 m para limites artificiais, 3,00 m para limites naturais e 7,50 m para limites inacessíveis.

Já nas áreas urbanas, as normativas vinculadas à Lei 13.465/2017, que regulamenta os processos de Regularização Fundiária Urbana (REURB), orientam o estabelecimento de uma precisão posicional de 8cm para os vértices delimitadores dos limites dos imóveis urbanos e suas confrontações.

Nesse contexto, os avanços tecnológicos no campo do Sensoriamento Remoto (SR) têm oferecido alternativas para a utilização de imagens orbitais para extração de coordenadas para fins de demarcação. A própria atualização da NTGIR em 2022, que passou a permitir o uso de imagens de SR e aerofotogrametria, fornecendo novas orientações para a aplicação dessas técnicas, reforça essa afirmação.

De maneira geral, as técnicas de sensoriamento remoto produzem uma variedade de dados a partir das imagens capturadas por sensores, retratando as características da superfície terrestre em diferentes faixas do espectro eletromagnético. Esses dados incluem arquivos *raster* com informações variadas, a partir dos quais são gerados produtos como modelos digitais de terreno (MDT) e de elevação (MDE), classes de uso e ocupação do solo, índices de vegetação, entre outros (Florenzano, 2007).

No entanto, a simples obtenção desses produtos não garante que eles sejam compatíveis com as precisões exigidas pelas regulamentações oficiais no âmbito da qualidade posicional, com vistas às demarcações de áreas. Para que as coordenadas nas imagens atinjam os níveis de precisão requeridos, é fundamental que elas passem por um tratamento adequado, com o objetivo de atribuir o melhor grau de acurácia posicional possível.

Tão logo, entender os aspectos que determinam a qualidade posicional das informações presentes nas imagens digitais é essencial. Para isso, este Procedimento Operacional Padrão (POP) é dividido em duas etapas: a primeira trata da correção geométrica das imagens, visando melhorar a acurácia

planimétrica dos produtos obtidos por sensoriamento remoto e aerofotogrametria; já a segunda etapa busca estabelecer os procedimentos para avaliação planimétrica e altimétrica das imagens digitais, Modelos Digitais de Terreno (MDT) e Modelos Digitais de Elevação (MDE). Busca também, assegurar que os produtos atendam aos padrões de qualidade estabelecidos pelo Decreto-lei 89.817, que regula as Normas Técnicas da Cartografia Nacional. O objetivo é garantir o correto estabelecimento das incertezas posicionais das delimitações de área conforme a classificação proposta pelo Padrão de Exatidão Cartográfica para Produtos Digitais (PEC-PCD).

2. EMBASAMENTO PARA APLICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PARA A CORREÇÃO GEOMÉTRICA DE IMAGENS AÉREAS E ORBITAIS

Como mencionado, a simples obtenção dos produtos resultantes de técnicas de sensoriamento remoto e aerofotogrametria não os torna adequados para a extração de coordenadas para fins de demarcação de áreas. É necessário validar a posição das imagens no espaço, atribuindo-lhes coordenadas que retratem de forma fidedigna os limites a serem demarcados. Essa validação é essencial porque a resolução espacial das imagens, ou seja, o tamanho do pixel das imagens, está relacionada ao conceito de precisão, e não de acurácia.

A resolução espacial refere-se apenas ao nível de detalhe de uma imagem, não assegurando que a localização das feições na imagem corresponda exatamente às posições no terreno. É importante lembrar que a acurácia do georreferenciamento determina a exatidão da posição geográfica, ou seja, a qualidade posicional das feições nas imagens. Assim, uma imagem com alta resolução espacial pode ser geograficamente imprecisa se não houver um georreferenciamento adequado. Portanto, atribuir coordenadas exatas às imagens é essencial para garantir a demarcação de áreas por meio de técnicas de sensoriamento remoto e aerofotogrametria.

2.1 Tipos de Imagens e suas Aplicações

A correção geométrica visa garantir o correto posicionamento dos pixels das imagens no espaço, assegurando que esses pixels possuam correspondência espacial com o terreno em um mesmo sistema de coordenadas. É importante destacar que os pixels são a menor unidade de uma imagem digital e suas dimensões variam conforme a resolução espacial da imagem. A resolução espacial, ou tamanho do pixel, determina o nível de detalhe que pode ser identificado na imagem. Assim, a capacidade de identificar objetos depende diretamente da resolução espacial.

Antes de iniciar o processo de correção geométrica, é necessário estabelecer parâmetros para a utilização das imagens com fins de demarcação. Imagens com um nível de detalhe inferior à precisão requerida para a demarcação não garantirão a correta delimitação das áreas, mesmo após a correção geométrica.

A tabela a seguir (Tabela 1) apresenta algumas das imagens mais comuns atualmente utilizadas para fins de mapeamento, suas características em termos de resolução espacial, a escala compatível com essa resolução, aplicações mais frequentes e a viabilidade de aplicação em demarcações em diferentes contextos. Vale ressaltar que essa tabela serve como um guia para ajudar o usuário a escolher, com base em suas necessidades e na disponibilidade de dados, as imagens mais adequadas para suas finalidades.

Quadro 1. Principais imagens orbitais e suas aplicações.

Imagem	**Resolução Espacial (m)**	**Melhor Escala Esperada**	**Pior Escala Esperada**	**Limites Urbanos (precisão de 8 cm)**	**Limites Rurais (precisão de 0,5 m)**	**Limites Rurais (precisão de 3 m)**	**Limites Rurais (precisão de 7,5 m)**	**Acesso Livre**
Landsat 8/9	15-30	1:75.000	1:150.000	Não	Não	Não	Não	Sim
Sentinel-2	10-60	1:50.000	1:300.000	Não	Não	Não	Não	Sim
PlanetScope (Planet)	3-5	1:15.000	1:25.000	Não	Não	Sim	Sim	Sim
WorldView-3/4	0,31-1,24	1:1.500	1:7.000	Não	Sim	Sim	Sim	Não
GeoEye-1	0,41-1,65	1:2.000	1:10.000	Não	Sim	Sim	Sim	Não
SPOT 6/7	1,5-6	1:7.500	1:30.000	Não	Não	Sim	Sim	Não
TerraSAR-X	1-3	1:5.000	1:15.000	Não	Não	Sim	Sim	Não
ALOS PALSAR	10-30	1:50.000	1:150.000	Não	Não	Não	Não	Sim
SRTM	30	1:150.000	1:150.000	Não	Não	Não	Não	Sim
CBERS	2-10	1:10.000	1:50.000	Não	Não	Sim	Sim	Sim

Links para download das imagens mais comuns:

Landsat 8/9: https://earthexplorer.usgs.gov/

Sentinel: https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/

Planet: https://www.planet.com/basemaps/

SRTM: https://earthdata.nasa.gov/

CBERS: http://www.dgi.inpe.br/catalogo/explore

2.2 Definição de Pontos de Controle

Os pontos de controle são pontos com coordenadas conhecidas e consideradas isentas de erros. Embora seja reconhecido que qualquer coordenada obtida por observações ou medições esteja sujeita a imperfeições, os erros associados aos pontos de controle são geralmente desconsiderados no processo de georreferenciamento das imagens. De maneira simplificada, os pontos de controle servem para correlacionar as feições presentes nas imagens com suas correspondentes no terreno, permitindo ajustar os sistemas de coordenadas das imagens (espaço imagem) a um referencial geodésico (espaço objeto).

Os pontos de controle podem ser extraídos de diferentes fontes, sendo as mais comuns:

- Levantamentos feitos *in loco*, como os realizados com técnicas GNSS (*Global Navigation Satellite System*) ou topografia clássica;
- Imagens de satélite diversas, desde que sua documentação (metadados) indiquem que a resolução espacial e acurácia posicional destas imagens sejam superiores as da imagem que será corrigida;
- Cartas topográficas do Mapeamento de Referência Nacional, com escala igual ou superior a imagem que será corrigida;

Obs: O resultado de uma correção está sempre condicionado a qualidade posicional dos pontos de controle. A qualidade posicional do produto resultante da correção, nunca será melhor do que da base de referência.

3. PROCESSO DE CORREÇÃO GEOMÉTRICA NO SOFTWARE QGIS

Conhecendo a resolução espacial de uma imagem, é possível estabelecer a capacidades desta imagem em atender uma determinada necessidade de demarcação (consultar Tabela 1). Isto posto, é possível executar os procedimentos operacionais para a correção geométrica da imagem utilizando um *software* de SIG. É aconselhável optar por imagens que sejam compatíveis com a precisão esperada para os diversos tipos de limites. Independentemente da fonte dos dados, a metodologia de correção geométrica é aplicável a todas as imagens digitais, sejam elas advindas de sensores orbitais ou obtidas por técnicas aerofotogramétricas. De acordo com a literatura especializada, recomenda-se um número mínimo de cinco pontos de controle com coordenadas conhecidas para a eficiência da correção (WOLF; DEWITT, 2000; JENSEN, 2007).

Para realizar o processo, é necessário ter um *software* de SIG instalado em seu computador. A seguir, será exemplificado o procedimento utilizando o *software* QGIS em sua versão 3.34.

3.1 Adicionando a Imagem aérea ou orbital

Com o *software* QGIS instalado, inicie criando um projeto (Figura 1). Em seguida, vá até a opção "Adicionar Camada" e selecione "Adicionar *Raster*" (Figura 2). Escolha a imagem que será o foco da correção e carregue-a na área de trabalho.

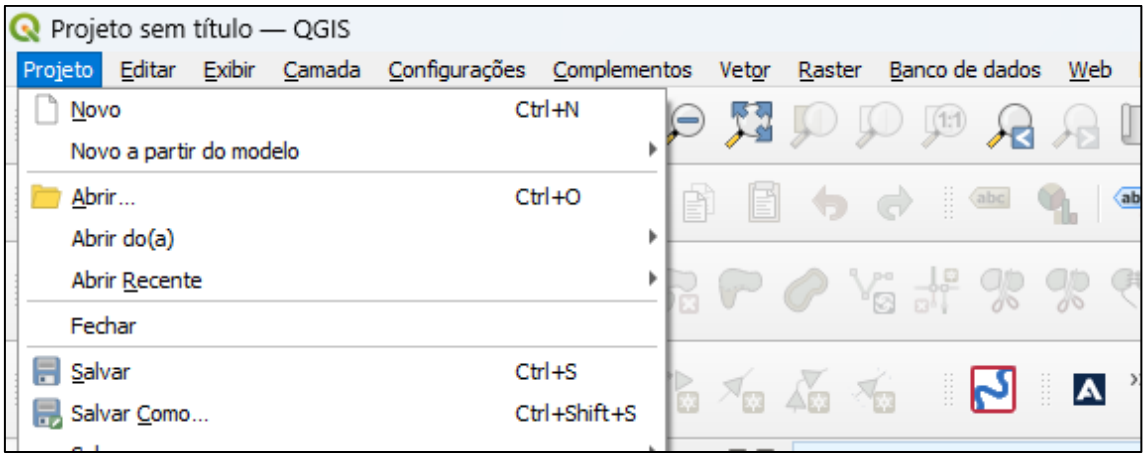


Figura 1: Criação do projeto.

3.2 Importando a imagem no georreferenciador

Para dar continuidade a correção da imagem. Na barra de ferramentas clique em "Camada" > "Georreferenciador"

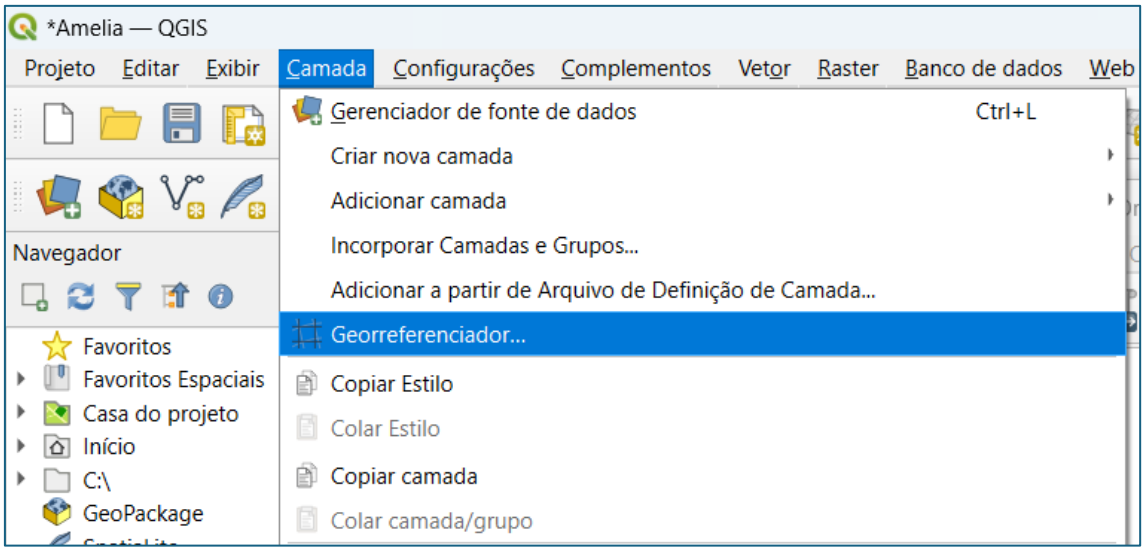


Figura 2: Interface do QGIS com o caminho para a ferramenta para o georreferenciamento.

A janela do georreferenciador será aberta. Clique em "Abrir *Raster*" e selecione novamente a imagem que será corrigida (Figura 3).

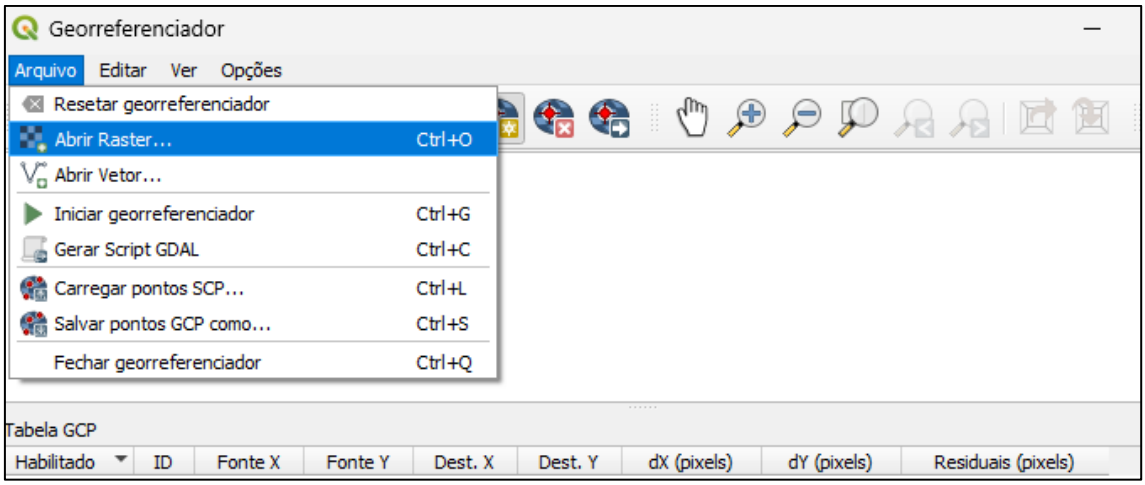


Figura 3: Importação da imagem na área de trabalho do georreferenciador.

3.3 Inserindo Pontos de Controle

Com a imagem já aberta na janela do georreferenciador (Figura 4, item 1), clique no botão "Adicionar Ponto" (Figura 4, item 2). Em seguida, inicie o procedimento selecionando um ponto com coordenada conhecida, e que seja foto identificável na imagem. Na janela, no item "Adicionar Coordenadas", insira as coordenadas conhecidas desse ponto. Este procedimento significa identificar na imagem o local correspondente ao ponto no terreno. Esse procedimento é realizado manualmente pelo operador. Por exemplo, se o ponto de controle no terreno foi obtido por meio de técnicas GNSS, o operador deve ser capaz de identificar, observando a imagem, o local correspondente ao ponto no terreno e que seja compatível, considerando a escala correspondente para cada imagem.

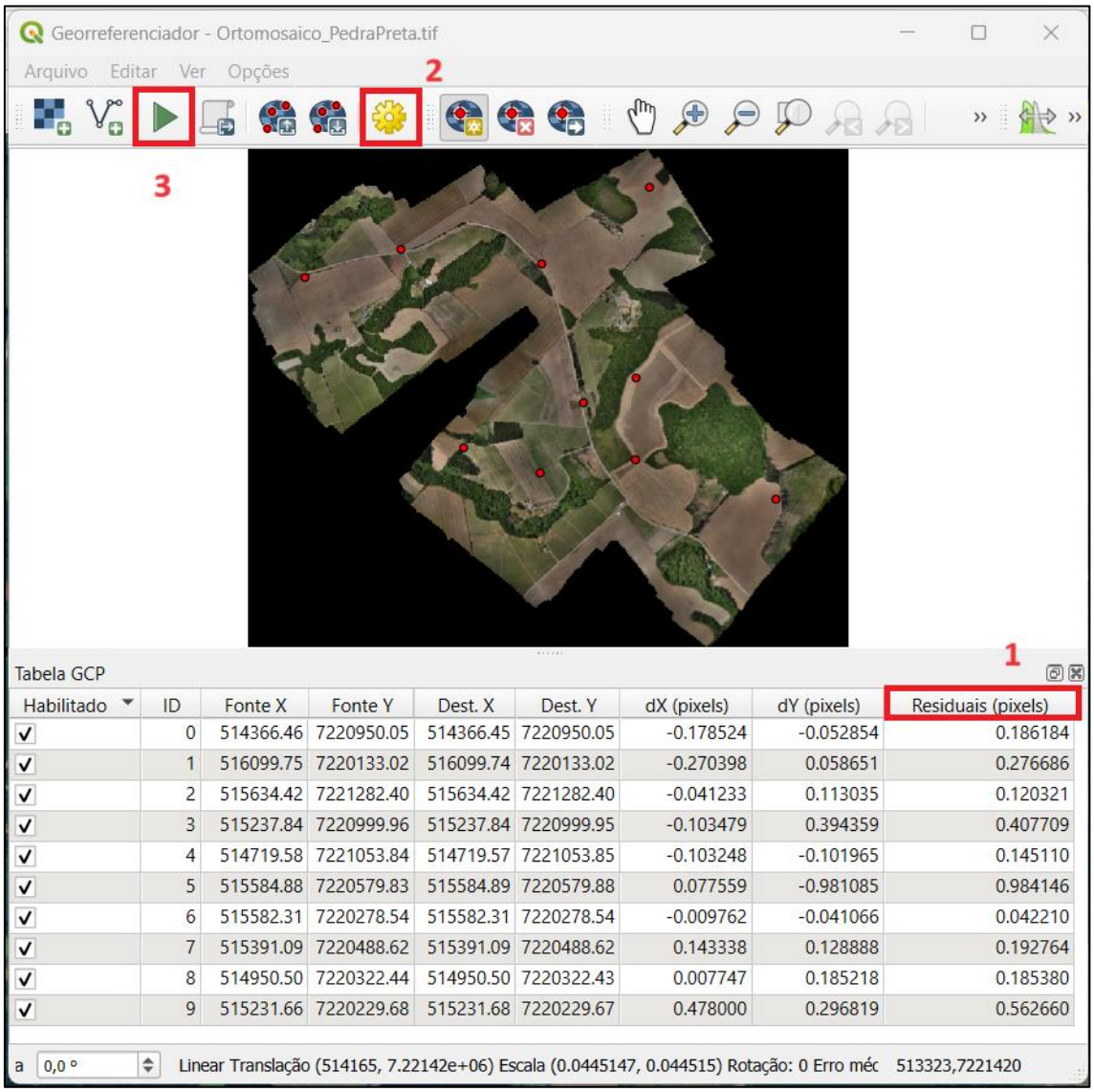


Figura 4: Procedimento operacional para adicionar os pontos de controle na imagem.

Para concluir a distribuição dos pontos, repita o processo utilizando no mínimo 5 (cinco) pontos bem distribuídos por toda a imagem. A distribuição dos pontos é fator determinante para a qualidade da correção geométrica.

Com a inserção de três pontos de controle na imagem, o programa atualiza a tabela dos GCPs, que começa a exibir o erro de cada ponto na coluna "Residuais (pixel)" (Figura 5). O erro residual representa a diferença entre a posição prevista e a posição real dos pontos na imagem, auxiliando na avaliação

da qualidade e precisão do georreferenciamento durante a inserção das coordenadas. Caso o operador identifique um erro residual significativo em algum GCP, ele pode optar por excluir ou ajustar as coordenadas dos pontos com erros elevados. Vale ressaltar que o erro é apresentado em unidades de pixel, e não em metros.



Habilitado	ID	Fonte X	Fonte Y	Dest. X	Dest. Y	dX (pixels)	dY (pixels)	Residuais (pixels)
☑	0	514366.46	7220950.05	514366.45	7220950.05	-0.178524	-0.052854	0.186184
☑	1	516099.75	7220133.02	516099.74	7220133.02	-0.270398	0.058651	0.276686
☑	2	515634.42	7221282.40	515634.42	7221282.40	-0.041233	0.113035	0.120321
☑	3	515237.84	7220999.96	515237.84	7220999.95	-0.103479	0.394359	0.407709
☑	4	514719.58	7221053.84	514719.57	7221053.85	-0.103248	-0.101965	0.145110
☑	5	515584.88	7220579.83	515584.89	7220579.88	0.077559	-0.981085	0.984146
☑	6	515582.31	7220278.54	515582.31	7220278.54	-0.009762	-0.041066	0.042210
☑	7	515391.09	7220488.62	515391.09	7220488.62	0.143338	0.128888	0.192764
☑	8	514950.50	7220322.44	514950.50	7220322.43	0.007747	0.185218	0.185380
☑	9	515231.66	7220229.68	515231.68	7220229.67	0.478000	0.296819	0.562660

Figura 5: Exemplo de erro observado em unidades de pixels.

3.4 Configurar a Transformação

Após estabelecer a correspondência entre a imagem e o terreno a partir dos pontos de controle, clique em "Configurações de Transformação" (ícone de engrenagem no *software*).

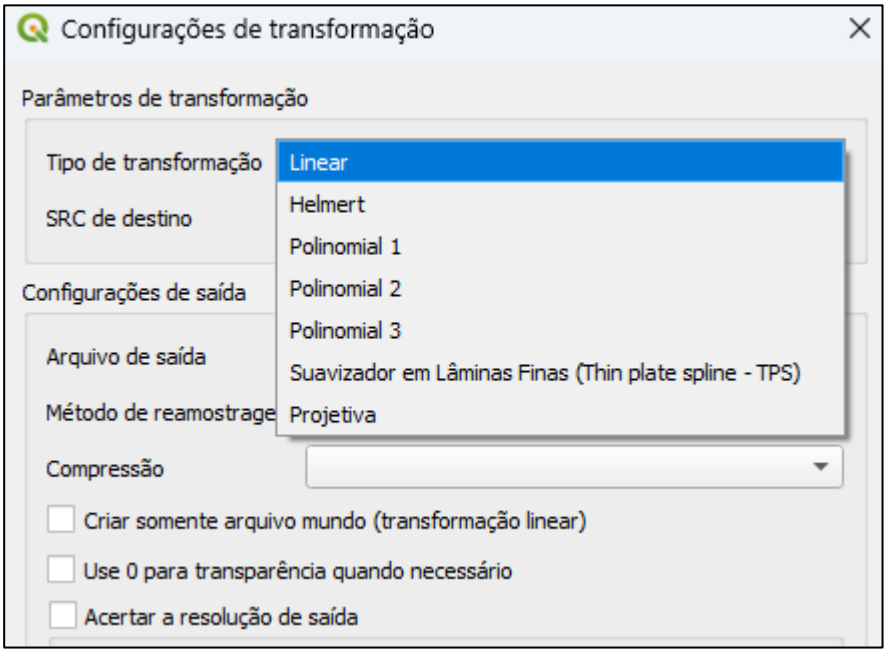


Figura 6: Seleção do tipo de transformação, indicada a partir das características da região de interesse presente na imagem.

Para selecionar o método de transformação adequado é preciso ter entendimento de como ocorre uma transformação matemática entre coordenadas da imagem e do terreno (espaço imagem e espaço objeto). O método determina como a transformação ocorrerá, ou seja, como as rotações e translações, fator de escala, entre outras, serão aplicados nos pixels da imagem (espaço imagem), para fazer a correspondência espacial dos pixels da imagem com o terreno (espaço objeto). São os pontos de controle que estabelecem esta relação.

O método de transformação deve ser selecionado considerando as características do terreno e a natureza das distorções na imagem. Genericamente pode-se escolher as seguintes transformações para cada tipo de situação:

Quadro 2. Tipos de transformações e características do terreno.

Transformação	Quando Aplicar
Linear	Adequado para imagens de pequenas áreas e com distorções mínimas decorrentes dos processos de captura de imagens.
Helmert	Adequado para imagens que precisam ser alinhadas e dimensionadas. Imagens com rotação ou necessidade de ajuste de escala e com deslocamento posicional acentuado.
Polinomial 1º Grau	Imagens de terrenos regulares e com poucas distorções decorrentes do processo de aquisição.
Polinomial 2º Grau	Imagens de terrenos com pequenas variações de relevo e distorções mínimas decorrentes dos processos de aquisição
Polinomial 3º Grau	Imagens com grandes distorções decorrentes dos processos de aquisição e variações acentuadas do terreno.
Projetiva	Imagens de terrenos inclinados com necessidade de preservação da linearidade

Na janela "SRC de destino", deve-se definir a projeção mais adequada para representar o resultado da correção geométrica (Figura 7). Recomenda-se o uso de uma projeção conforme, como a Universal Transversa de Mercator (UTM), ou o próprio Plano Topográfico Local.

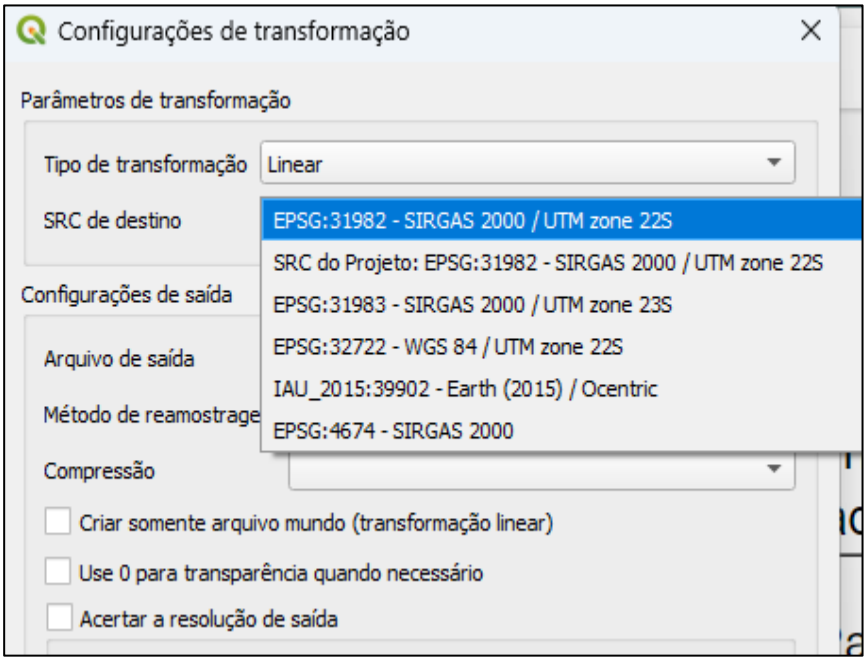


Figura 7: Verificação do SRC de saída.

Em “configurações de saída”, deve-se escolher o local de saída do arquivo resultante da transformação e o método de reamostragem (Figura 8). O método

de reamostragem é importante para garantir que a qualidade visual da imagem seja preservada ou melhorada após o processo de georreferenciamento.

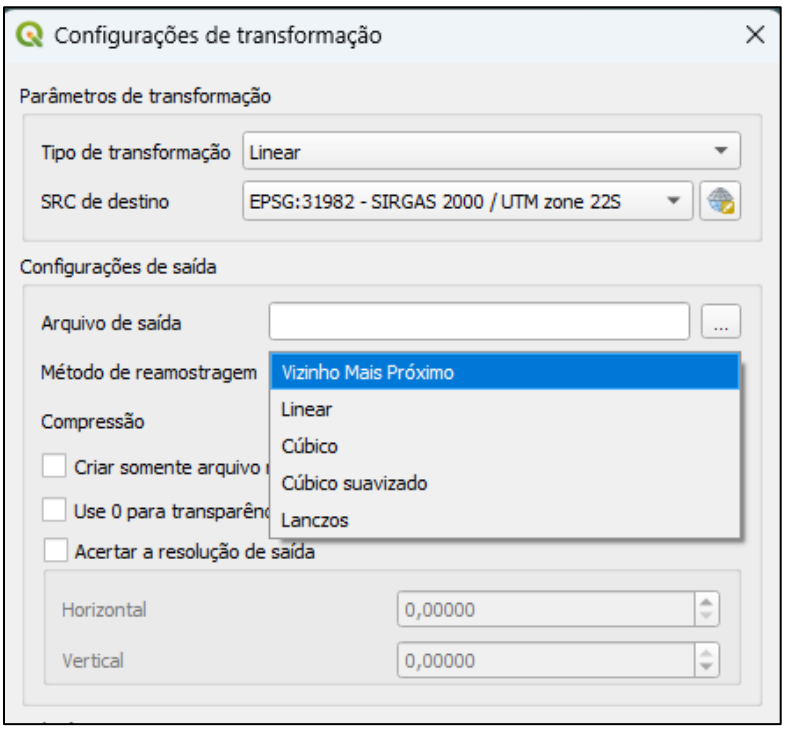


Figura 8: Seleção do método de reamostragem adequado.

No contexto do georreferenciamento de imagens, a reamostragem é o processo de ajustar a resolução ou o tamanho da imagem para que ela se encaixe corretamente em um sistema de coordenadas predefinido. Utilize a tabela 3 como referência para definição do método de reamostragem.

Quadro 3. escolha do método de reamostragem.

Método de Reamostragem	**Quando Aplicar**
Vizinho mais próximo	Escolhe o valor do pixel mais próximo para reamostrar um pixel alvo. O processamento é rápido, mas pode criar bordas irregulares.
Bilinear	Calcula a média ponderada dos 4 pixels vizinhos mais próximos do pixel alvo. Suaviza as transições, mas pode ser um pouco borrado.
Cúbica Suavizada	Usa 16 pixels vizinhos para uma interpolação mais suave e precisa. Melhora a qualidade, mas o processamento é mais lento.
Lanczos	Usa uma janela maior de pixels (geralmente 8x8) para uma interpolação mais precisa. Mantém a qualidade alta, mas exige um esforço computacional maior

Outro ponto relevante que deve ser definido nas configurações de transformação é a geração dos relatórios, tanto do mapa em PDF quanto do relatório completo também em PDF (Figura 9).

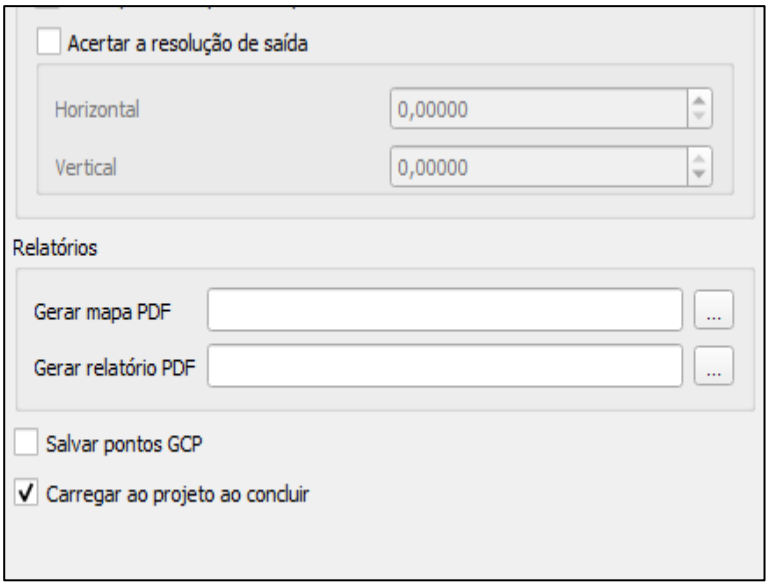


Figura 9:Exportando os relatórios do georreferenciamento.

Por último, ainda na janela de configurações de transformação, pode-se marcar a opção “Salvar pontos GCP” (Figura 10, número 4), dessa forma, os pontos de controle pré-selecionados poderão ser utilizados em um novo processo utilizando a mesma imagem. Resumidamente a Figura 9 expõe a ordem do preenchimento das informações esplanadas acima.

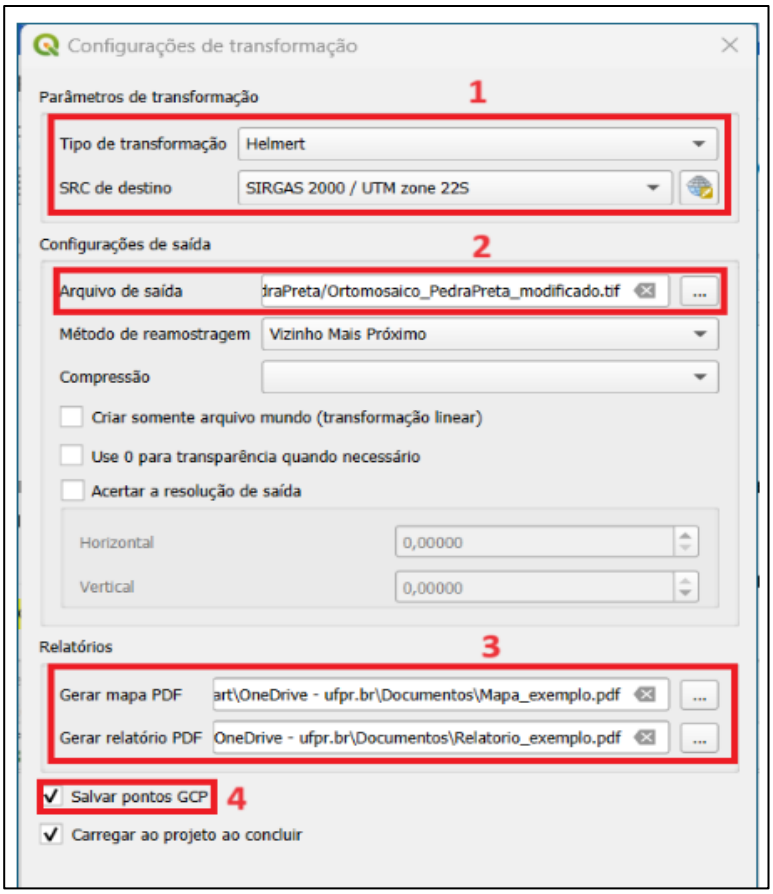


Figura 10: Janela de configurações do georreferenciador com os parâmetros utilizados para realizar o georreferenciamento com destaque para os parâmetros da transformação, o local da saída do arquivo georreferenciado e o local de saída dos relatórios.

3.5 Execução da transformação para correção da imagem

A execução do georreferenciamento da imagem ou correção geométrica se dá via ícone "Iniciar Georreferenciamento" (Figura 11).

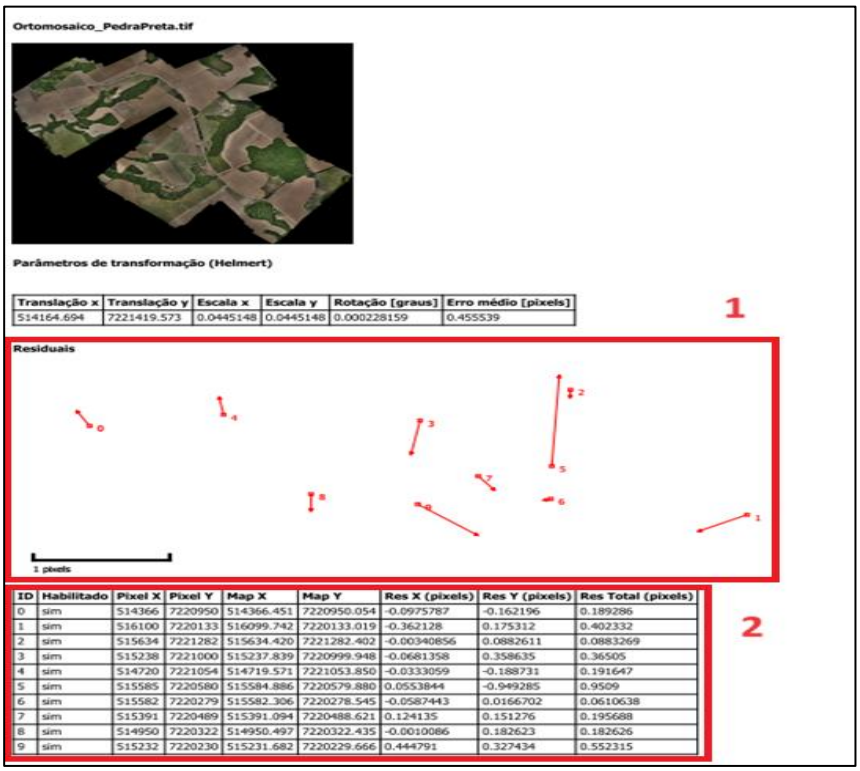


Figura 11: Iniciar o Georreferenciamento.

Após realizar o georreferenciamento da imagem, a mesma é salva no local especificado. Em um relatório PDF é indicado as direções dos vetores que representam os desvios do processo de comparação entre as coordenadas da

imagem e suas homólogas no terreno (pontos de controle). O ideal é que a direção dos vetores não apresente tendenciosidade, ou seja, que a direção e sentido se apresentem de forma aleatória na tela do computador. É importante destacar que esses desvios são relativos e não absolutos, em outras palavras, indicam a direção do erro planimétrico.

Após finalizar o processo de georreferenciamento e salvar o relatório e a imagem em PDF, feche a janela do “georreferenciador”. No painel de camadas do QGIS, será possível visualizar a nova imagem georreferenciada, os valores de discrepância obtidos e as direções dos desvios alcançados (Figura 12). Além dos vetores, também é gerada uma tabela com as coordenadas X e Y (Figura 12, número 2) que servirá de base para a entrada de dados no GeoPEC, etapa mais à frente.



Translação x	Translação y	Escala x	Escala y	Rotação [graus]	Erro médio [pixels]
514164.694	7221419.573	0.0445148	0.0445148	0.000228159	0.455539

ID	Habilitado	Pixel X	Pixel Y	Map X	Map Y	Res X (pixels)	Res Y (pixels)	Res Total (pixels)
0	sim	514366	7220950	514366.451	7220950.054	-0.0975787	-0.162196	0.189286
1	sim	516100	7220133	516099.742	7220133.019	-0.362128	0.175312	0.402332
2	sim	515634	7221282	515634.420	7221282.402	-0.00340856	0.0882611	0.0883269
3	sim	515238	7221000	515237.839	7220999.948	-0.0681358	0.358635	0.36505
4	sim	514720	7221054	514719.571	7221053.850	-0.0333059	-0.188731	0.191647
5	sim	515585	7220580	515584.886	7220579.880	0.0553844	-0.949285	0.9509
6	sim	515582	7220279	515582.306	7220278.545	-0.0587443	0.0166702	0.0610638
7	sim	515391	7220489	515391.094	7220488.621	0.124135	0.151276	0.195688
8	sim	514950	7220322	514950.497	7220322.435	-0.0010086	0.182623	0.182626
9	sim	515232	7220230	515231.682	7220229.666	0.444791	0.327434	0.552315

Figura 12: Indicação das discrepâncias e as coordenadas.

4. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE PLANIALTIMÉTRICA DE IMAGENS DIGITAIS POR MEIO DO GEOPEC

O **GeoPEC** é um software voltado para avaliação da precisão posicional de dados espaciais. Desenvolvido por pesquisadores brasileiros, ele permite verificar a qualidade de dados espaciais em conformidade com os padrões e normas da cartografia nacional. Entre eles:

- Decreto 89.817 [1984]: Focado na cartografia terrestre sistemática nacional de produtos analógicos;
- NBR 13.133 [94/2021]: Que trata dos processos de inspeção de levantamentos topográficos;
- ET-CQDG [2016] e Manual de Avaliação da Qualidade de Dados Geoespaciais do IBGE: Que trazem o embasamento para as avaliações de qualidade da cartografia terrestre nacional para produtos digitais;
- Normativa Incra NE 02 [2018]: Focado no uso de aerofotogrametria no processo de georreferenciamento de imóveis rurais.

Neste POP, as aplicações abordadas estão centradas na avaliação de imagens aéreas e orbitais com vista a atender as especificações da ET-CQDG [2016] e do Manual de Avaliação da Qualidade de Dados Geoespaciais do IBGE. Recomenda-se consultar as especificações relevantes de cada norma mencionada para adequar as atividades descritas às necessidades específicas de diferentes aplicações.

Os itens a seguir, descrevem exemplos que servirão tanto para avaliação da qualidade planimétrica de imagens orbitais de aéreas, como para a avaliação da qualidade posicional altimétrica de Modelos Digitais de Terreno (MDT) e Modelos Digitais de Superfície (MDS).

4.1 Definição do número adequado de amostras

A etapa inicial para a verificação da qualidade posicional dos dados espaciais utilizando o GeoPEC é a determinação do número adequado de amostras. Essas amostras são pontos identificáveis nas imagens, que apresentam correspondência posicional com uma fonte de dados de maior precisão, conhecida como base de referência. Neste Procedimento Operacional Padrão, utilizaremos como exemplo de dados de referência, coordenadas de pontos GNSS de alta precisão. Com o *software* GeoPEC aberto (Figura 13), disponível para *download* em: http://www.geopec.com.br/, selecione a opção “Amostragem [1]” na barra de ferramentas. Em seguida, escolha a normativa que será utilizada como critério para a definição do número adequado de amostras [2]. Para produtos digitais, como imagens orbitais e derivadas de

aerolevantamentos, recomenda-se utilizar as diretrizes presentes nas normativas da Especificações Técnicas para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG).

Defina o valor de área em quilômetros para o local investigado. Defina a escala adequada para o teste e clique em “Calcular quantidade de células”. É importante considerar que a escala adequada deve ser escolhida com base no nível de detalhe que o produto testado oferece, ou seja, na resolução espacial do mesmo. Para imagens digitais, recomenda-se consultar o Quadro 1 deste POP, que relaciona a resolução espacial das imagens à escala esperada.

Após preenchimentos dos valores, o *software* fornecerá na coluna a esquerda da tela o “Número de células válidas” para a coleta de amostras.

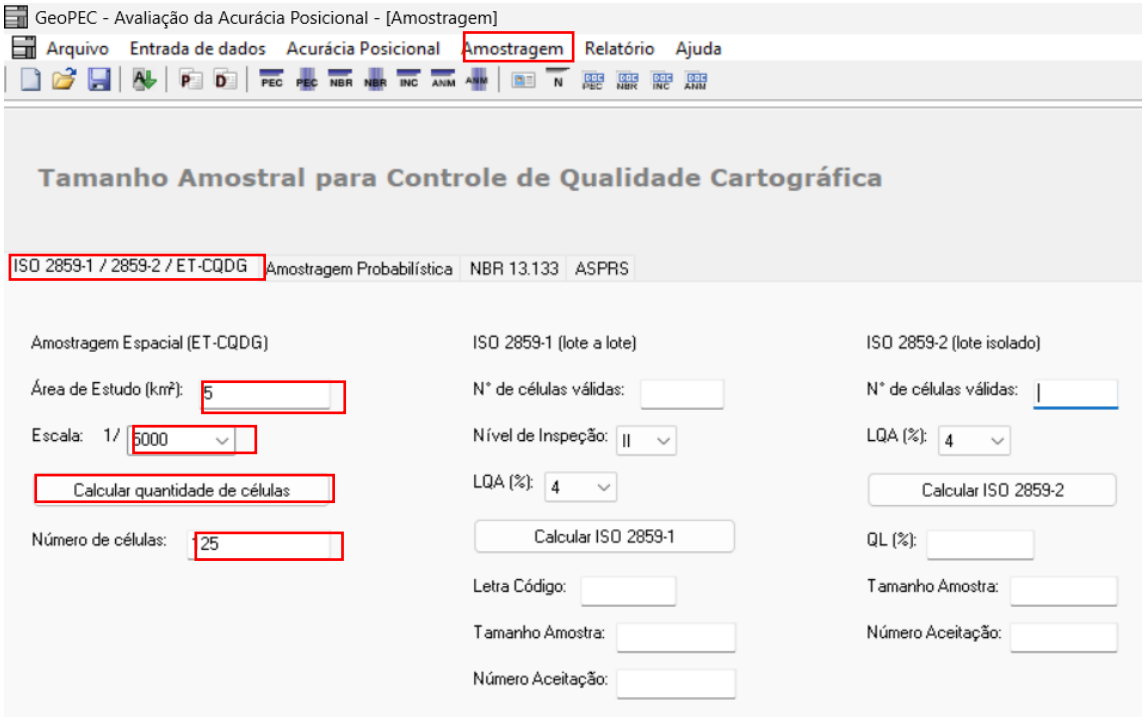


Figura 13: Avaliação da amostragem para área e escala compatível.

A definição do número de células tem como intuito facilitar a distribuição espacial das amostras no terreno, permitindo comparar as coordenadas dos pontos da base de referência com as correspondentes no produto testado em um espaço amostral espacialmente distribuído. Maiores detalhes sobre distribuição amostral e sua relação com o número de células válidas podem ser observados na documentação da ET-CQDG.

Após o *software* fornecer o número de células válidas, copie e cole a informação no quadro disponível, conforme Figura 14. Neste exemplo, utilizaremos a opção "lote isolado" para o cálculo do número de amostras, seguindo as orientações da ISO 2859-2. Esta opção é adequada para a comparação das coordenadas de pares homólogos de produtos homogêneos derivados de um único levantamento. Em contraste, a opção "lote a lote" é

utilizada quando as coordenadas dos pares homólogos provêm de diferentes levantamentos ou conjuntos de dados heterogêneos.

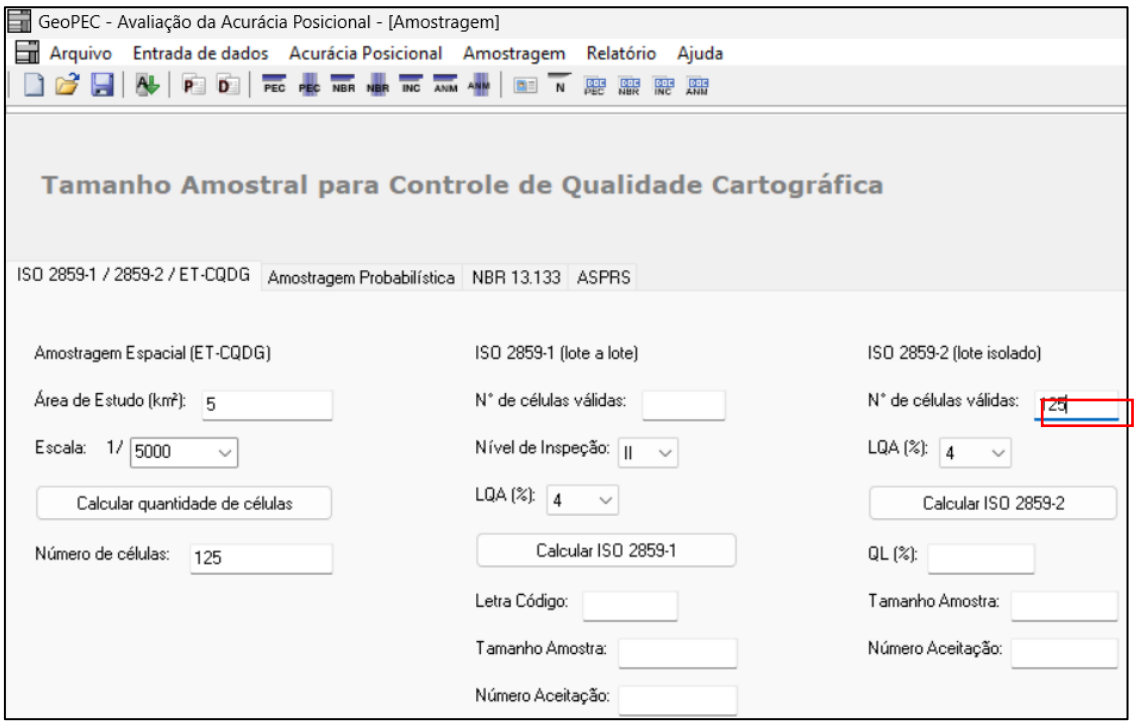


Figura 14: Aplicação das células validas para a amostragem.

Ainda na coluna referente a “lote isolado” defina o “LQA (Percentual de Qualidade Aceitável)”. Um percentual mais alto proporciona maior flexibilidade na avaliação estatística, resultando em um menor número de amostras exigidas pelo *software* para o processo de comparação. Escolha o percentual de acordo com o nível de precisão desejado: 1% para avaliações com controle de qualidade rigoroso e alta precisão posicional; 4% para avaliações intermediárias; e 10% para avaliações mais flexíveis.

Em “Tamanho da Amostra”, após clicar em “Calcular” será apresentado o número de amostras necessárias para a comparação dos pares homólogos

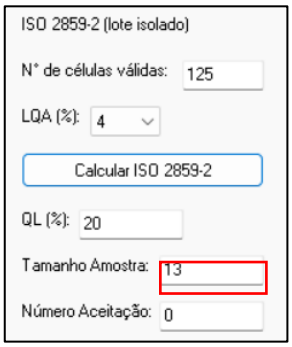


Figura 15: Aplicação das células para definição do tamanho amostral.

4.2 Geração do arquivo de pares homólogos

A etapa que segue após identificação do número adequado de amostras é a seleção dos pontos de checagem homólogos. Esses pontos devem possuir coordenadas conhecidas no terreno e passíveis de identificação na imagem foco de avalição. Deve-se garantir que os pontos de checagem possuam qualidade posicional igual ou superior ao produto foco de avaliação. Além disso, é essencial garantir que esses pontos sejam distribuídos de forma adequada ao longo da imagem, para uma avaliação precisa. Nesse sentido, a criação de uma grade regular, seguindo a quantidade apresentada no "Número de células válidas" pode facilitar o processo.

Para selecionar os pontos de checagem pode-se utilizar um *software* de SIG, como QGIS, por exemplo, seguindo os passos abaixo:

i. **Carregue a imagem foco de avaliação (Figura 15).**

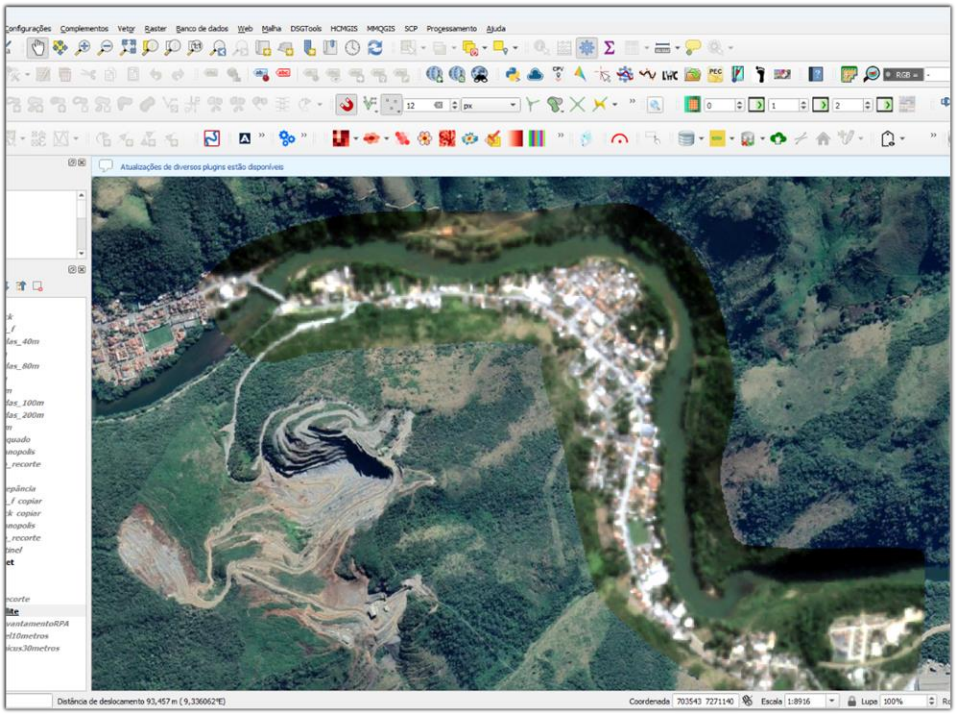


Figura 16: Abrindo a imagem de interesse para avaliação.

ii. **Carregue o conjunto de dados de referência**: Adicione uma camada com dados de referência (por exemplo, ortofotos ou mapas vetoriais com alta precisão, ou uma camada com dados GNSS). Recomenda-se que seja consultada a documentação dos dados de referência para garantir que a qualidade posicional destes dados é compatível com a qualidade dos dados a serem testados.

iii. **Extraia as coordenadas dos pontos de checagem do conjunto de dados de referência (Figura 16)**.

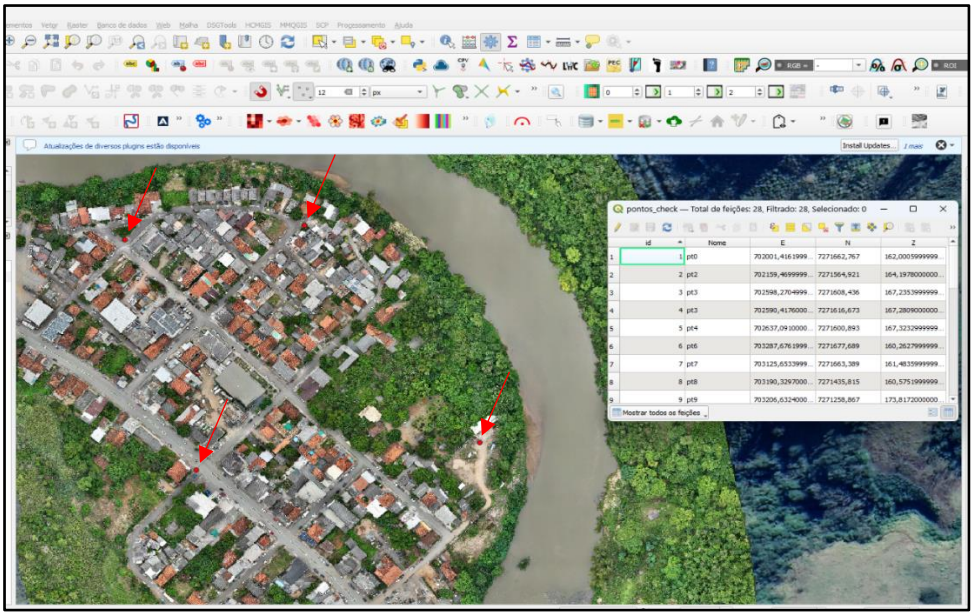


Figura 17: Extraindo coordenadas dos dados de referência, neste exemplo a tabela de atributos apresenta os valores obtidos no levantamento com GNSS.

iv. **Extraia coordenadas homólogas às coordenadas dos pontos de checagem na imagem avaliada:**

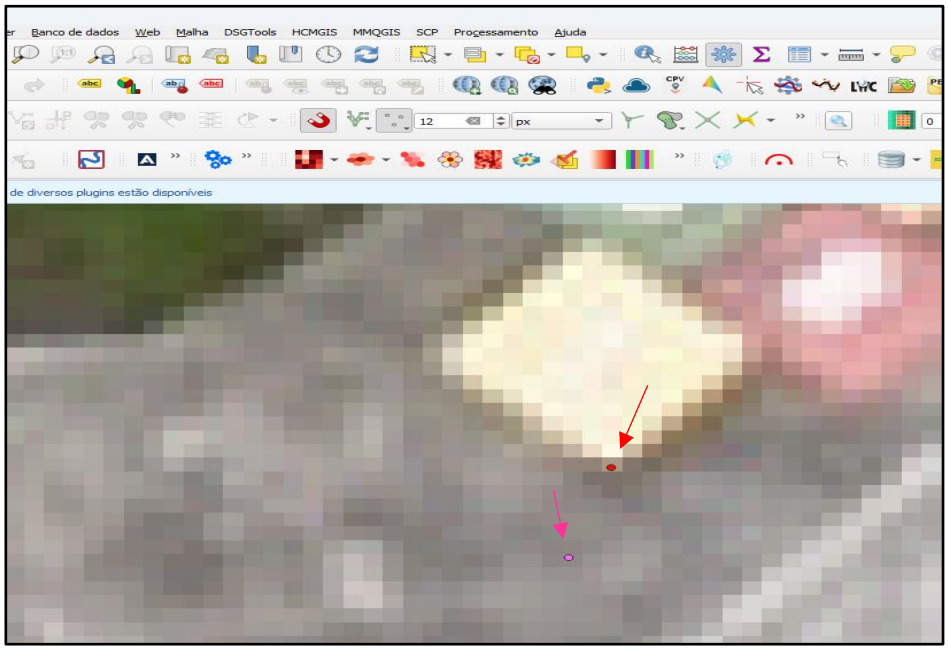


Figura 18: Em rosa o ponto de referência. Em vermelho o seu homólogo identificados na imagem foco de avaliação.

v. **Salve as coordenadas dos pontos de checagem e coordenadas extraídas da imagem que está sendo testada em uma tabela com extensão .txt, conforme ilustração a seguir (figura 19)**:

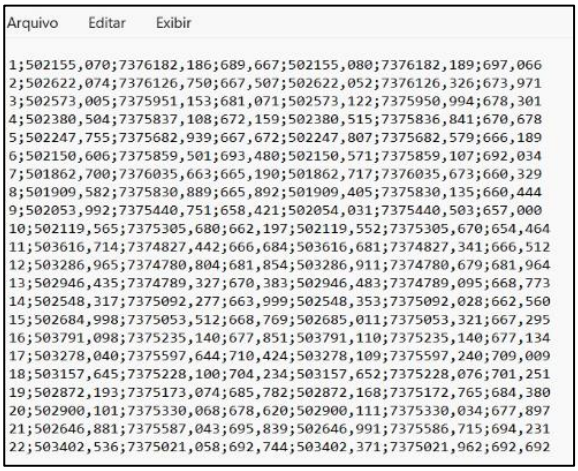


Figura 19: Arquivo de texto contendo as coordenadas dos pontos para avaliação.

Esses pontos servirão para a comparação e avaliação da qualidade planimétrica da imagem de satélite no Software GeoPec.

4.3 Importação do arquivo de pares homólogos no GeoPEC

Esta etapa envolve a importação de um conjunto de coordenadas homólogas para o GeoPEC em formato adequado. Para que o *software* possa realizar cálculos e gerar os relatórios de qualidade corretamente, as coordenadas devem ser estruturadas de acordo com os requisitos estabelecidos pelo programa. No entanto, você pode optar por estruturá-las em diferentes formatos disponíveis, conforme sua preferência. Para isso, escolha a opção “Entrada de dados” e em seguida “Importar dados de um arquivo” (Figura 20).

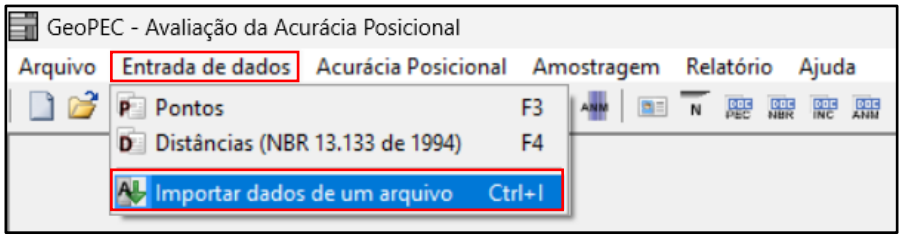


Figura 20: Importação dos dados em formato de arquivo de texto.

No exemplo a seguir (Figura 21) pode-se verificar os parâmetros que devem ser informados pelo usuário para importação do arquivo com as coordenadas que serão utilizadas para fins de comparação. Na opção “Local do arquivo”, defina o local para armazenar o arquivo de saída. Em “Tipo de arquivo”

escolha “Coordenadas” caso o processo de avaliação da qualidade posicional se dê mediante a comparação pares de pontos homólogos. Escolha o caractere que será utilizado como separador de campos. Por fim, escolha a estrutura do arquivo que detém as coordenadas dos pontos de teste e de referência. Na figura é apresentado um exemplo de arquivo e a respectiva configuração no GeoPec.

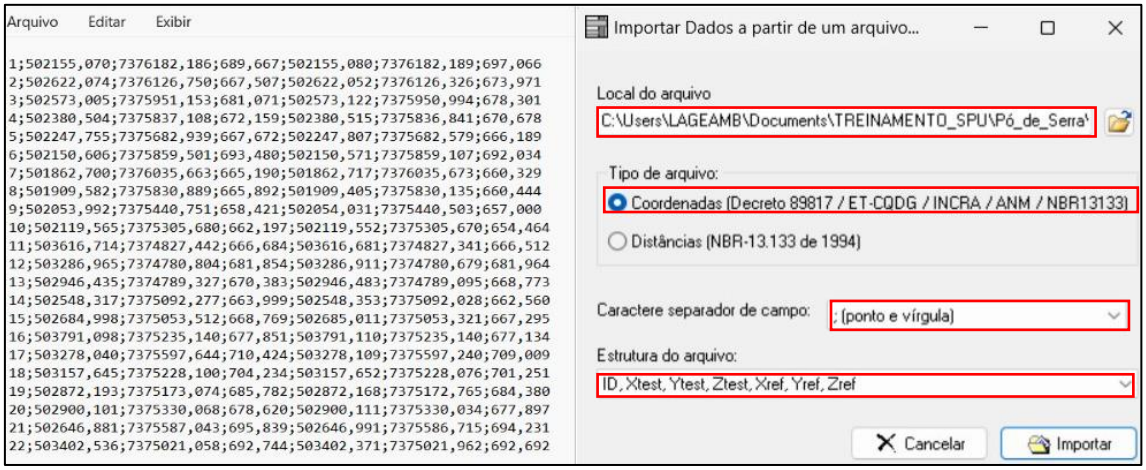


Figura 21: Importando o arquivo de texto de acordo com a formatação adequada ao dado.

Após importar o arquivo com as coordenadas dos pontos de teste e de referência, é possível verificar no GeoPec se os pares de coordenadas homólogas foram importados corretamente. Para tal, escolha a opção “Entrada de dados” e “Pontos” (Figura 22). Caso a importação tenha sido bem-sucedida, o software apresentará as listas de coordenadas devidamente organizada em suas respectivas colunas de informação (Figura 23).

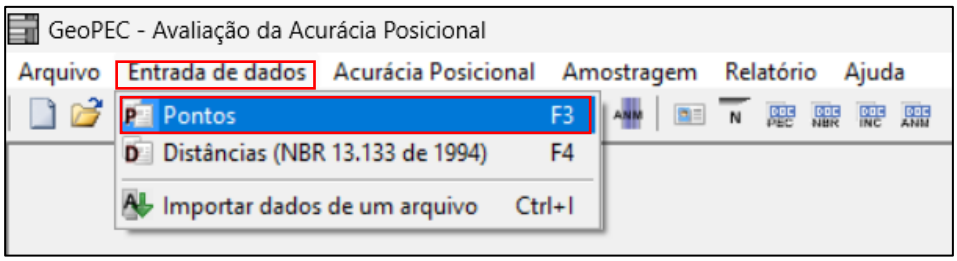
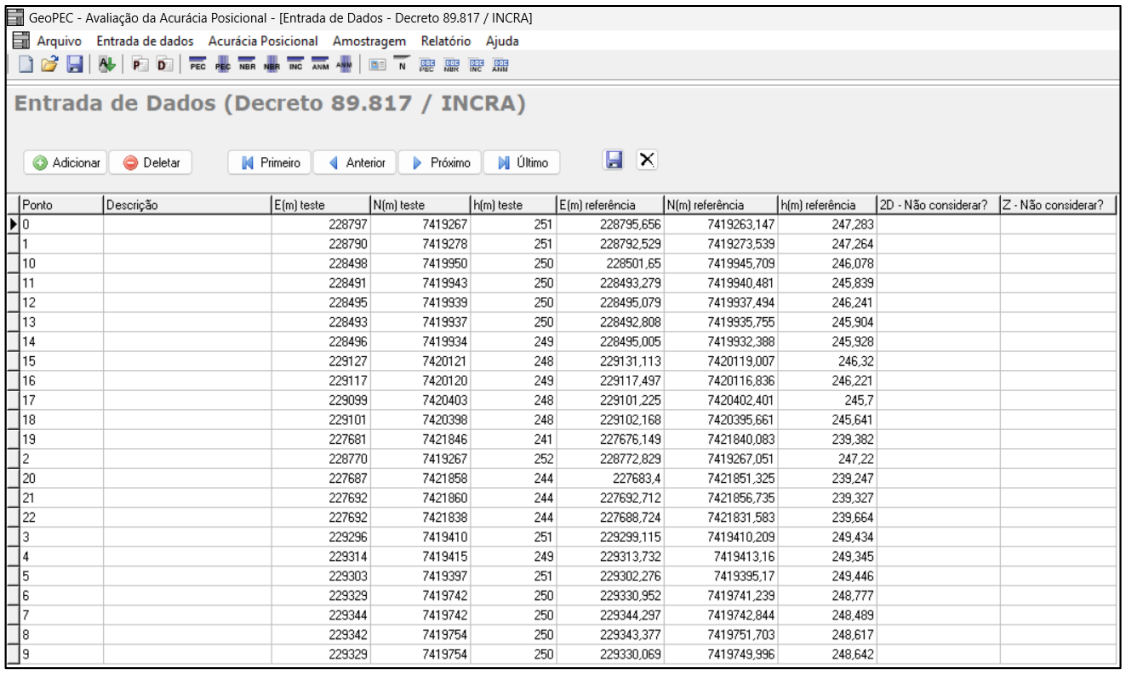


Figura 22: Escolha do tipo de dado de entrada para visualização dos dados tabelados.



Ponto	Descrição	E(m) teste	N(m) teste	h(m) teste	E(m) referência	N(m) referência	h(m) referência	2D - Não considerar?	Z - Não considerar?
0		228797	7419267	251	228795,656	7419263,147	247,283		
1		228790	7419278	251	228792,529	7419273,539	247,264		
10		228498	7419950	250	228501,65	7419945,709	246,078		
11		228491	7419943	250	228493,279	7419940,481	245,839		
12		228495	7419939	250	228495,079	7419937,494	246,241		
13		228493	7419937	250	228492,808	7419935,755	245,904		
14		228496	7419934	249	228495,005	7419932,388	245,928		
15		229127	7420121	248	229131,113	7420119,007	246,32		
16		229117	7420120	249	229117,497	7420116,836	246,221		
17		229099	7420403	248	229101,225	7420402,401	245,7		
18		229101	7420398	248	229102,168	7420395,661	245,641		
19		227681	7421846	241	227676,149	7421840,083	239,382		
2		228770	7419267	252	228772,829	7419267,051	247,22		
20		227687	7421858	244	227683,4	7421851,325	239,247		
21		227692	7421860	244	227692,712	7421856,735	239,327		
22		227692	7421838	244	227688,724	7421831,583	239,664		
3		229296	7419410	251	229299,115	7419410,209	249,434		
4		229314	7419415	249	229313,732	7419413,16	249,345		
5		229303	7419397	251	229302,276	7419395,17	249,446		
6		229329	7419742	250	229330,952	7419741,239	248,777		
7		229344	7419742	250	229344,297	7419742,844	248,489		
8		229342	7419754	250	229343,377	7419751,703	248,617		
9		229329	7419754	250	229330,069	7419749,996	248,642		

Figura 23: Após inserir a tabela dos dados, é possível conferir as informações, podendo ser editado item a item se necessário.

4.4 Configurações para validação estatística da Acurácia Posicional

Em “Acurácia Posicional” - “Opções”, defina os níveis de confiança para os testes estatístico para validação de tendenciosidade e normalidade. O nível de confiança do “*teste T-Student"* indicará em porcentagem, a probabilidade de acerto das amostras, ou seja, o quão as discrepâncias obtidas entre as coordenadas de teste e de referência realmente representam as diferenças posicionais entre os infinitos pontos do produto de teste em relação ao produto de referência. Já O nível de confiança do “*teste qui-quadrado*" representa a segurança de que a relação observada entre os pares homólogos (discrepâncias) não ocorreu por acaso, indicando a probabilidade de que os resultados sejam verdadeiros para todos os demais pontos fora dos pontos amostrais.

Já o nível de confiança do “*teste Jarque-Bera"* indica a probabilidade de que a distribuição dos dados seja normal. Assim como o anterior, o nível de confiança do “*teste Shapiro-Wilk*" reflete a certeza de que os dados seguem uma distribuição norma. No caso das avaliações da qualidade posicional de dados espaciais, em especial imagem orbitais e aéreas, entende-se que a normalidade dos dados é necessária, quando outros parâmetros estatísticos e não espaciais são requeridos. Por exemplo: média das discrepâncias e desvio padrão.

Considerando que parâmetros como, média e desvio padrão pode ser significativamente influenciados ao comparar coordenadas de imagens de baixa resolução espacial, onde a incerteza posicional dentro de cada pixel é elevada,

a configuração dessa opção torna-se opcional. Sendo recomendada para aplicações em imagens aéreas e Modelos Digitais de Terreno e Elevação (MDT e MDS) de alta precisão.

Na Figura 24 são apresentados os valores *default* definidos pelo *software*. O usuário pode flexibilizar o grau de certeza ou definir com mais rigidez a certeza esperada, variando para menos ou para mais os respectivos valores.

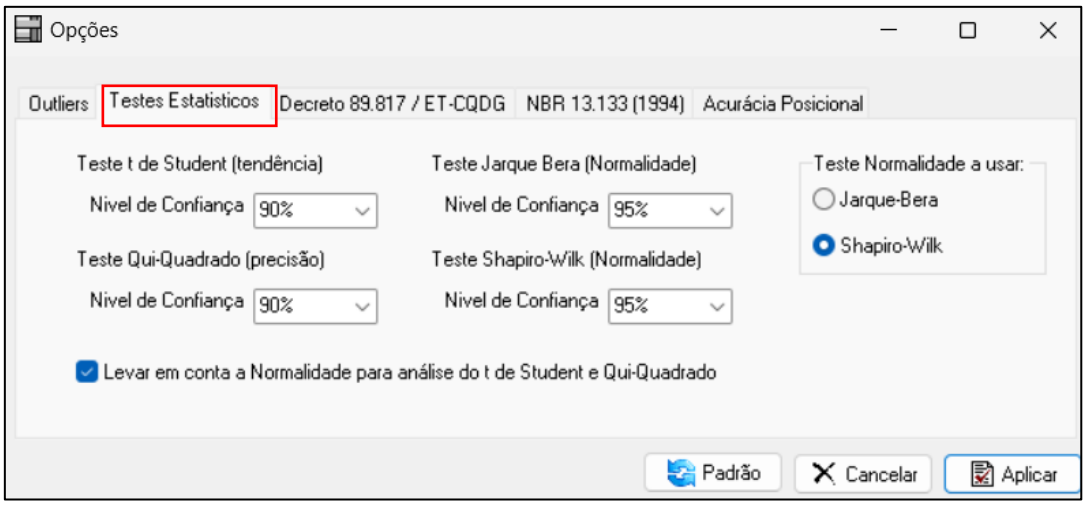


Figura 24: Aba de opções para avaliação estatística dos dados, neste caso esses valores estão *default.*

4.5 Definição da normativa para validação dos produtos digitais

Em se testando produtos digitais, seja por meio da avaliação da planimetria, como da altimetria, recomenda-se a utilização dos padrões de qualidade definidos pela ET-CQDG, como já elucidado. Caso a avaliação busque a definição de índices de qualidade para outros produtos, o usuário poderá definir outros parâmetros já implementados no software, direcionados ao atendimento das normativas correlatas: NBR 13.133, ou para suprir as exigências de precisão do INCRA, ou de avaliação de produtos de aerolevantamentos pela Resolução 123 de 2022 da ANM.

Para o teste planimétrico segundo ET-CQDG, escolha a opção “Acurácia Posicional”, “Decreto 89.817/ET-CQDG”, e em seguida “Planimetria [2D]” ou “Altimetria [Z]” (Figura 25).

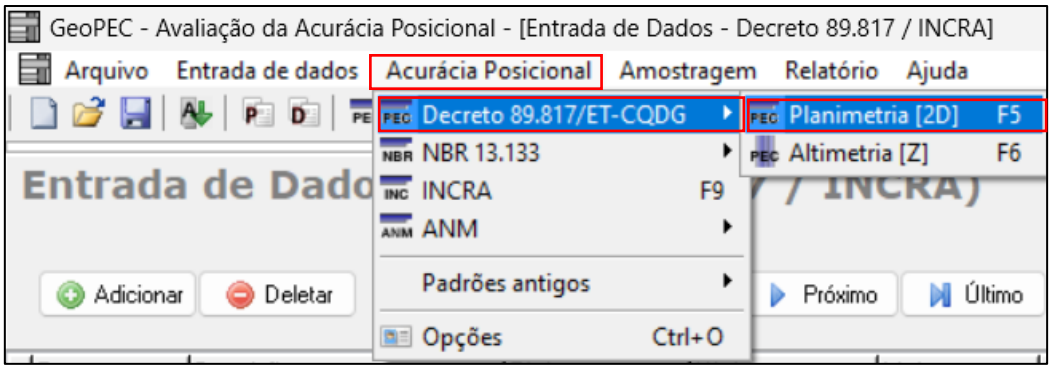


Figura 25: Seleção do tipo de dado e da normativa para avaliação dos dados.

5. AVALIAÇÃO PLANIMÉTRICA DO PRODUTO SEGUNDO A PEC

Definido o padrão de qualidade, escolha a “Escala de teste” adequada para avaliação planimétrica, em função da resolução espacial do produto (utilize o Quadro 1 como referência). Informe um valor para a “Area de estudo” e a “Unidade” correspondente. Em seguida click em “Calcular” (Figura 26).

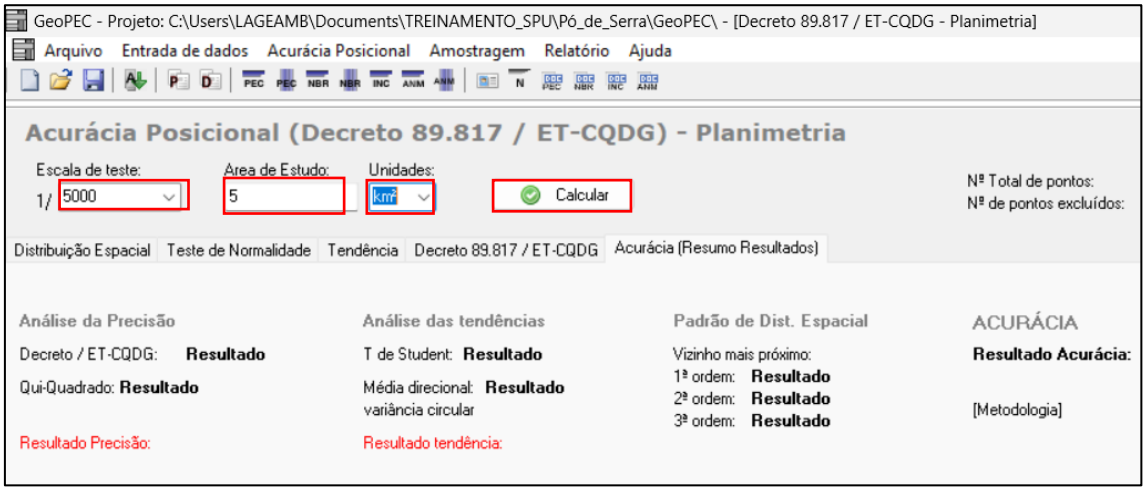


Figura 26: Escolha da escala e área de estudo a partir da área de interesse.

Os dados que aparecerão na tela correspondem aos resultados dos cálculos das discrepâncias planimétricas entre as amostras de referência e suas homólogas na imagem. Além das discrepâncias planimétricas, serão apresentados os apontamentos estatísticos para validação das discrepâncias observadas.

Na Figura 27, a esquerda da tela, dois valores devem ser observados com maior atenção pelo usuário: o RMS Posicional [2D], que deve ser próximo a variância (S) Posicional [2D], e o “nº de outliers”. Espera-se que o RMS possua valor compatível com a escala testada e que não existam outliers (Figura 27).

Caso o processo de comparação apresente outliers, estes devem ser investigados.

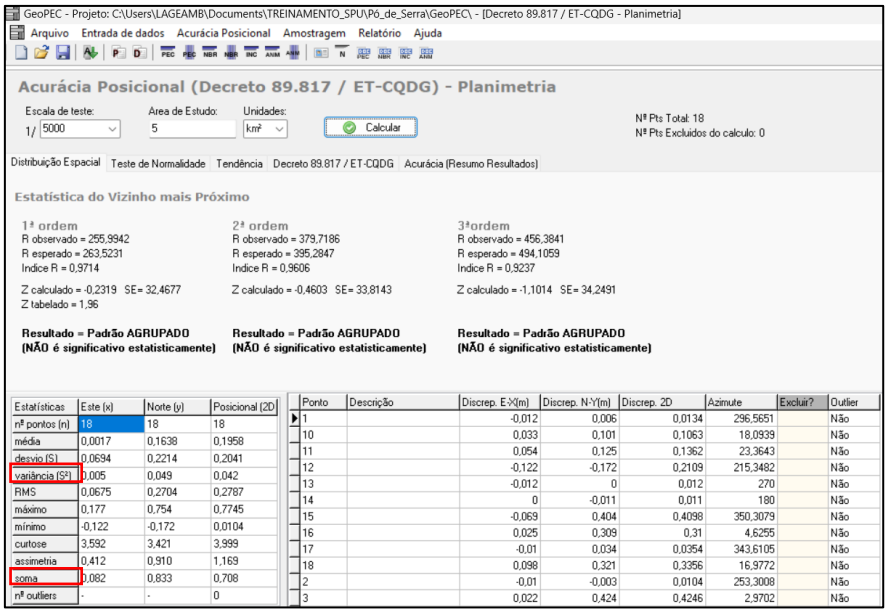


Figura 27: Avaliação estatística dos dados.

Na aba “Distribuição espacial” o usuário deve atentar para os resultados apontados pela “Estatística do Vizinho mais Próximo”. Estes resultados indicarão se a distribuição espacial das amostras está adequada. Espera-se que os resultados para as três ordens de vizinhança apresentem “Padrão Disperso”. Caso isso não ocorra, o usuário deve rever a distribuição das amostras e gerar um novo arquivo, seguindo as orientações do item 2.1. A exemplo de resultados que indicam um padrão agrupado das amostras (Figura 28).

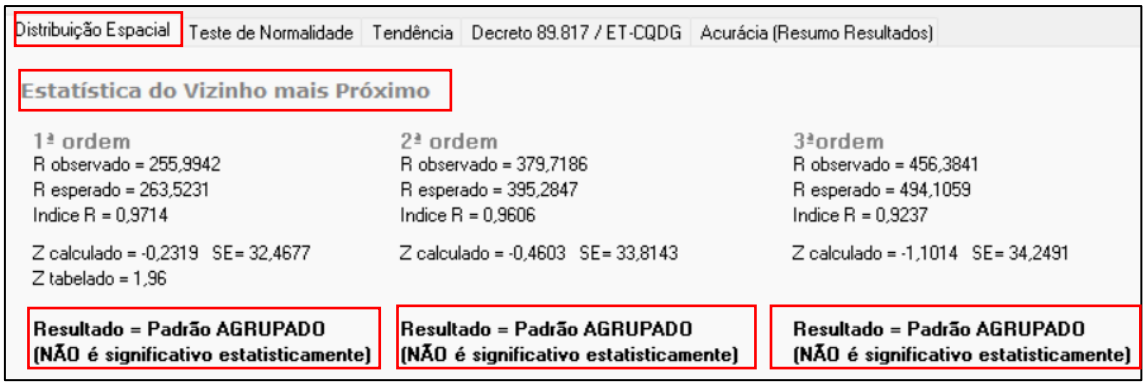


Figura 28: Exemplo de padrão espacial, "agrupado”, necessitando de readequação espacial das amostras.

Na aba “Teste de Normalidade” o ideal é que o resultado apresente valores normais “**Amostra Normal**” como na figura 29.

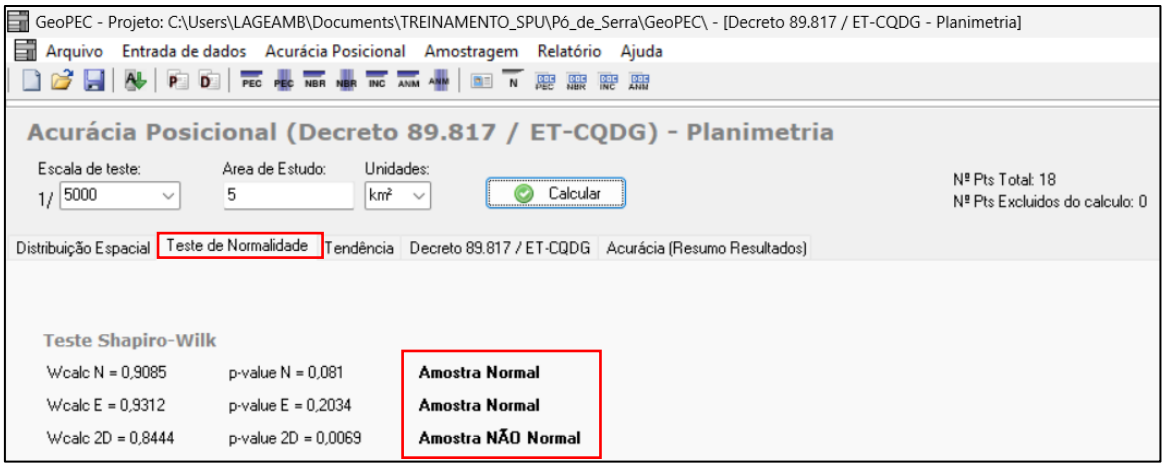


Figura 29: Exemplo de valores amostrais Normal nas componentes N e E, e Não Normal na componente 2D.

Na aba "*tendência" o* quadro "*Teste t de Student*" apresentará os resultados de tendência das amostras. O ideal é que o teste demostre não tendenciosidade para as amostras. Entretanto, o resultado só deve ser considerado, se preliminarmente a normalidade dos dados seja confirmada (Figura 30).

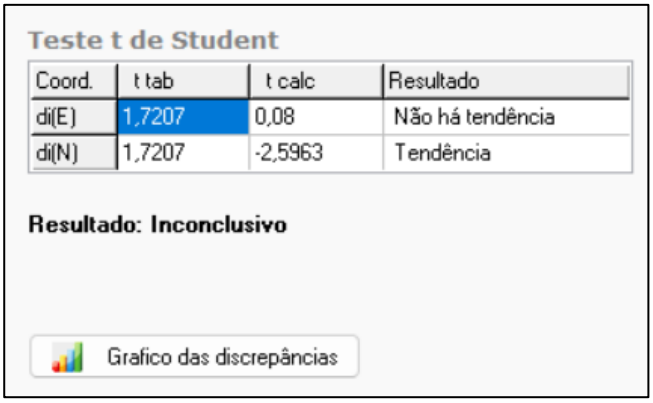


Figura 30: Exemplo de resultado para teste de tendência das amostras.

Em alguns casos a não normalidade das amostras pode gerar resultados inconclusivos quanto a tendenciosidade dos dados. Clicando em "Gráfico das discrepâncias" é possível visualizar o comportamento das discrepâncias para uma análise mais consistente. No exemplo a seguir (Figura 31) pode observar que a componente planimétrica, retratada em vermelho realmente apresenta tendenciosidade na comparação amostral dos pares homólogos, já que todas as discrepâncias apresentam resultados positivos. Uma amostragem não tendenciosa apresentaria discrepâncias de baixa magnitude, com valores variando igualitariamente em positivos e negativo.

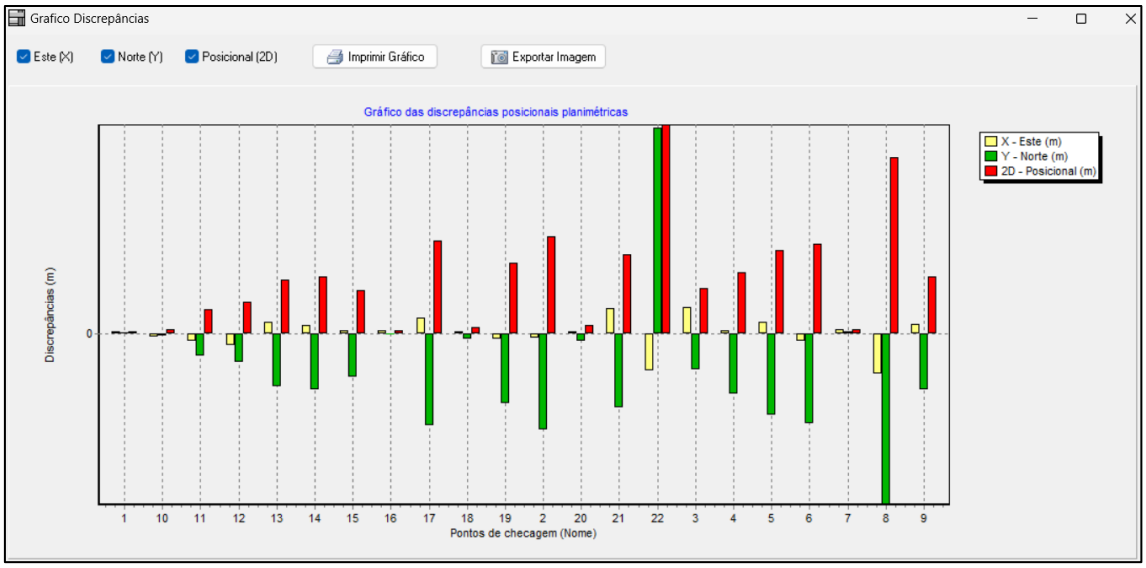


Figura 31: Exemplo de gráfico das discrepâncias.

A análise final da tendenciosidade pode ser ainda atrelada aos resultados da "*Média Direcional e Variância Circular*". A Média Direcional (Figura 32) é a média das direções angulares das discrepâncias e a Variância Circular a dispersão dessas direções ao redor da média, este indicador deve se aproximar de 1 (um) para garantia da não tendenciosidade dos valores de discrepância amostral.

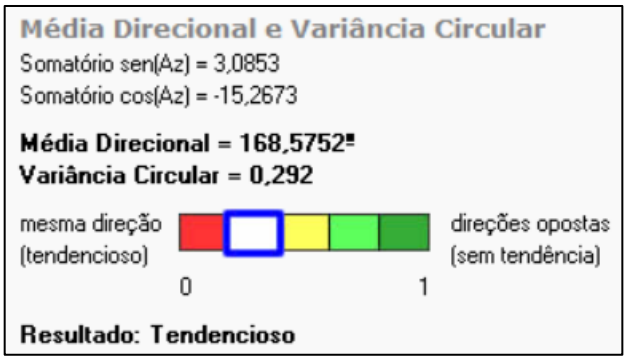


Figura 32: Indicação da média direcional das amostras.

6. CLASSIFICAÇÃO PLANIMÉTRICA DO PRODUTO SEGUNDO A PEC-PCD

A verificação da classificação planimétrica do produto na PEC pode ser verificada na aba "Decreto 89.817 / ET-CQDG". Para que um produto seja classificado na classe testada, 90% das discrepâncias amostrais deverão possuir valores iguais ou inferiores aos valores tabelados da PEC. Além disso, o RMS (*root mean square*) das discrepâncias deve ser igual ou inferir ao EP (Erro Padrão) tabelado da PEC.

No exemplo a seguir o resultado da classificação indica que o produto avaliado foi reprovado na classe A na escala 1:2.000. Apesar de 90,909% das discrepâncias apresentarem valores inferiores a 0,56m, exigido para a referida classificação, o RMS observado (0,3477) foi maior que o EP tabela (0,34).

Sendo assim, o produto foi classificado na escala 1:2.000, porém na classe B, porque 100% das discrepâncias observadas foram menores que 1m e o RMS observado foi menor que 0,6m, conforme ilustrado na Figura 33 e Quadro 4.

Quadro 4: Padrão de Exatidão Cartográfica da Planimetria dos Produtos Cartográficos Digitais.

PEC[1]	PEC - PCD	1:1.000		1:2.000		1:5.000		1:10.000		1:25.000		1:50.000		1:100.000		1:250.000	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
-	A[2]	0,28	0,17	0,56	0,34	1,40	0,85	2,80	1,70	7,00	4,25	14,00	8,51	28,00	17,02	70,00	42,55
A	B[1]	0,50	0,30	1,00	0,60	2,50	1,50	5,00	3,00	12,50	7,50	25,00	15,00	50,00	30,00	125,00	75,00
B	C[1]	0,80	0,50	1,60	1,00	4,00	2,50	8,00	5,00	20,00	12,50	40,00	25,00	80,00	50,00	200,00	125,00

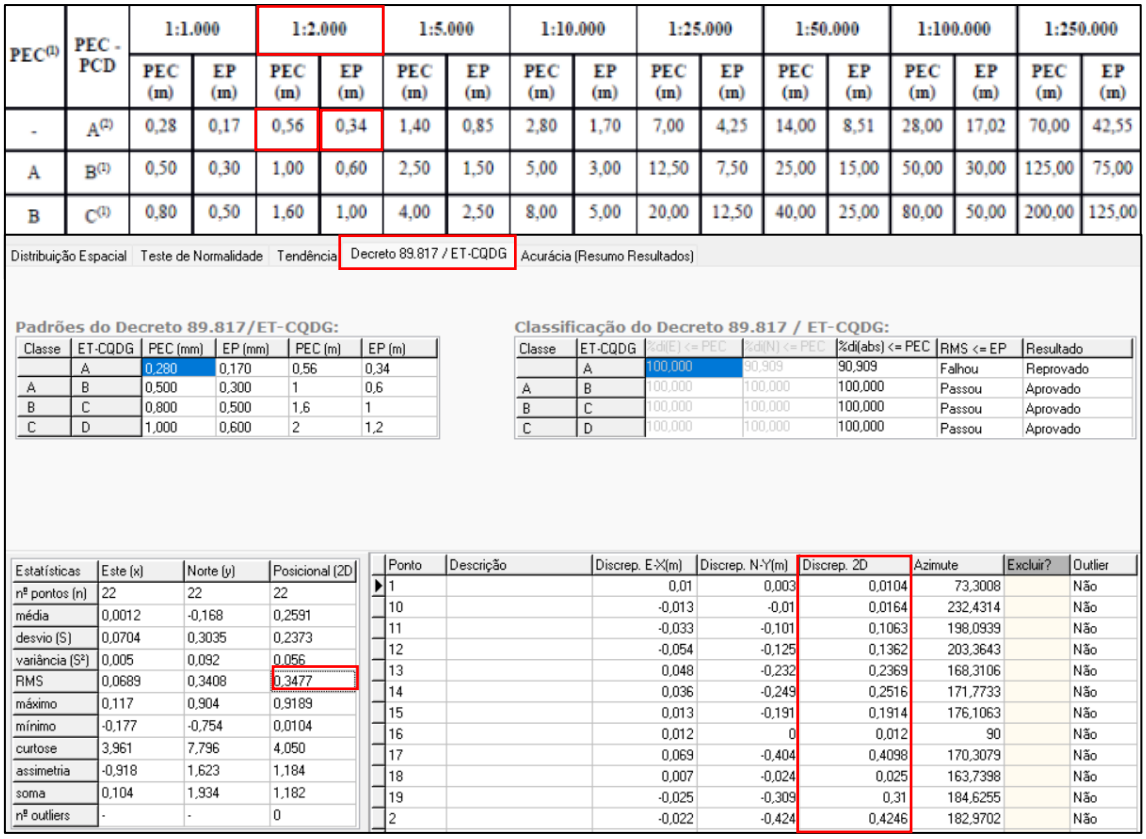


Figura 33: Classificação final do produto quanto ao enquadramento segundo a PEC-PCD.

7. CLASSIFICAÇÃO ALTIMÉTRICA DO PRODUTO SEGUNDO A PEC

A precisão altimétrica de uma imagem digital é influenciada por diversos fatores, entre eles, a capacidade do sensor em distinguir variações no relevo com um grau específico de incerteza. Por exemplo, a incerteza altimétrica de um MDT está vinculada a precisão altimétrica no pixel. Porém, a depender da resolução espacial do pixel, ou seja, seu nível de detalhe, deve-se considerar que mesmo dentro do pixel, pode haver variação significativa no terreno.

Entender esta incerteza é fundamental para estabelecer os parâmetros para a correta avaliação de dados altimétricos por meio do GeoPec.

No GeoPec, a avaliação altimétrica se dá, assim como na avaliação planimétrica, pela comparação de pares homólogos. Tem-se valores de cotas ou altitudes de referência, e cotas ou altitudes extraídas do produto (imagem) foco de avaliação. Uma vez organizadas e estruturadas em um arquivo que propicie a comparação, o software classificará o produto segundo valores tabelados da PED.

Todos os procedimentos de preparação dos dados e análise estatística aplicados a avalição da qualidade planimétrica podem ser aplicados a avaliação altimétrica dos produtos digitais. O usuário deve compreender, porém, que a altimetria em produtos digitais, nada mais é que um atributo da planimetria. Uma vez que os valores de altitude estão atrelados a pixels, a resolução espacial planimétrica das imagens deve ser considerada para que os parâmetros de avaliação sejam adequados no processo de avaliação da qualidade posicional altimétrica.

7.1 Definição da equidistância apropriada para avalição da qualidade posicional altimétrica

No GeoPEC, uma vez carregado o arquivo de coordenadas dos pares homólogos, contendo as informações planimétricas e altimétricas das amostras (coordenadas X, Y e Z), defina a equidistância das curvas de nível no quadro “Equist. Curva de Nível (m)”. Este é o parâmetro determinante para a correta avaliação da qualidade altimétrica.

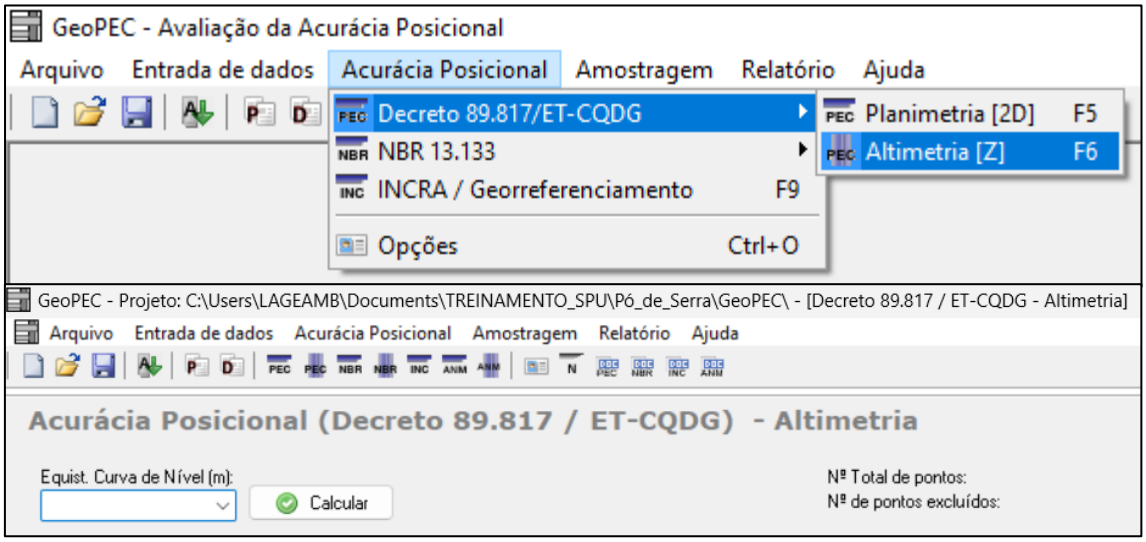


Figura 34: Definição da equidistância das curvas de nível baseado na PEC.

Utilizando como referência o Padrão de Exatidão Cartográfica da Altimetria, verifique a compatibilidade entre a escala compatível com a resolução espacial planimétrica do produto (imagem digital) e a equidistância apropriada. Por exemplo: observando o quadro com os valores tabelados da PEC-PCD (Quadro 5, a seguir), nota-se que a equidistância entre curvas de nível de 20 metros é compatível com a escala 1:50.000. Nesse sentido, o usuário, ao definir como equidistância o valor de 20 metros, informará ao *software* que deseja classificar o produto altimétrico na escala 1:50.000.

Porém, para que esta escolha seja adequada, o usuário deve antes verificar se o produto foco de avaliação possui resolução espacial compatível com a escala pretendida. No exemplo fictício, 1:50.000. Recomenda-se, então, o uso do Quadro 1 para verificação da compatibilidade entre a resolução espacial do produto e a escala esperada. Após esta verificação, o uso do Quadro 5 para definição final da equidistância apropriada.

Quadro 5: Padrão de Exatidão Cartográfica da Altimetria (curvas de nível) dos Produtos Cartográficos Digitais.

PEC[1]	PEC-PCD	**1:1.000 (Eqd = 1 m)**		**1:2.000 (Eqd = 1 m)**		**1:5.000 (Eqd = 2 m)**		**1:10.000 (Eqd = 5 m)**		1:25.000 (Eqd = 10m)		1:50.000 (Eqd = 20m)		1:100.000 (Eqd = 50m)		1:250.000 (Eqd = 100m)	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
A	A	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,67	2,50	1,67	5,00	3,33	10,00	6,67	25,00	16,67	50,00	33,33
B	B	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00	6,00	4,00	12,00	8,00	30,00	20,00	60,00	40,00
C	C	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50	7,50	5,00	15,00	10,00	37,50	25,00	75,00	50,00
	D[4]	1,00	0,60	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00	20,00	12,00	50,00	30,00	100,00	60,00

7.2 Classificação altimétrica do produto

Definido a equidistância apropriada, a classificação altimétrica do produto pode ser verificada na aba “Decreto 89.817 (PEC)”. A interpretação dos testes de normalidade e tendência seguem as mesmas orientações das avaliações descritas nos itens anteriores referentes a avaliação estatística dos produtos planimétricos.

No exemplo abaixo (Figura 35), o produto foi classificado na classe B, pois 90% ou mais das discrepâncias altimétricas possuíram valores iguais ou inferiores a 6,66 metros, conforme valores tabelados da PEC-PCD. Não somente, o RMS das discrepâncias (6,88 m) obtido foi inferior aos 12 metros exigidos pela PEC-PCD.

Pode dizer, então, que a equidistância mais apropriada para o produto do exemplo fictício é de 20 metros, e que a confiabilidade da informação altimétrica vinculada ao pixel da imagem, ou a confiabilidade da posição planimétrica das curvas de nível no produto são compatíveis com a escala 1:50.000.

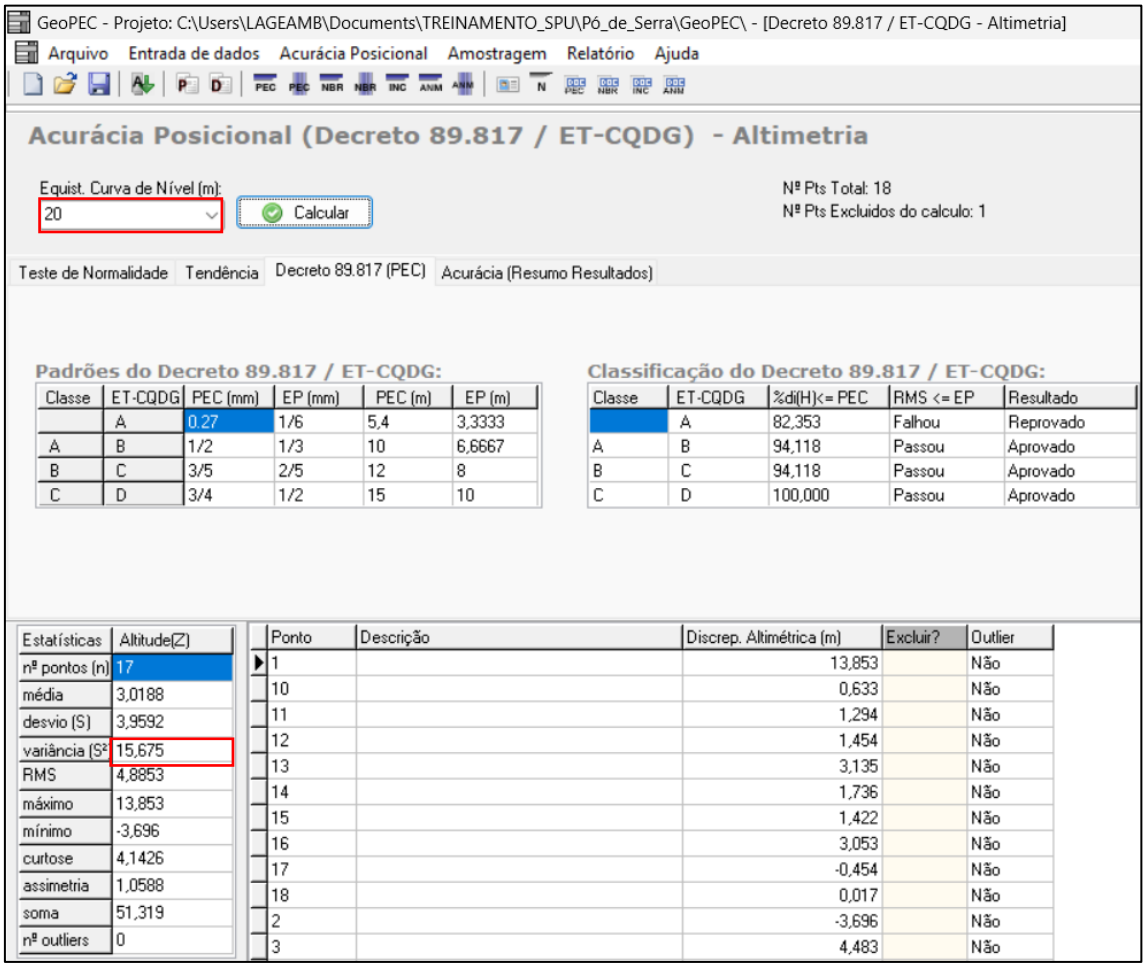


Figura 35: Classificação final do produto quanto ao enquadramento segundo a PEC-PCD.

O resumo da classificação pode ser observado na aba “Acurácia (Resumo Resultados)”. Algumas considerações podem facilitar a interpretação deste resumo, a saber:

a. a classe informada deve ser compatível com a resolução do produto testado;
b. a normalidade dos dados nem sempre é um requisito para garantia da qualidade do processo de comparação dos pares homólogos. Existirão situações em que as amostras de referência apresentarão variações que podem comprometer a normalidade dos dados. Por exemplo: dados de referência advindos de diferentes fontes;
c. A análise de tendência por testes de estatística convencional como o *T de Student* só será válida se os testes de normalidade confirmarem que as discrepâncias entre os pares homólogos apresentam distribuição normal;

d. O Padrão de distribuição espacial ideal é o “*Disperso*”, mas nem sempre é possível obter amostras com distribuição espacial adequada em virtude de situações adversas. Nesses casos, o usuário deve ter em mente que a classificação alcançada pelo produto será mais confiável nos locais em que existem pares homólogos;
e. A obtenção de um resultado negativo “Produto não Acurado”, não significa que o produto não alcançou a classificação da PEC. Significa apenas, que os resultados dos testes estatísticos não foram suficientes para garantir que os infinitos pontos da imagem (pontos não amostrais) apresentarão discrepâncias compatíveis com a classe obtida.

7.3 Geração do relatório de qualidade posicional

Para gerar o relatório dos resultados estatísticos, basta acessar a aba principal e selecionar a opção "Relatório". Em seguida, preencha as informações necessárias, como o nome do técnico ou do responsável pelo produto ou serviço. Há a possibilidade de escolher entre dois formatos de arquivo para salvar o relatório. Após o salvamento, o arquivo pode não abrir automaticamente. Nesse caso, é preciso localizar a pasta onde o documento foi salvo e abri-lo de forma convencional.

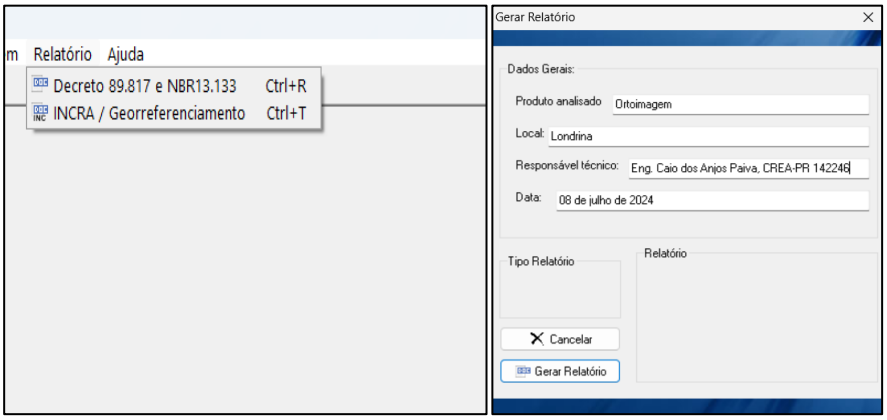


Figura 36: Exemplo do preenchimento de informações para exportar os resultados obtidos no GeoPEC.

Anexo 1. Exemplo de Relatório com Análise dos Resultados

INFORMAÇOES GERAIS

Padrão de acurácia utilizado: Decreto n. 89.817/1984
Análise Planimétrica

PROCESSAMENTO
Escala de Referência: 1/10000
Pontos de checagem inseridos: 23
Pontos de checagem utilizados: 23

OUTLIERS
>> Outliers detectados: 0
>> Valor limite - detecção: 9

ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS
>> Média(E)= -0,5496 Média(N)= 2,5863 Média(ABS)= 3,5203
>> Desv-pad(E)= 2,3086 Desv-pad(N)= 2,0525 Desv-pad(ABS)= 1,9737
>> RMS(E)= 2,3238 RMS(N)= 3,2739 RMS(ABS)= 4,0147

PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL
>> Vizinho mais próximo:
:: Área (m²) = 2000000
:: 1ª ordem - R= 0,07 Zcalc= -8,5324 Ztab= 1,96
> Resultado = Padrão AGRUPADO - (significativo estatisticamente) - 95%
> Resultado Final = Agrupado
:: 2ª ordem - R= 0,2752 Zcalc= -9,578 Ztab= 1,96
> Resultado = Padrão AGRUPADO - (significativo estatisticamente) - 95%
> Resultado Final = Agrupado
:: 3ª ordem - R= 0,619 Zcalc= -6,2134 Ztab= 1,96
> Resultado = Padrão AGRUPADO - (significativo estatisticamente) - 95%
> Resultado Final = Agrupado

TESTE DE NORMALIDADE
>> Teste de Normalidade Shapiro-Wilk :
Wcalc(E)= 0,9561 Wcalc(N)= 0,964
p-value(E)= 0,3899 p-value(N)= 0,5475
Nível de Confiança = 95%
Amostra Normal

TESTE DE PRECISÃO
>> Decreto 89.817:
PEC= 8 EP= 5
Resutado: Classe C

TESTE DE TENDÊNCIA
>> Teste t de Student
tcalc(E)= -1,1417 tcalc(N)= 6,0431 ttab= 1,7171
Resultado: Tendencioso
>> Estatistica Espacial
Média Direcional (Azimute)= 340,281 Variância Circular= 0,2918
Resultado: Tendencioso

