

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS

FERRAMENTAS NO *SOFTWARE* QGIS PARA AVALIAÇÃO AUTOMÁTICA DA
ACURÁCIA POSICIONAL PLANIMÉTRICA

ELIAS NASR NAIM ELIAS

Salvador

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS

FERRAMENTAS NO *SOFTWARE* QGIS PARA AVALIAÇÃO AUTOMÁTICA DA
ACURÁCIA POSICIONAL PLANIMÉTRICA

ELIAS NASR NAIM ELIAS

Trabalho apresentado como requisito para a
obtenção da aprovação na disciplina de
Desenvolvimento de Aplicações Geoespaciais,
Universidade Federal do Paraná.

Prof.: Silvana Philipi Camboim

Salvador

1 INTRODUÇÃO

Um determinado projeto de mapeamento só deve ser utilizado como fonte precisa, de acordo com a sua finalidade, de informações caso seja associado a processos que avaliem a acurácia dos dados compostos no mesmo. Dessa forma, a análise de padrões que avaliem a acurácia de um determinado produto cartográfico deve estar relacionada aos parâmetros que dizem respeito processos de entrada, edição e controle de qualidade do mesmo, uma vez que, o intuito é o fornecimento do dado referente a informação cartográfica digital.

Mapeamentos de referência são gerados por agências oficiais de mapeamento com o propósito de representar todas as feições visíveis na paisagem (KEATES, 1973). São produzidos por organizações de mapeamento para representar feições territoriais de uso geral de forma que sirvam para uma variedade de usos (KENT, 2009).

Tratando-se da avaliação da qualidade de dados de uma determinada informação geográfica para um determinado tipo de produção cartográfica ou para alimentação de um SIG, a qualidade posicional deve ser considerada em primeira instância (RAHMATIZADEH, 2016).

A avaliação da qualidade tem sua importância relacionada com a investigação de dados geoespaciais de forma que garantam e especifiquem sua qualidade e acurácia. Permite-se assim caracterizar aspectos relacionados a discrepâncias, omissões e incertezas de acordo com a sua finalidade (GOODCHILD, 2010).

O mesmo autor ainda afirma que a ampliação da visão do conceito de qualidade da informação geográfica tem se tornado alvo de grandes preocupações na elaboração de mapeamentos digitais, uma vez que, durante o processo de produção destas informações georreferenciadas a realização da avaliação da qualidade é uma das principais etapas

A qualidade dos dados está relacionada a quatro aspectos: precisão, integridade, redundância e consistência (CHEN et al, 2014). No que diz respeito a obtenção dos dados a partir de diferentes fontes, objetivo de profissionais ligados a cartografia é encontrar maneiras de usar esses dados para produzir produtos cartográficos que englobem diferentes usuários (STEPHENS & ROBINSON, 2017).

O termo exatidão cartográfica é visto como sinônimo de acurácia, que representa o afastamento posicional de um determinado elemento em um produto cartográfico em relação ao seu homólogo no terreno. Por sua vez, a precisão representa a dispersão dos valores observados, neste caso, dos erros dos pontos em uma carta (ANDRADE, 2003).

Os testes estatísticos para avaliar a precisão não possuem o objetivo de determinar os erros de forma isolada, mas considerá-los como um conjunto de erros que baseiam na análise do desvio padrão. Os testes de acurácia também são realizados a partir da observação do erro médio cometido entre o posicionamento das feições e as suas posições equivalentes, dando credibilidade ao produto gerado (ALI, 2017).

Na década de 1990, houve o crescimento do uso e disseminação da informação espacial e de acordo com os estudos abordados para fins cartográficos, atrelados ao desenvolvimento das tecnologias que regem a informação, conseguiram-se fazer representações em meio digital na tela dos computadores. O surgimento da internet, por ser uma ferramenta tecnológica, permite construir redes de informações em diversas partes do mundo, viabilizando a disseminação de produtos oriundos de cartografia.

Visto os avanços tecnológicos descritos e a importância na avaliação da qualidade de dados geoespaciais, este trabalho objetivou-se a criar em ambiente SIG, ferramentas automáticas para a avaliação da acurácia posicional de feições pontuais e lineares.

1.1 OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo do trabalho correspondeu a criação de ferramentas no *software* QGIS 3.10, com o auxílio do *Model Builder*, para a avaliação da acurácia posicional planimétrica automática de feições pontuais e lineares de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfica para Produtos Cartográficos Digitais (PEC PCD).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MAPEAMENTO SISTEMÁTICO BRASILEIRO

No Brasil, as produções de dados cartográficos oficiais do mapeamento sistemático em nível nacional, com escala inferior a 1:25.000, estão a cargo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Diretoria do Serviço Geográfico (DSG). Pela DSG são disponibilizadas cartas topográficas matriciais e vetoriais, ortomagens e modelos digitais de superfície, nas escalas de 1:25.000 a 1:250.000. O IBGE disponibiliza folhas em formato matricial ou raster em diversas escalas e ainda permite o acesso a bases contínuas do Brasil, produzidas nas escalas de 1:1.000.000 e 1:250.000 (SAMPAIO & BRANDALIZE, 2018).

2.2 PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICA

Para avaliação de dados cartográficos obtidos de acordo com as características e padrões de qualidade pré-determinados foi criado o Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC, visando classificar os aspectos de determinado produto cartográfico de acordo com os fatores e métodos utilizados em sua obtenção.

Dessa forma, na elaboração de um projeto cartográfico deve-se levar em conta os aspectos do local e escala que se deseja obter o mesmo e a partir dos atributos do PEC, classificar determinado produto gerado de acordo com as suas especificações.

O Decreto nº 89.817 (BRASIL, 1984) atesta que o erro máximo que pode ser encontrado referente à disposição dos pontos em um produto cartográfico gerado no que diz respeito a exatidão das feições representadas, de é que 90% dos pontos utilizados para esta análise não deverão apresentar erros superiores aos estabelecidos pelo PEC, tanto os referentes a altimetria quanto a planimetria. O Erro Padrão é determinado de acordo com as análises realizadas no produto cartográfico e de acordo com os métodos estatísticos utilizados em sua elaboração, onde a probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro Padrão. O Erro Padrão Isolado, seja por um ponto ou feição do projeto cartográfico, não deve ultrapassar 60,8% do PEC estabelecido.

Sendo assim, o Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico onde a partir do gráfico probabilístico de distribuição normal pode ser representado com uma probabilidade de 90% de acordo com a dispersão estatística considerada.

O PEC de 1984 estabelece que os produtos cartográficos podem ser classificados de acordo com a sua exatidão nas Classes A, B e C, representadas na tabela 1.

Tabela 1: Critério do PEC

Carta	PEC Planimétrico (mm)	Erro Padrão Planimétrico (mm)	PEC Altimétrico	Erro Padrão Altimétrico
Classe A	0,50 x Fator de Escala	0,30 x Fator de Escala	0,50 x Equidistância	0,33 x Equidistância
Classe B	0,80 x Fator de Escala	0,50 x Fator de Escala	0,60 x Equidistância	0,40 x Equidistância
Classe C	1,00 x Fator de Escala	0,60 x Fator de Escala	0,75 x Equidistância	0,50 x Equidistância

Fonte: Adaptado do Decreto Lei nº 89.817 (1984).

Em junho de 2011, foi criada pela DSG e homologada pela CONCAR a norma Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV). O objetivo desta especificação é atualizar os padrões vistos no Decreto Lei nº 89.817, uma vez que, a mesma já não atendia as necessidades atuais aplicadas em meio digital. Então, passou-se a considerar que os avanços tecnológicos eliminaram os erros gerados pelos processos realizados antigamente e inserindo os erros caracterizados pelos processos atuais. (LUZ, 2015).

Foi estabelecido na ET-ADGV um novo indicador estatístico, o Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD). Tal indicador continua sendo calculado por meio do produto do desvio padrão e utilizando a constante de 1,6449 com nível de confiança em 90%. O PEC-PCD é organizado de forma mais rigorosa, criando uma nova classe para a avaliação da acurácia, a classe D e as outras classes A, B e C passaram a ser utilizadas conforme exibem as especificações dos quadros 2 e 3 deste item. Dessa forma, os produtos passam a ser classificados de acordo com as classes A, B, C e D.

Para realizar a avaliação de um produto cartográfico digital de acordo com a ET-ADGV é necessário realizar o cálculo do PEC-PCD e comparar os valores correspondentes à escala do produto cartográfico obtido. As escalas apresentadas pelo PEC-PCD correspondem aos seguintes valores: 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000, 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000. A norma não especifica como devem ser realizados os cálculos da quantidade de amostras a serem utilizadas para controle de qualidade, bem como, não especifica a avaliação das coordenadas planimétricas obtidas.

No quadro 1 se encontram os valores adotados no PEC-PCD Planimétrico e o respectivo Erro Padrão para as mesmas. As classes “B”, “C” e “D” correspondem, nessa

ordem, as classes “A”, “B”, “C” do PEC Planimétrico referentes ao Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984.

Quadro 1: 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
C	D ⁽¹⁾	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00	25,00	15,00	50,00	30,00	100,00	60,00	250,00	150,00

Fonte: CONCAR-EB (2011).

No ano de 2015 foi criada pela DSG a Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG) que abrange aspectos e características para a avaliação da qualidade de dados geoespaciais mediante ao uso dos indicadores de Acurácia Posicional, Acurácia Temática, Completude e Consistência Lógica.

A avaliação da acurácia posicional de acordo com a ET-CQDG é dada por meio da verificação de duas condições relacionadas ao PEC PCD. Dessa forma, dada uma determinada Escala e Classe de acordo com o quadro 1, verifica-se se 90% das discrepâncias (distâncias euclidianas) obtidas são menores ou iguais ao valor do PEC e se o Erro Médio Quadrático das discrepâncias é menor ou igual ao EP estabelecido.

2.2.1 ANÁLISES ESTATÍSTICAS PARA A DETERMINAÇÃO DA ACURÁCIA POSICIONAL

De acordo com Merchant (1982), a análise estatística para a determinação da acurácia posicional planimétrica é composta por duas fases, sendo elas:

- Análise de Tendência;
- Análise de Precisão.

Após analisar as discrepâncias médias amostrais devem ser realizadas as análises de tendência e de precisão. A análise de precisão é baseada na análise de variância das discrepâncias das amostras com valores de referência do PEC estabelecido. Por sua vez, na análise de tendência, tais discrepâncias devem ser, de forma estatística, iguais a zero,

dentro de um determinado nível de confiança, para tornar viável a análise de tendência, ou não, nos produtos cartográficos (GALO et al. 2001)

Os testes realizados são decorrentes dos cálculos referentes aos testes de hipóteses sobre a média e o desvio padrão obtido a partir das discrepâncias entre as coordenadas planimétricas homólogas, onde, de acordo com Decreto 89.817 de 1984, noventa por cento dos pontos avaliados, não podem apresentar discrepâncias superiores ao PEC estabelecido.

2.2.1.1 Análise de Tendência

De acordo com Nogueira Jr. (2003) em um determinado produto cartográfico, a análise de tendência dos seus elementos consiste em testes estatísticos entre as coordenadas de referência de determinadas feições obtidas por algum método de levantamento (X_i) em relação as coordenadas da carta a ser avaliada (X_{i_c}). O principal intuito dessa análise é verificar a existência de tendência de erros em alguma direção da carta. Primeiramente é necessário calcular as discrepâncias entre essas coordenadas de acordo com a equação 1.

$$\Delta X_i = X_i - X_{i_c} \quad (1)$$

É válido ressaltar que as discrepâncias entre as coordenadas e as análises estatísticas devem ser realizadas em relação aos dois elementos que formam o par (Latitude e Longitude) viabilizando assim a determinação da direção do erro na carta observada, conforme exibem as equações 2 e 3.

$$\Delta N = N - N_c \quad (2)$$

$$\Delta E = E - E_c \quad (3)$$

Após a determinação das discrepâncias, calcula-se a média e o desvio padrão das mesmas. As equações 4 e 5 exibem, respectivamente, o cálculo da média ($\overline{\Delta N}$; $\overline{\Delta E}$) e do desvio padrão ($S^2_{\Delta N}$; $S^2_{\Delta E}$) calculados para as o par de coordenadas referidas.

$$\overline{\Delta N} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta N_i}{n}; \quad \overline{\Delta E} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta E_i}{n} \quad (4)$$

$$S^2_{\Delta N} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta N_i - \overline{\Delta N})^2}{(n-1)}} ; S^2_{\Delta E} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta E_i - \overline{\Delta E})^2}{(n-1)}} \quad (5)$$

Para que seja realizado o teste de tendência, utiliza-se o teste estatístico de *t student*, onde é avaliada a hipótese de que a média das discrepâncias possa ser considerada estatisticamente igual a zero (SILVA, 2009), de acordo com as seguintes proposições:

$$H_0: \begin{bmatrix} \overline{\Delta N} = 0 \\ \overline{\Delta E} = 0 \end{bmatrix} \quad H_1: \begin{bmatrix} \overline{\Delta N} \neq 0 \\ \overline{\Delta E} \neq 0 \end{bmatrix}$$

Para satisfazer ao teste, a hipótese nula (H_0) deve ser aceita como verdadeira. A utilização desta análise estatística é ideal quando não se possui o valor do desvio padrão das populações amostrais.

A partir da hipótese a ser verificada, a próxima etapa consiste no cálculo da estatística amostral t com o intuito de verificar se o resultado está no intervalo de aceitação ou rejeição da hipótese nula. Dessa forma, o valor de t amostral ($t_{\Delta N}; t_{\Delta E}$) é obtido conforme a equação 6.

$$t_{\Delta N} = \frac{\overline{\Delta N}}{S^2_{\Delta N}} \sqrt{n} ; t_{\Delta E} = \frac{\overline{\Delta E}}{S^2_{\Delta E}} \sqrt{n} \quad (6)$$

onde n corresponde ao tamanho da amostra utilizadas.

Para a análise do valor de t encontrado é necessário associa-lo a ao valor tabelado de *t student*, verificando a viabilidade em aceitar a hipótese nula. Dessa maneira é utilizado o teste *t student* associado ao tamanho da amostra (n) e com um determinado nível de confiança. A equação 7 exibe a condição estabelecida do teste *t student* tabelado e em relação ao valor calculado na equação 6.

$$|t_{\Delta N}| < t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} ; |t_{\Delta E}| < t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} \quad (7)$$

onde o valor de *t student* tabelado possui $(n - 1)$ graus de liberdade e a um nível de significância α .

Dessa forma caso o módulo calculado para o t amostral seja menor que tabelado aceita-se a hipótese nula, ou seja a carta pode ser considerada livre de tendências

significativas, contrariamente caso a desigualdade não seja satisfeita rejeita-se a hipótese nula e a carta avaliada poderá apresentar erros significativos para determinado nível de confiança avaliado.

Segundo Galo e Camargo (1994) o fato de haver tendência indica possíveis erros em uma determinada direção, sendo decorrentes por uma série de fatores. Contudo conhecidas as discrepâncias e a direção das falhas o seu o efeito pode ser minimizado realizando o procedimento de subtração do seu valor em cada coordenada em análise da carta.

2.2.1.2 Análise de Precisão

De acordo com Nogueira Jr. (2003) a análise de precisão consiste na comparação do Desvio Padrão encontrado a partir das discrepâncias entre as coordenadas levantadas e as coordenadas avaliadas em relação ao Erro Padrão (EP) estabelecido pelo PEC de acordo com a classe em que se deseja avaliar a precisão da carta. Dessa forma a hipótese estatística levantada é de que o Desvio Padrão encontrado para as discrepâncias seja menor ou igual ao EP estabelecido pelo PEC. O teste de hipótese formulado para análise da precisão é dado da seguinte forma:

$$H_0: \begin{bmatrix} S^2_{\Delta N} < \sigma^2 \\ S^2_{\Delta E} < \sigma^2 \end{bmatrix} \qquad H_i: \begin{bmatrix} S^2_{\Delta N} \geq \sigma^2 \\ S^2_{\Delta E} \geq \sigma^2 \end{bmatrix}$$

onde σ^2 corresponde ao desvio padrão ou erro padrão esperado de acordo com a classe da carta em que se deseja analisar

As análises são desencadeadas partir do teste estatístico qui-quadrado onde são avaliados os desvios padrões encontrados para as discrepâncias analisadas em relação ao EP esperado. A hipótese testada corresponde ao mesmo princípio do teste *t student*. A hipótese nula (H_0) é aceita como verdadeira caso o valor calculado pelo teste seja menor que o valor esperado.

O Desvio Padrão ou EP esperado (σ^2) é calculado na equação 8 de acordo com a classe e escala de mapeamento do PEC-PCD desejada. Assumindo o valor da resultante gerada a partir do par de coordenadas como sendo o EP e considerando a análise das

componentes horizontais separadamente, deve-se realizar a operação conforme a equação 8.

$$\sigma^2 = \frac{EP}{\sqrt{2}} \quad (8)$$

Com estes parâmetros aplica-se o teste qui-quadrado amostral a fim de determinar a classificação da carta conforme o PEC-PCD. O teste qui-quadrado amostral é dado de acordo com a equação 9.

$$X^2_{\Delta N} = \frac{(n-1)S^2_{\Delta N}}{\sigma^2}; X^2_{\Delta E} = \frac{(n-1)S^2_{\Delta E}}{\sigma^2} \quad (9)$$

O resultado da equação 9 permite com que seja testada hipótese nula onde utiliza-se o valor do qui-quadrado tabelado, a partir do tamanho da amostra e intervalo de confiança estabelecido. A equação 10 exhibe a comparação do valor calculado em relação ao valor tabelado.

$$X^2_{\Delta N} \leq X^2_{(n-1; \alpha)}; X^2_{\Delta E} \leq X^2_{(n-1; \alpha)} \quad (10)$$

onde o valor de qui-quadrado tabelado possui $(n - 1)$ graus de liberdade e intervalo de confiança α .

Caso a condição da equação 10 seja atendida aceita-se a hipótese nula de que a carta atende a classe estabelecida de acordo com a precisão da mesma, caso contrário rejeita-se a hipótese nula. A análise é realizada até que a expressão seja atendida de acordo com a escala de mapeamento do PEC-PCD, conforme são dadas as equações 11 e 12.

$$H_0 : \sigma^2_{\Delta N} \leq \sigma^2_{PEC}; H_1 : \sigma^2_{\Delta N} > \sigma^2_{PEC} \quad (11)$$

$$H_i : \sigma^2_{\Delta E} \leq \sigma^2_{PEC}; H_1 : \sigma^2_{\Delta E} > \sigma^2_{PEC} \quad (12)$$

2.2.2 AVALIAÇÃO DO PEC-PCD PARA ANÁLISE DE FEIÇÕES LINEARES

No que diz respeito a avaliação da acurácia posicional em produtos cartográficos, de acordo com a representação dos elementos vetoriais, podem ser utilizadas análises que caracterizem as primitivas gráficas de ponto, linha e polígono. Neste contexto, de acordo com Santos (2015), as legislações cartográficas de diversos países, quanto a avaliação da

qualidade geométrica, utilizam metodologias baseadas na comparação de pontos homólogos, sendo abordada também, em pesquisas bibliográficas realizadas nesta vertente, podendo citar exemplo como: Ariza (2002), Nogueira Jr. (2003) e Pereira & Neto (2012).

Tong et al. (2013), afirma que os estudos relacionados para a avaliação da acurácia posicional com o uso de feições lineares tem sido objeto de estudo em pesquisas que abordam Sistemas de Informações Geográficas, levando a comunidade científica a realizar estudos referentes aos diferentes métodos de avaliação em produtos cartográficos. Estudos realizados por Santos (2015) evidenciam que para realizar a avaliação da qualidade posicional deste tipo de feição, são analisadas linhas homólogas dos produtos cartográficos de referência em relação a um determinado produto a ser avaliado. Desta forma, para as verificações, são levados em conta os seguintes aspectos:

- a) Razão entre comprimentos e quantidade de vértices;
- b) Angularidade;
- c) Razão de segmentos curvilíneos;
- d) Distância entre os vértices;
- e) Percentual de inclusão em uma área de influência.

Este mesmo autor realizou alguns estudos relacionados ao uso de metodologias voltadas para a avaliação da qualidade posicional a partir do uso de feições lineares. Uma vez que o Decreto Lei nº 89.817 de 1984 não aborda a avaliação da qualidade geométrica para este tipo de feição, em sua tese Santos (2015) propõe a integração das metodologias estudadas para avaliação deste tipo de dado, em relação as diretrizes estabelecidas por esta Lei quando aos parâmetros utilizados para a realização das análises e obtenção da classificação final.

2.2.2.1 Método do *Buffer Duplo*

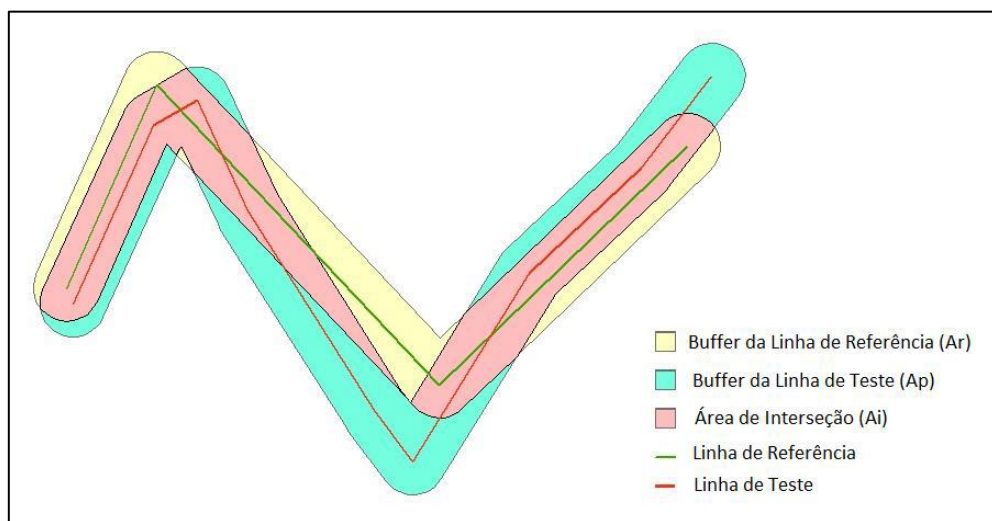
Também chamado de *Buffer Overlay Statistics*, o método do *Buffer Duplo* foi criado no ano de 1999 por Tveite e Langass e diz respeito à aplicação do modelo da Banda de Erro em relação aos elementos vetoriais de referência e em seus homólogos a serem testados.

O modelo da Banda de Erro consiste na criação de uma faixa na feição linear de referência, caracterizada esta, como sendo a posição mais provável. Dessa forma, o

modelo gerado para a faixa de incerteza, diz respeito a aplicação de um *Buffer* ao redor do segmento de linha analisado e, a partir das áreas geradas avaliar a incerteza posicional destas feições. (SANTOS, 2015).

Neste método é aplicado o buffer, tanto nas representações lineares de referência, quanto nas avaliadas e por meio da interseção dos polígonos formados, permite-se obter uma medida de discrepância média, viabilizando a execução das análises. A figura 1 exhibe um exemplo da geração de polígonos resultantes de feições lineares homologas a partir da aplicação do *Buffer Duplo*.

Figura 1: Esquematisação do método do *Buffer Duplo*



Fonte: Cruz & Santos (2016).

Santos (2015) estabelece uma sequência de etapas metodológicas para a avaliação da acurácia posicional, utilizando o método do *Buffer Duplo* em associação com os parâmetros estabelecidos pelo Decreto Lei nº 89.817, sendo descritas da seguinte forma:

- a) Seleção de uma amostra com n linhas homólogas de teste (LT) e de referência (LR);
- b) A partir das feições lineares selecionadas, aplicar um buffer de tamanho x em cada linha i da amostra de linhas homólogas de teste e referência. Para o emprego do Decreto-lei nº 89.817, utiliza-se como tamanho do buffer o valor do PEC para a escala e a classe utilizada no processo de avaliação;
- c) Calcular a área A_T gerada pela operação de buffer em cada linha de teste;

d) Realizar uma sobreposição entre os polígonos gerados pelos buffers da linha teste e da linha de referência e calcular o valor de A_F , que diz respeito a área do polígono de referência que não intercepta o polígono teste;

e) Calcular a discrepância média (dm), para cada linha teste i por meio da aplicação da equação 13;

$$dmi = \pi . x. \frac{(\sum A_F)_i}{A_T i} \quad (13)$$

f) Para a integração de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo Decreto-lei n° 89.817, Santos (2015) sugere verificar a normalidade e, caso esta seja evidenciada, verifica-se se 90 % das linhas testadas possuem discrepância média (dm) menor ou igual ao valor do PEC (da classe e escala utilizados para gerar o *buffer* x), e ainda, o RMS (*root mean square*) das discrepâncias médias (dm) deve ser menor ou igual ao valor do EP (idem ao PEC). Se as duas condições forem satisfeitas, o produto cartográfico é classificado de acordo com a classe e a escala trabalhada.

3 METODOLOGIA

A partir dos aspectos estabelecidos no objetivo, a metodologia foi dada por meio da criação de dois grupos de ferramentas no *software* QGIS 3.10 para a avaliação da qualidade geométrica de arquivos vetoriais. O primeiro grupo de ferramentas foi dado pelos métodos para a avaliação da acurácia posicional de feições pontuais e o segundo grupo correspondeu a avaliação utilizando feições lineares.

As ferramentas foram criadas a partir do *Model Builder* do *software* QGIS 3.10. Este consiste de um modelador gráfico que permite criar modelos complexos a partir de uma interface simples. Visto que ao trabalhar em ambiente SIG as análises são desencadeadas por meio de um conjunto de operações, tal modelador gráfico permite agrupar todos os processos em uma análise única, independente da quantidade de etapas, o algoritmo executa o processo de forma única.

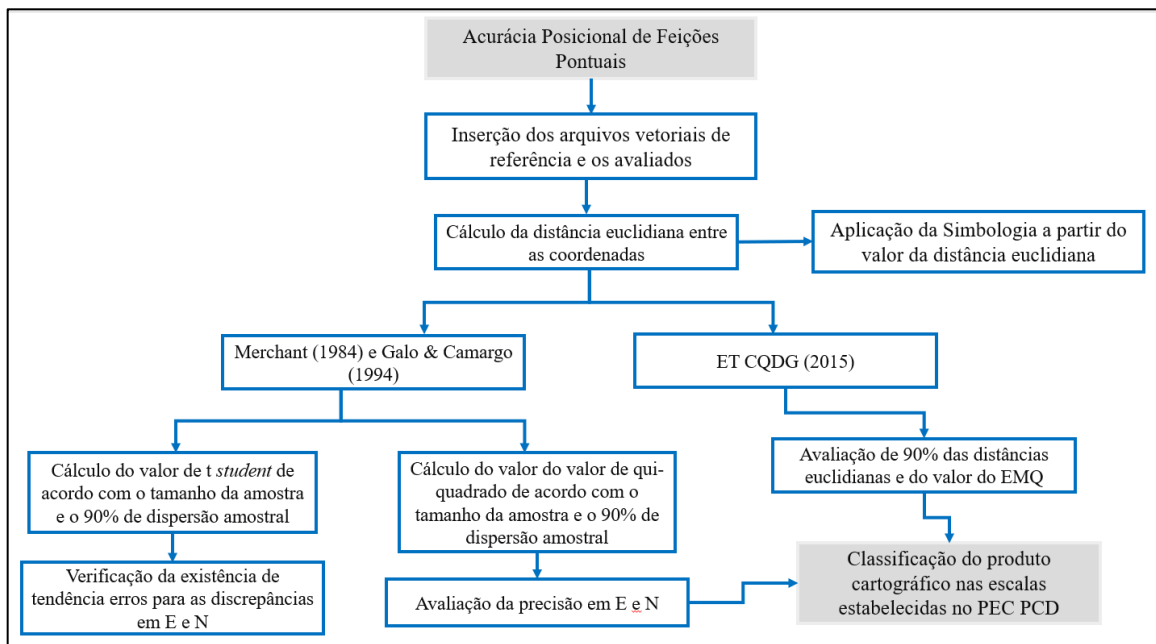
Os próximos subitens descrevem os métodos utilizados para a construção para os referidos grupos de ferramentas.

3.1 ACURÁCIA POSICIONAL DE FEIÇÕES PONTUAIS

Os métodos utilizados para a avaliação da acurácia posicional de feições pontuais corresponderam aos testes estatísticos estabelecidos por Merchant (1982) & Galo e Camargo (1994) e as condicionantes estabelecidas na ET-CQDG (2015).

Neste contexto, para a avaliação da acurácia posicional de feições pontuais foram criadas duas ferramentas em um mesmo conjunto. Isso permite com que o usuário escolha o método da sua escolha, de acordo com a finalidade desejada. O fluxograma da figura 2 exibe o fluxograma com os cálculos desenvolvidos no grupo de ferramentas para a avaliação da acurácia posicional em feições pontuais.

Figura 2: Fluxograma de funcionamento do grupo de ferramentas para a avaliação da acurácia posicional em feições pontuais.



Ano de Elaboração: 2019

Conforme é apresentado na figura 2 os arquivos vetoriais (em formato *shapefile*) de feições pontuais deverão ser previamente inseridos no *software* QGIS. As feições inseridas são as de referência, bem como, as homólogas que serão avaliadas. Os arquivos vetoriais de referência poderão ser pontos obtidos por meio de técnicas de mapeamento de referência ou extraídos de forma indireta de algum produto cartográfico em que a qualidade posicional é conhecida. Os arquivos vetoriais utilizados para as análises deverão estar projetados em Universal Transverso de Mercator (UTM), de forma a permitir a obtenção das discrepâncias em metros e que viabilizem o desenvolvimento dos métodos. Além disso, tanto os arquivos vetoriais de referência quanto os avaliados que são homólogos, devem estar associados a um mesmo valor de “ID” na tabela de atributos, de forma que as operações sejam desenvolvidas nas referidas feições.

Os cálculos das discrepâncias entre as coordenadas nas direções Leste e Norte, a distância euclidiana, os valores referentes as tabelas *t student* e qui-quadrado e as condicionantes utilizadas para obtenção dos resultados foram desenvolvidas a partir do *Model Builder* do *software* QGIS 3.10. O *Model Builder* permite com que, a partir de aplicações e *plugins* já existentes no *software* QGIS, construir diferentes ferramentas, de acordo com as análises realizadas. As condicionantes aplicadas foram desenvolvidas a partir da calculadora de campo do referido *software* conforme mostra o exemplo da figura 3.

Figura 3: Exemplo de aplicação as condicionantes a partir da calculadora de campo

Calculadora de Campo

☐ Atualizar apenas 0 feições selecionadas

☒ Criar um novo campo

☐ Criar um campo virtual

Nome do novo Campo:

Tipo do novo campo: Número inteiro (unidade)

Comprimento do campo de saída: 10 Precisão: 3

Expressão Editor de Funções

`CASE WHEN count("ID")>30
THEN 'Nao Aplicavel'
WHEN (mean("dif_E")/stdev("dif_E"))*sqrt(count("ID")) <= "t_tabelado" AND (mean("dif_E")/stdev("dif_E"))*sqrt(count("ID")) >= -1*("t_tabelado")
THEN 'NÃO'
ELSE 'SIM' END`

Prévia de saída: 'NÃO'

Parent algorithms

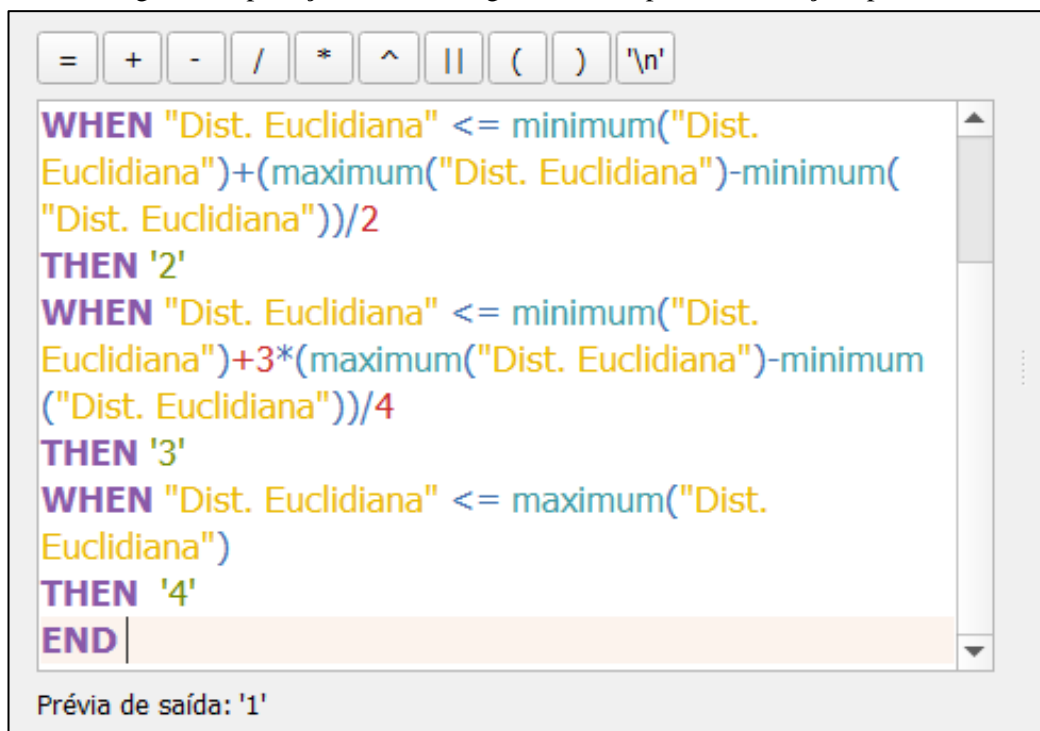
OK Cancel Help

Ano de Elaboração: 2019

No exemplo da figura 3 exibe-se a condicionante utilizada para avaliar a existência de tendência na direção Leste, a partir do método de Merchant (1982) & Galo e Camargo (1994). Na avaliação considerando este método, visto que os testes estatísticos de tendência e precisão são ideais para amostras pequenas (até 30 amostras), condicionou-se que se o tamanho da amostra for maior do que 30, será exibida a mensagem “Não avaliado”. Esta característica não necessitou ser considerada nas condicionantes relacionadas ao método da ET-CQDG (2015).

No que diz respeito a aplicação da simbologia, considerou-se os valores obtidos para a distância euclidiana entre os dados de referência e os avaliados. Inicialmente criou-se no modelador gráfico, a partir da calculadora de campo, um campo que enquadrasse as discrepâncias a partir de 4 subdivisões. A classificação foi dada de acordo com a figura 4.

Figura 4: Aplicação da Simbologia das discrepâncias de feições pontuais



Ano de Elaboração: 2019

A partir da delimitação das discrepâncias de acordo com a figura 4, aplicou-se a graduação de cores a partir da magnitude das mesmas (sendo categorizadas de 1 até 4). Dessa forma, quanto maior a discrepância, o tom de cor seria mais escuro. A simbologia foi salva em um arquivo de extensão. qml e inseridas nos modeladores gráficos.

3.2 ACURÁCIA POSICIONAL DE FEIÇÕES LINEARES

A metodologia utilizada para a avaliação da Acurácia Posicional de Feições Lineares correspondeu-se ao método do *Buffer Duplo* especificado no subitem 2.2.2.1. Visto que os testes realizados pelo método correspondem a criação de *buffers* nas feições lineares avaliadas com dimensão igual ao valor tabelado no PEC PCD, bem como, avaliação na referida Classe e Escala, as ferramentas foram criadas separadamente para cada Escala do PEC PCD (quadro 1). Para cada Escala, exibiu-se para as Classes A, B, C e D se as condicionantes estabelecidas foram Aceitas ou Rejeitadas, de acordo com a ET-CQDG (2015). Neste sentido, foi desenvolvida uma ferramenta para cada Escala e o usuário poderá escolher qual delas deseja avaliar, totalizando oito ferramentas.

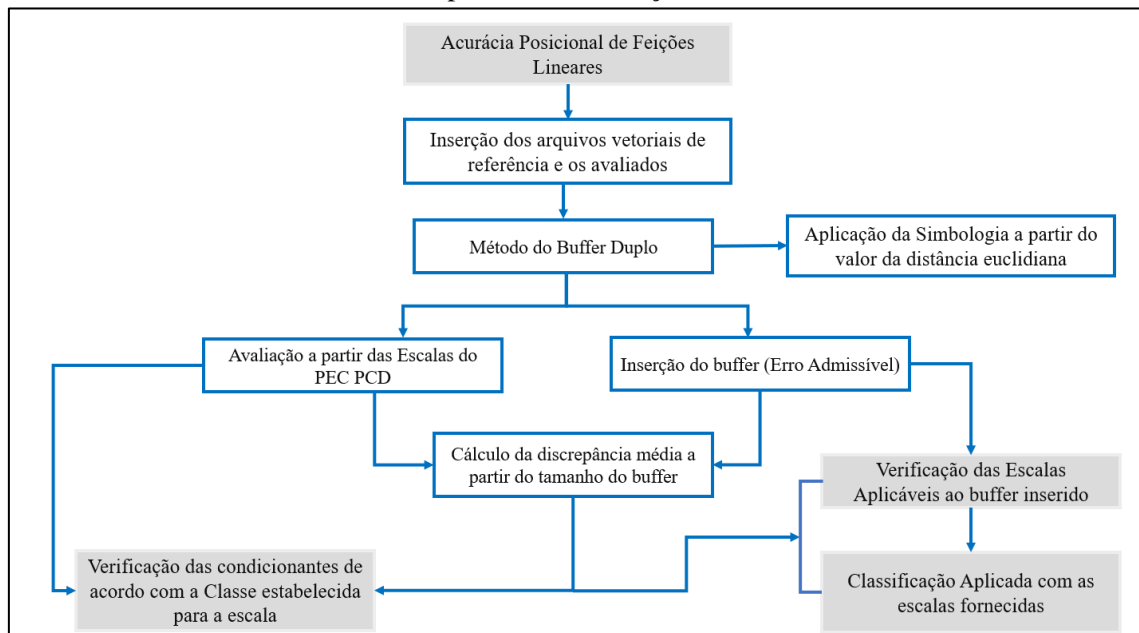
Visto que os modelos criados inicialmente estão restritos ao tamanho do *buffer* especificado de acordo com o PEC PCD, foi desenvolvida uma nona ferramenta em que o usuário poderá entrar com o tamanho do *buffer* desejado e verificar em qual intervalo,

de acordo com PEC PCD, este buffer se enquadra e fornecer a Classe que se adequa ao mesmo.

Os arquivos vetoriais utilizados para as análises deverão estar projetados em Universal Transverso de Mercator (UTM), de forma a permitir a obtenção das discrepâncias em metros e que viabilizem o desenvolvimento dos métodos. Além disso, tanto os arquivos vetoriais de referência quanto os avaliados que são homólogos, devem estar associados a um mesmo valor de “ID” na tabela de atributos, de forma que as operações sejam desenvolvidas nas referidas feições.

O fluxograma da figura 5 apresenta as etapas utilizadas na construção dos conjuntos de ferramentas para a avaliação da acurácia posicional de feições lineares.

Figura 5: Fluxograma de funcionamento do grupo de ferramentas para a avaliação da acurácia posicional em feições lineares.

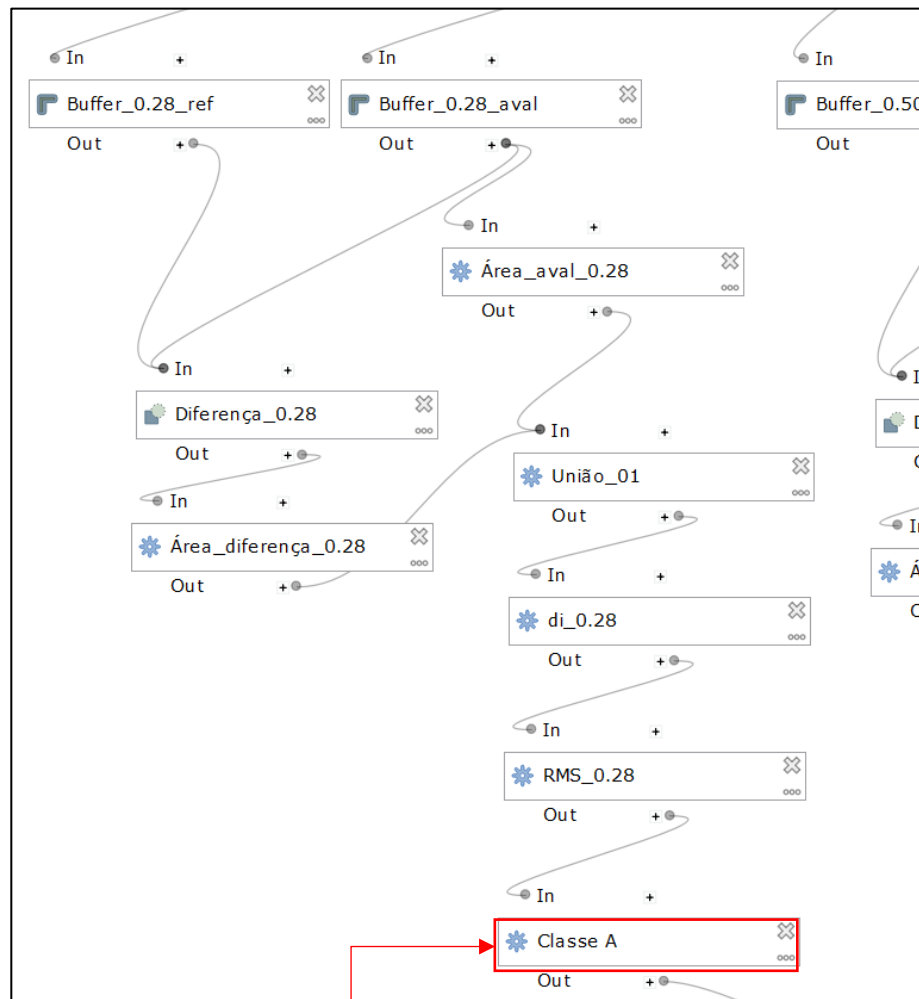


Ano de Elaboração: 2019

Conforme descrito no fluxograma da figura 5, a ferramenta foi criada a partir de um conjunto de modelos gráficos em que foi possível realizar a avaliação a partir das escalas do PEC PCD e a partir da inserção do Erro Admissível.

Na avaliação a partir das Escalas do PEC PCD, o modelo foi construído considerando as condicionantes do método do *buffer* duplo. A figura 6 exibe parte da construção deste modelo.

Figura 6: Exemplo de parte do modelo para a avaliação a partir das Escalas do PEC PCD



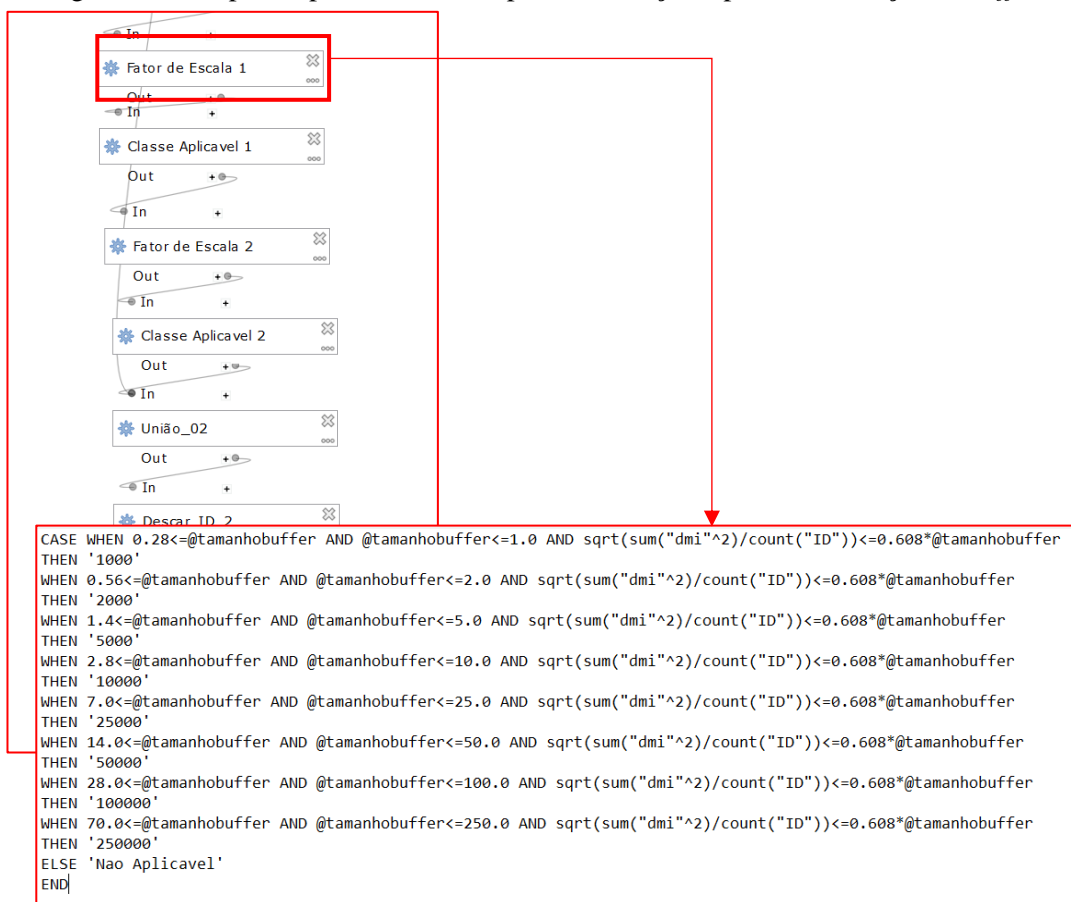
```
CASE WHEN sum("di_0.28"<=0.28) >= 0.9*count("ID") AND sqrt(sum("di_0.28"^2)/count("ID"))<=0.17
THEN 'ACEITO'
WHEN sum("di_0.28"<=0.28) < 0.9*count("ID") OR sqrt(sum("di_0.28"^2)/count("ID"))>0.17
THEN 'REJEITADO'
END
```

Ano de Elaboração: 2019

A figura 6 exibe parte do modelo criado para a avaliação do PEC PCD em feições lineares na Escala de 1:1000. A parte do script exibido corresponde a verificação se o buffer criado atende a Classe A. Dessa forma, o usuário seleciona a Escala a ser avaliada e as condições são avaliadas em cada Classe.

No que diz respeito a inserção do buffer, o usuário informa qual o Erro Admissível será verificado e exibem-se em quais Escalas do PEC PCD o *buffer* é enquadrado, a partir da Escalas encontradas, verifica-se em qual Classe ele é Aceito ou Rejeitado. A figura 7 exibe parte da criação do modelo.

Figura 7: Exemplo de parte do modelo para a avaliação a partir da inserção do *buffer*



Ano de Elaboração: 2019

Conforme exibe a figura 7 ao construir este modelo, inicialmente verificou-se em qual intervalo das Escalas do PEC PCD o *buffer* inserido iria se enquadrar, fornecendo o fator de escala. Além da verificação da região em que escala do valor do *buffer* irá se enquadrar, verifica-se se o EMQ atende a 60,8% do tamanho do *buffer*. Caso nenhuma condição seja satisfeita, exibe-se a mensagem de Não Aplicável na tabela de atributos e as outras etapas não são realizadas (exibe-se esta mesma mensagem).

A partir do fator de escala encontrado, verifica-se em qual intervalo de Classes este valor se adequa e as condições são testadas. Dessa forma, avalia-se se 90% das discrepâncias médias obtidas são menores ou iguais que o valor do *buffer* inserido e o EMQ calculado para as discrepâncias médias deve ser menor que 60,8% do tamanho do *buffer*. É válido ressaltar que esta aplicação corresponde a uma adaptação do método do *buffer* duplo para que este possa se avaliado em qualquer tamanho de *buffer* (Erro Admissível) inserido.

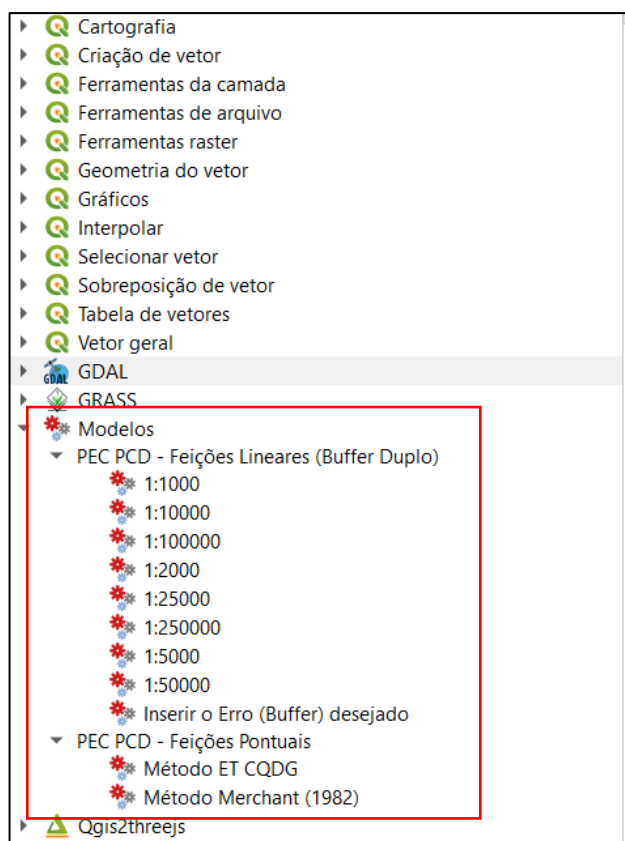
Nos intervalos inseridos a partir da figura 7, notou-se que existe uma sobreposição entre algumas Escalas sequenciais, dessa forma, foi verificada a existência de dois fatores de Escalas e Classes aplicáveis.

No que diz respeito a simbologia aplicada, esta foi realizada da mesma maneira que a das feições pontuais, considerando a discrepância média de cada feição linear. Visto que na avaliação a partir das Escalas são calculadas quatro discrepâncias médias (uma para cada Classe do PEC PCD) considerou-se a discrepância média para a Classe A para a exibição das feições que apresentam menor e maior discrepâncias a partir da graduação de cores.

4 RESULTADOS OBTIDOS

A partir dos modeladores gráficos construídos, foram realizadas análises a partir da inserção de arquivos vetoriais de referência e de feições homólogas a serem avaliadas. A figura 8 exibe o agrupamento dos modelos construídos na caixa de ferramentas de processo do *software* QGIS 31.0, conforme descrito na metodologia.

Figura 8: Grupos de modelos gráficos para a avaliação de feições pontuais e lineares



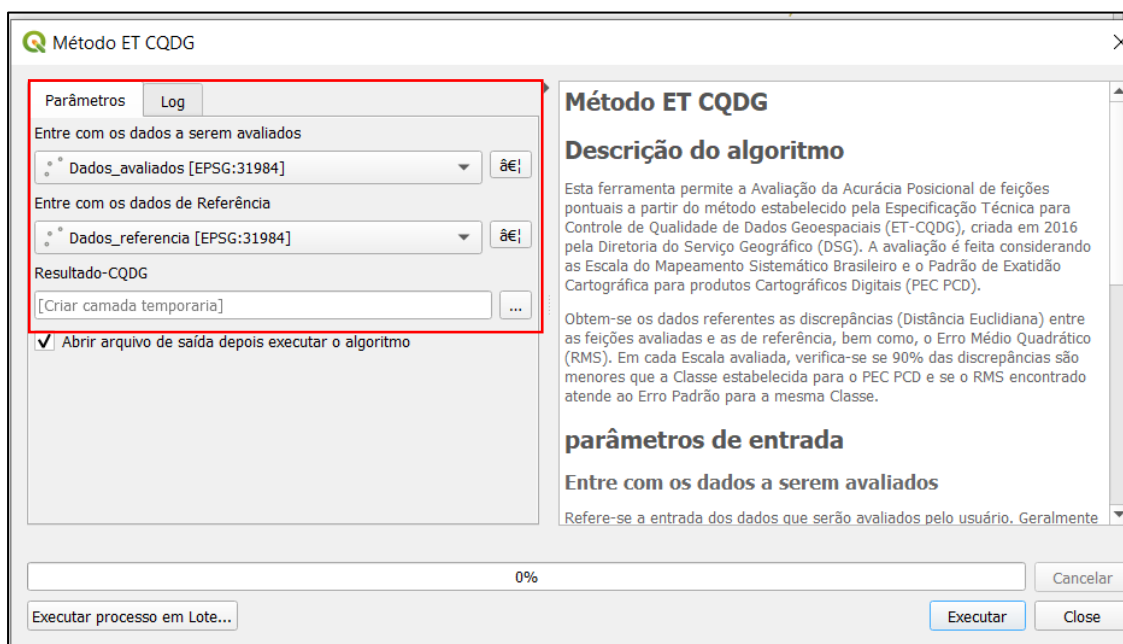
Conforme exibe a figura 8, são apresentados os dois grupos de ferramentas criadas para a avaliação da acurácia posicional de feições pontuais e lineares. Os subitens a seguir exibem os resultados obtidos para os referidos grupos.

4.1 ACURÁCIA POSICIONAL DE FEIÇÕES PONTUAIS

Para a avaliação da acurácia posicional de feições pontuais, foi utilizada uma amostra de 24 pontos da base de dados construída por Elias et al. (2016) para a área de estudo que contempla a Universidade Federal da Bahia (UFBA), sendo os dados de referência levantados a partir de rastreiro GNSS e os avaliados correspondentes a planta topográfica da Universidade na escala de 1:2000.

A figura 9 exibe a interface obtida no software QGIS 3.0 para a entrada de dados referente a avaliação de feições pontuais.

Figura 9: Entrada de dados para a avaliação da acurácia posicional de feições pontuais



Ano de Elaboração: 2019

A interface para a entrada de dados é exibida ao clicar no método desejado (figura 8). Tanto na avaliação considerando os métodos estatísticos de Merchant (1982) & Galo e Camargo (1994) quanto na ET CQDG (2015), o formato da interface e os resultados são exibidos de forma similar. As diferenças estão relacionadas com as discrepâncias por componente e os testes estatísticos avaliadas no primeiro método.

Ao realizar o processamento da ferramenta, os resultados são exibidos na tabela de atributos do novo arquivo vetorial criado. É válido ressaltar que o arquivo vetorial

resultante do processo corresponde ao dado vetorial avaliado, contendo as informações referentes a acurácia posicional.

As figuras 10 e 11 exibem as tabelas de atributos com os resultados para o método de Merchant (1982) & Galo e Camargo (1994) e da ET CQDG (2015), respectivamente.

Figura 10: Resultados obtidos para acurácia posicional de feições pontuais considerando Merchant (1982) & Galo e Camargo (1994)

	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000	1:25000	1:50000	1:100000	1:250000	dif_E	dif_N	t_tabelado	qui_tabelado	Tendência_E_90%	Tendência_N_90%
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	0,759	0,719	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	-0,060	-0,543	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	0,401	-0,213	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	0,208	-0,278	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	0,278	0,208	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	-0,025	-0,287	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	-0,184	-0,213	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	-0,195	0,171	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	0,066	-0,153	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	-0,029	0,158	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	0,147	0,003	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	0,146	0,008	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	0,069	-0,119	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	-0,124	-0,031	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	-0,124	0,023	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	-0,032	0,119	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	-0,084	0,059	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	0,055	-0,082	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	-0,042	-0,070	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	0,077	-0,005	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	0,047	-0,033	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	-0,033	-0,037	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	-0,044	0,014	1,714	32,007	NÃO	NÃO
Classe B	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	0,013	0,003	1,714	32,007	NÃO	NÃO

Ano de Elaboração: 2019

Figura 11: Resultados obtidos para acurácia posicional de feições pontuais considerando a ET CQDG (2015)

Dist. Euclidiana	Categoria_Simbologia	RMS	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000	1:25000	1:50000	1:100000	1:250000
0,013342	1	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,046174	1	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,049578	1	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,057428	1	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,077162	1	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,081633	1	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,098737	1	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,102650	1	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,123227	1	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,126115	1	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,127816	1	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,137557	1	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,146219	1	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,147031	1	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,160639	1	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,166628	1	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,259357	2	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,281469	2	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,288087	2	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,347200	2	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,347200	2	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,454059	2	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
0,546305	3	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A
1,045486	4	0,308	Classe C	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A

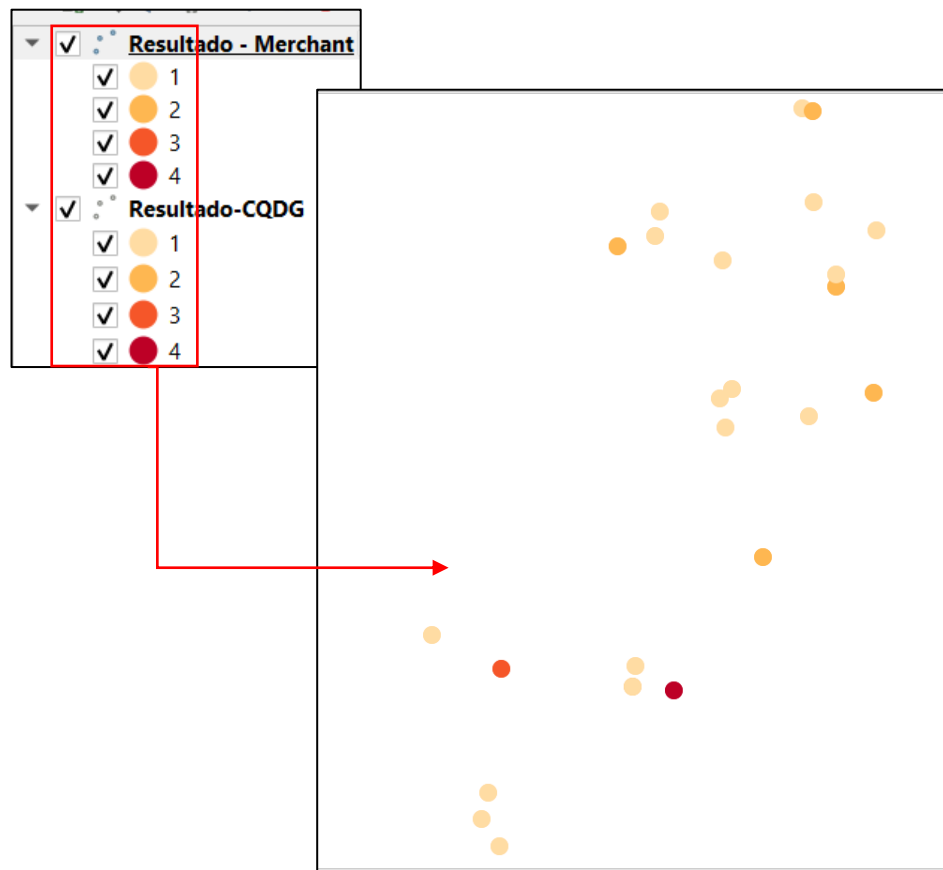
Ano de Elaboração: 2019

Conforme descrito, as diferenças na exibição dos resultados estão basicamente relacionadas com os testes estatísticos realizados por Merchant (1982) & Galo e Camargo (1994). Dessa forma, são apresentados os valores para os testes de *t student* e qui-quadrado de acordo com o tamanho da amostra (graus de liberdade) avaliada.

Exibe-se também a mensagem se o dado apresenta Tendência para a componente avaliada. Caso apresente tendência, exibe-se na tabela de atributos “SIM”, caso não seja apresentada, exibe-se “NÃO”. No que diz respeito as Escala avaliadas, exibe-se a melhor Classe em que as amostras se adequam, caso este não atenda nenhuma Classe para a referida Escala, exibe-se a mensagem: “Rejeitado”.

A figura 12 exibe a graduação de cores utilizada a partir dos valores obtidos para os valores das distâncias euclidianas.

Figura 12: Simbologia aplicada para a avaliação da acurácia posicional de feições pontuais



Ano de Elaboração: 2019

4.2 ACURÁCIA POSICIONAL DE FEIÇÕES LINEARES

Para a avaliação da acurácia posicional de feições lineares, foi utilizada uma amostra de 19 linhas da base de dados de Elias et al. (2019) para a área de estudo que contempla o município de Salvador-BA, sendo os dados de referência levantados a partir de base cartográfica de 2006 do referido município na escala de 1:2000 e os avaliados correspondentes a arquivos vetoriais do OpenStreetMap (2019).

As figuras 13 e 14 exibem as interfaces para a entrada dos dados a partir das Escalas do PEC PCD, bem como, a partir da inserção do erro que se deseja avaliar, respectivamente.

Figura 13: Entrada de dados na Escala de 1:2000 para a avaliação da qualidade posicional de feições lineares

Ano de Elaboração: 2019

Figura 14: Entrada de dados a partir da inserção do erro a ser avaliado para a avaliação da qualidade posicional de feições lineares

Ano de Elaboração: 2019

Visto que a partir da avaliação considerando as oito Escalas do PEC PCD os resultados apresentam resultados com a mesma estrutura na tabela de atributos. Para fins de exemplificação, nas figuras 15 e 16, exibem-se os resultados nas Escalas de 1:10000 e 1:50000, respectivamente.

Figura 15: Resultados na dados na Escala de 1:10000 para a avaliação da qualidade posicional de feições lineares

ID	RMS - Classe A (m)	Classe A	RMS - Classe B (m)	Classe B	RMS - Classe C (m)	Classe C	RMS - Classe D (m)	Classe D
1	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
2	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
3	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
4	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
5	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
6	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
7	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
8	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
9	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
10	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
11	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
12	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
13	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
14	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
15	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
16	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
17	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
18	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO
19	3,600	REJEITADO	3,760	REJEITADO	3,776	ACEITO	3,785	ACEITO

Ano de Elaboração: 2019

Figura 16: Resultados na dados na Escala de 1:50000 para a avaliação da qualidade posicional de feições lineares

ID	RMS - Classe A (m)	Classe A	RMS - Classe B (m)	Classe B	RMS - Classe C (m)	Classe C	RMS - Classe D (m)	Classe D
1	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
2	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
3	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
4	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
5	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
6	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
7	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
8	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
9	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
10	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
11	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
12	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
13	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
14	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
15	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
16	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
17	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
18	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO
19	3,805	ACEITO	3,854	ACEITO	3,894	ACEITO	3,937	ACEITO

Ano de Elaboração: 2019

Conforme é apresentado nas figuras 15 e 16, a amostra avaliada é aceita nas Classes C e D do PEC PCD na Escala de 1:10.000 e aceita em todas as Classes na Escala de 1:50000.

As figuras 17 e 18 exibem os resultados obtidos para inserção do Erro Avaliado (Tamanho do *buffer*) em 5 metros e 25 metros, respectivamente.

Figura 17: Inserção do buffer de 5 metros para verificar quais as Escalas e Classes que se adequam na amostra avaliada

ID	Categoria_Simbologia	Area_dif	Area_aval	dmi	RMS	Fator de Escala 1	Classe Aplicavel 1	Fator de Escala 2	Classe2
14	2	1763,383	7221,630	3,836	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
15	3	1543,094	6132,502	3,953	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
12	3	2709,864	10816,472	3,935	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
13	1	994,916	8827,662	1,770	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
10	4	1208,863	3148,001	6,032	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
11	2	11671,104	49333,023	3,716	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
8	2	1303,302	5834,590	3,509	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
9	2	1906,793	9118,442	3,285	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
6	3	4370,887	13929,543	4,929	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
7	1	1227,544	8676,278	2,222	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
4	2	8577,747	35434,260	3,803	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
5	3	1609,007	5756,286	4,391	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
2	3	1423,568	4796,333	4,662	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
3	2	2832,972	13774,730	3,231	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
1	2	557,350	2559,409	3,421	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
18	2	2890,604	14462,698	3,139	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
19	2	2017,109	8930,601	3,548	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
16	1	3368,133	27199,933	1,945	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel
17	2	2054,199	8868,787	3,638	3,760	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel	Nao Aplicavel

Ano de Elaboração: 2019

Figura 18: Inserção do buffer de 25 metros para verificar quais as Escalas e Classes que se adequam na amostra avaliada

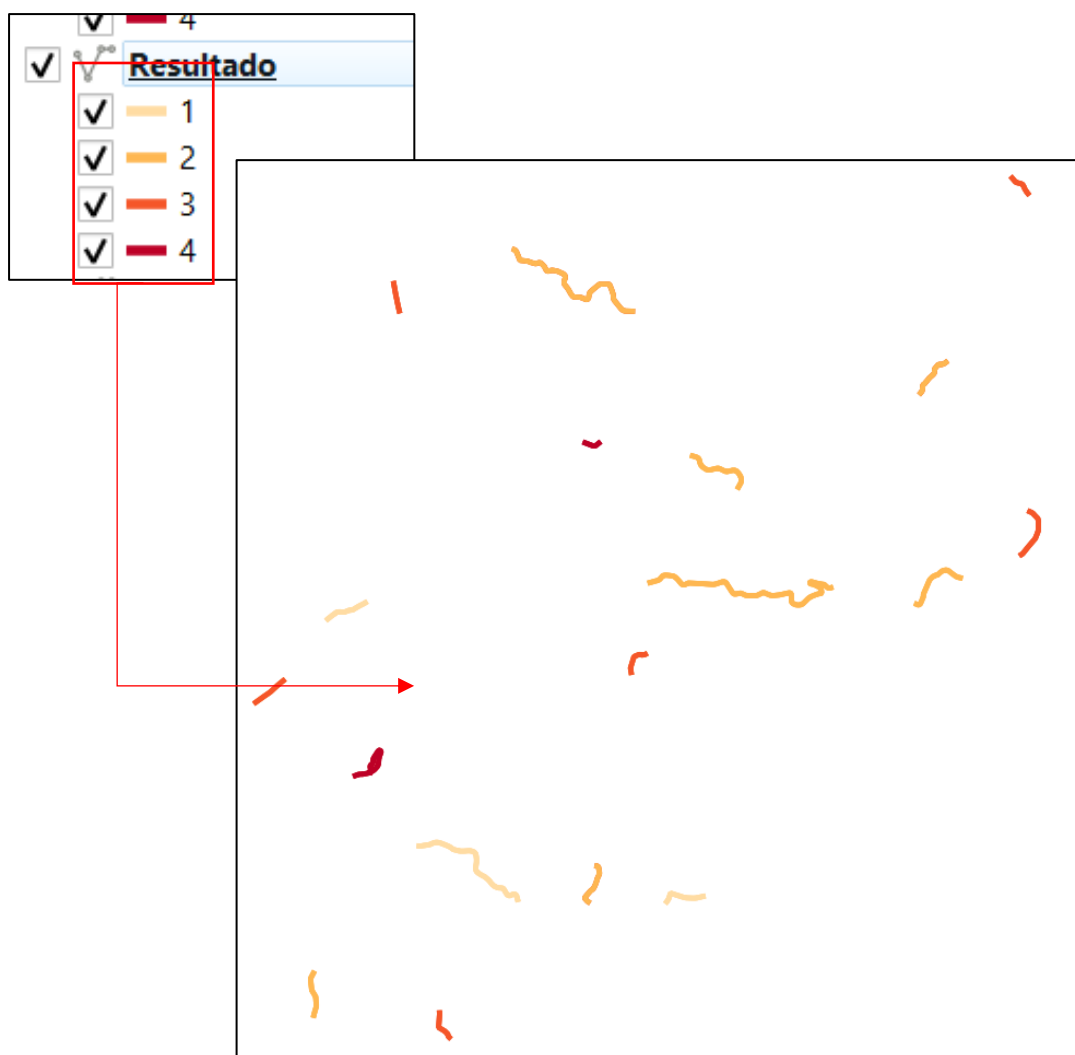
ID	Categoria_Simbologia	Area_dif	Area_aval	dmi	RMS	Fator de Escala 1	Classe Aplicavel 1	Fator de Escala 2	Classe2
14	3	1927,803	37654,072	4,021	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
15	3	1835,911	32177,392	4,481	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
12	3	2701,032	55616,370	3,814	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
13	1	976,615	45566,664	1,683	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
10	4	1267,937	17278,175	5,764	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
11	2	11380,247	247208,581	3,616	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
8	3	1653,593	30702,263	4,230	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
9	2	1997,523	47130,592	3,329	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
6	4	4245,448	69045,530	4,829	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
7	1	1364,212	44892,037	2,387	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
4	3	8627,898	178587,406	3,794	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
5	3	1770,652	30327,614	4,585	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
2	3	1525,267	25516,314	4,695	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
3	2	3084,890	70115,447	3,456	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
1	2	619,415	14240,418	3,416	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
18	2	2999,522	73821,409	3,191	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
19	3	2209,852	46125,710	3,763	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
16	1	3296,863	137494,138	1,883	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B
17	3	2285,324	45832,867	3,916	3,854	25000	Classe D	50000	Classe B

Ano de Elaboração: 2019

Conforme os resultados exibidos nas figuras 17 e 18, para um *buffer* de 5 metros, a mensagem exibida na tabela de atributos foi de “Não Aplicável”. Esta característica representa que o valor inserido não atendeu as condições estabelecidas para considerar o fator de escala associado ao intervalo do PEC PCD. Esta condição está relacionada com o valor do Erro Médio Quadrático em relação ao EP. Por sua vez, em 25 metros, a amostra atendeu a Classe D na Escala de 1:25.000 e Classe B na Escala de 1:50000.

A figura 19 exibe a simbologia aplicada considerando a graduação de cores em relação as discrepâncias médias encontradas.

Figura 19: Simbologia aplicada para a avaliação da acurácia posicional de feições lineares



Ano de Elaboração: 2019

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir das análises realizadas e dos produtos gerados neste trabalho, ressalta-se a importância da automatização na avaliação da acurácia posicional de dados geoespaciais, de forma a obter resultados de forma mais rápida e viabilizar a realização de análises em diferentes produtos e diferentes áreas de estudo. Além disso, torna-se viável armazenar as condicionantes e métodos estatísticos utilizados, de forma que o usuário possa escolher o método que melhor se adeque com a sua finalidade.

Como recomendações para trabalhos futuros sugerem-se as seguintes observações:

- Investigação de método para avaliação da acurácia posicional de feições poligonais;
- Entrevistas com usuários ligados à Cartografia no intuito de melhorar os resultados exibidos a partir dos requisitos dos usuários;
- Criar ferramentas utilizando métodos internacionais para a avaliação da acurácia posicional;
- Explorar a automatização dos demais indicadores de qualidade estabelecidos pela ET CQDG: Acurácia Temática, Completude e Consistência Lógica.

6 REFERÊNCIAS

ALI, Ahmed Loai et al. Rule-guided human classification of Volunteered Geographic Information. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 127, p. 3-15, 2017.

ANDRADE, J.B.D.; **Fotogrametria**. 2ª edição. 2003.

BRASIL. Decreto Lei nº 89.817 de 1984. **Normas Técnicas da Cartografia Nacional**. Brasil, 1984.

CHEN, Z., FU, R., ZHAO, Z., LIU, Z., XIA, L., CHEN, L., ZHANG, C. J. **Mission: a general spatial crowdsourcing platform**. Paper presented at the 40th International Conference on Very Large Databases, Hangzhou, China, 2014.

GALO, M., DAL POZ, A. P.; FERREIRA, F. M. **Uso de Feições no Controle de Qualidade em Cartografia**. In: CBC - Congresso Brasileiro de Cartografia, 19. Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, Brasil, 2001.

GALO, M., CAMARGO, P. O. **Utilização do GNSS no controle de qualidade de cartas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 1. – COBRAC, Anais... v. 2, Florianópolis, 1994.

Goodchild, Michael F. **“Foreword.”** In Principles of Modeling Uncertainties in Spatial Data and Spatial Analyses. CRC Press, 2010.

INDE. **Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV)**. Brasil, v. 2.1.3, p. 16 – 20, 2012.

INDE. **Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-CQDG)**. Brasil, 2016.

INDE. **Especificação Técnica para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV)**. Brasil, 2011.

KEATES, J. S. **Cartographic Design and Production**. UK: Longman, 1973. 240p.

KENT, A. J. Topographic Maps: **Methodological Approaches for Analyzing Cartographic Style**. Journal of Map & Geography Libraries, vol. 5, n. 2, 2009. pp. 131–156.

MERCHANT, D. C. **Spatial Accuracy Standards for Large Scale Line Maps**. In: Technical Congress on Surveying and Mapping. Proceedings. v. 1, 1982.

RAHMATIZADEH, Shima; RAJABIFARD, Abbas; KALANTARI, Mohsen. A conceptual framework for utilising VGI in land administration. **Land Use Policy**, v. 56, p. 81-89, 2016.

SAMPAIO, T. V. M.; BRANDALIZE, M. C. B. **Cartografia Geral, Digital e Temática**. Série Geotecnologias: teoria e prática; v. 1 - Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 2018.

SANTOS, A.F.P. **Controle de Qualidade Cartográfica: Metodologias para Avaliação da Acurácia Posicional em Dados Espaciais**. Viçosa, 2015. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

TVEITE, H.; LANGAAS, S. **An accuracy assessment method for geographical line data sets based on buffering**. International Journal of Geographical Information Science, v. 13, n. 1, p. 27-47, 1999.