

AQUISIÇÃO, PROCESSAMENTO, GERENCIAMENTO E COMPARTILHAMENTO DE DADOS DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA DE BAIXO CUSTO

Ricardo Leite Dias

Mestrando em Engenharia de Materiais
Instituto Militar de Engenharia

Marina Donato

Doutoranda em Engenharia de Transportes
Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE

Érico Fernando de Oliveira Martins

Augusto Romanini

Departamento de Engenharia Civil - UNEMAT

Mayara Souza Gomes

Antônio Carlos Rodrigues Guimarães

Maria Esther Soares Marques

Seção de Engenharia de Transportes
Instituto Militar de Engenharia

RESUMO

Este trabalho tem como principal objetivo o desenvolvimento de uma metodologia de baixo custo para coleta, processamento e compartilhamento de dados vetoriais e imagens terrestres de estradas vicinais não pavimentadas, que permitam a identificação de patologias (categoria e localização), para apoiar o poder público na tomada de decisões estratégicas de manutenção destas vias. Para tanto, realizou-se diversos testes com equipamentos distintos, dentre eles, coletores GNSS e câmeras fotográficas, definindo assim o que melhor atende o objetivo proposto, prezando pelo baixo custo do processo metodológico. Apresentando também como parte do produto final do trabalho, uma base de dados cartográficos da Estrada Nancir situada no município de Sinop-MT, compartilhada de modo *on-line* e *off-line*.

ABSTRACT

This article has as main objective the development of a low cost methodology for collecting, processing and sharing vector data and terrestrial images of unpaved secondary roads, allowing the identification of pathologies (category and location) to support the public managers in the deliberation of strategic decisions to maintain these routes. That way, several tests were carried out with different equipment, including GNSS collectors and photographic cameras, defining what best meets the proposed objective, taking into account the low cost of the methodological process. Also presenting as part of the final product of the work, a cartographic database of the Nancir Road located in the municipality of Sinop-MT, shared *on-line* and *off-line*.

1 INTRODUÇÃO

A conceituação de estradas, de acordo com o Manual de Projetos Geométricos de Travessias Urbanas, é definida como uma via de trânsito, em geral em área rural, destinada a veículos rodoviários, animais e pessoas, e que normalmente têm preferência de passagem em toda a sua extensão. Em áreas urbanas, depois de se transformarem em logradouros, a tradição pode manter a designação “estrada” (IPR 740, 2010).

A malha viária, nas suas mais diferentes categorias, faz parte da infraestrutura de integração de um país, sendo de fundamental importância para a economia e desenvolvimento das cidades, tendo como principal função o fluxo de veículos, pessoas e cargas, possibilitando o acesso a mercadorias e serviços.

Apesar de tais avanços nos últimos anos, atualmente apenas 12% (CNT, 2016) da malha viária brasileira é pavimentada, situação que evidencia a premente necessidade de observação e desenvolvimento de projetos que possibilitem a melhora na qualidade das vias terrestres não asfaltadas.

Neste contexto, o desenvolvimento de uma metodologia de baixo custo, por sua vez, leva em consideração fundamentalmente a necessidade de atualização periódica do banco de dados

gerado com as informações coletadas, o que se deve a própria característica das estradas não pavimentadas, que sofrem alterações naturais e sistêmicas em suas condições em um ritmo muito mais acelerado do que o observado nas rodovias pavimentadas.

Ressalta-se, ainda, que a utilização de uma metodologia de baixo custo para monitoramento de estradas desta estirpe é de suma importância para viabilizar a constante alimentação do banco de dados, pois, do contrário, o custo elevado para coleta e/ou atualização periódica das informações tornaria o monitoramento menos fidedigno e eficaz.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. BASE DE DADOS DO SISTEMA RODOVIÁRIO

No Brasil, a normatização das atividades cartográficas nacional se deu em 1967, por meio do Decreto-Lei nº 243 que estabeleceu as diretrizes e bases das atividades cartográficas e correlatas (BRASIL, 1967). Este decreto instituiu o Sistema Cartográfico Nacional (SCN), definiu as formas de representação do Espaço Geográfico Brasileiro (EGB) e estruturou o Plano Cartográfico Nacional, entre outros. Mais de duas décadas depois, em 1984, o Decreto n. 89.817 estabeleceu as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional, destinada a estabelecer procedimentos e padrões a serem obedecidos na elaboração e apresentação de normas da Cartografia Nacional, bem como padrões mínimos a serem adotados no desenvolvimento das atividades cartográficas (BRASIL, 1984). Este Decreto encontra-se ainda em vigor, tendo sofrido alterações em sua redação, em particular no capítulo sobre o Sistema Geodésico Brasileiro, por meio do Decreto 5.334 de 2005 (BRASIL, 2005).

Iniciativas nacionais estão sendo desenvolvidas para atualização e expansão da base de dados rodoviários nacional. A mais de 20 anos a CNT (Confederação Nacional do Transporte) vem realizando estudos direcionados à real situação da malha rodoviária brasileira, levantando e divulgando dados patológicos destas vias, bem como as medidas necessárias para a devida recuperação. Apesar de ter como principal foco as rodovias pavimentadas, no que diz respeito à análise e métodos de recuperação, também realiza estudos quantitativos da malha viária não pavimentada, dados estes de extremo interesse do presente trabalho, visto que auxilia na análise quantitativa das estradas não pavimentadas na área de estudo.

Executada desde 1995, a Pesquisa CNT de Rodovias - uma iniciativa conjunta da CNT e do SEST SENAT (Serviço Social do Transporte e Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte, respectivamente) - veio contribuir com informações atualizadas para o planejamento e a operação rodoviária, vez que de maneira complementar forneceu elementos fundamentais para a elaboração de projetos e estudos voltados ao aprimoramento das nossas rodovias.

2.2 ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS

Segundo o SNV (Sistema Nacional de Viação), utilizado como base para a CNT realizar o levantamento de dados, a malha rodoviária pavimentada brasileira compreende 211.468 km de extensão, contrapondo-se aos 1.351.979 km de rodovias não pavimentadas.

Segundo o IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), a matriz de transportes brasileira tem a forte predominância do modo rodoviário. O Brasil possui 1,03 km de rodovia pavimentada por habitante e 7,35 km de rodovia não pavimentada. A região Centro-Oeste se destaca neste indicador, possuindo, respectivamente, 1,74 de rodovia pavimentadas e 14,85 de estradas não pavimentadas. (IPEA, 2016).

Neste contexto, de acordo com o IPEA (IPEA, 2016), o estado de Mato Grosso está situado na região com maior densidade de estradas não pavimentada por habitante, fortalecendo a necessidade de medidas que visam manter e recuperar esses meios de acesso.

2.2.1 PATOLOGIAS MAIS COMUNS EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS

As estradas não pavimentadas estão mais propícias ao surgimento de patologias capazes de interferir diretamente no tráfego e serventia deste pavimento primário (capacidade de suporte, conforto e segurança). Segundo Baesso e Gonçalves (2003) destacam-se entre as patologias: seção transversal imprópria, drenagem inadequada, corrugações, excesso de poeira, buracos, trilha de roda, perda de agregados e pontos de erosão.

Neste contexto, tais patologias já comuns no âmbito de estradas não pavimentadas, têm como função nortear a identificação de não conformidades da via em estudo, facilitando a caracterização das mesmas.

2.3 DADOS GEOESPACIAIS E SIG

Os avanços tecnológicos na área de informática facilitaram o manuseio de grande número de dados através dos computadores. Quando uma das características relevantes do dado é a sua localização (referência espacial), pode-se fazer uso dos Sistemas de Informação Geográfica - SIG, que se baseiam em uma tecnologia de armazenamento, análise e tratamento de dados espaciais, não espaciais e temporais. Esta ferramenta é capaz de gerar informações que permitem obter soluções rápidas e precisas para vários problemas, facilitando o processo de tomada de decisões em diversas áreas da engenharia (NELSON, 1998).

Um Sistema de Informações Geográficas - SIG, que é, em essência, a combinação de imagens de mapas com diferentes tipos de informação, tem aplicações não apenas no planejamento de transportes, mas em inúmeras outras áreas, incluindo o planejamento urbano, de forma mais abrangente (NELSON, 1998).

No âmbito dos transportes evidencia-se a utilização de SIG como auxílio na resolução de diferentes tipos de problemas: gerência de pavimentos, transporte coletivo, rodoviário e de carga, engenharia do tráfego, localização de facilidades e planejamento de transportes (MENESES, 2003).

Durante o desenvolvimento deste trabalho, o uso do SIG foi de fundamental importância durante o reconhecimento do traçado geométrico da via em estudo, bem como, a indicação pontual das patologias encontradas nesta via.

3 METODOLOGIA

Este trabalho definiu uma metodologia de baixo custo para aquisição, processamento e compartilhamento de dados vetoriais e matriciais do tipo raster, de estradas vicinais não pavimentadas, permitindo a identificação de patologias segundo sua categoria e localização. Não é intenção desta metodologia produzir ao final uma base cartográfica geometricamente acurada, que possa embasar um projeto de estradas diretamente, mas sim uma base de dados de caráter qualitativo que possa ser consultada por interessados do setor público ou privado para fomentar ações de acompanhamento e recuperação de estradas vicinais. As etapas estão resumidas no fluxograma da Figura 1.

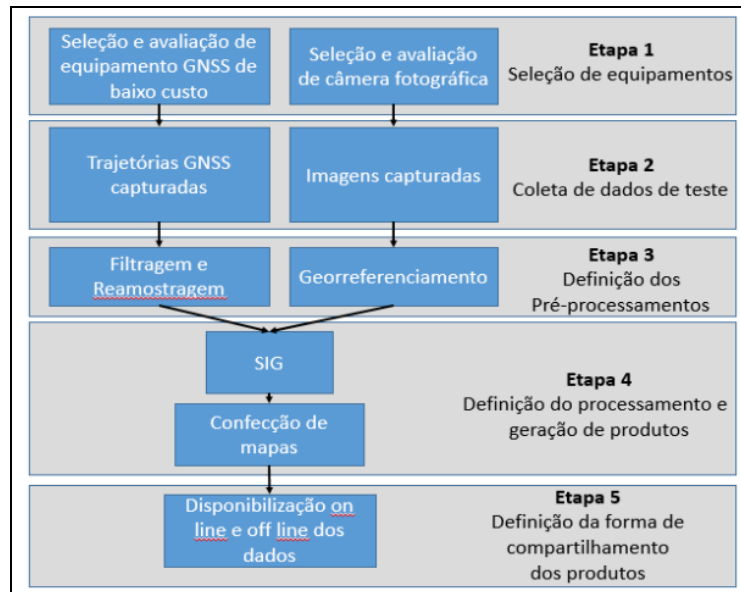


Figura 1: Fluxograma do método proposto.

Etapa 1 – Seleção de Equipamentos

Considerando o objetivo de manter a viabilidade econômica e oferecer resultados dentro de um nível de acurácia aceitável, nesta etapa foram realizados conjuntos de testes para avaliar o comportamento planimétrico de dois equipamentos de trajetórias GNSS de baixo custo, sendo um navegador GPS (Figura 2a) e um smartphone (Figura 2b).

Também foram avaliadas três opções de câmeras para coleta de imagens a curta distância, sendo uma semiprofissional FUJIFILM, FinePix, S400, 14 MegaPixel (Figura 3a), outra de smartphone Motorola, XT1640, 16 MegaPixel (Figura 3b) e uma recreativa com registro em 360° LGcam, Luck Goldstar, R105, 16 MegaPixel (Figura 3c).

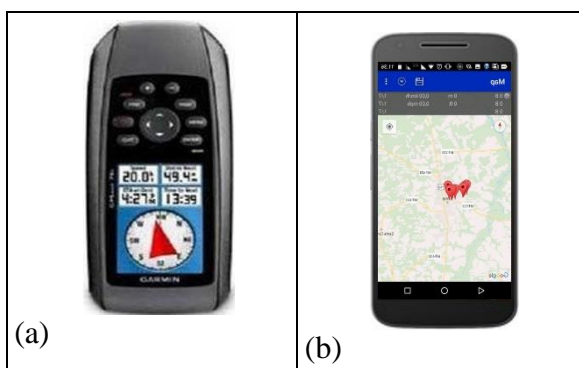


Figura 2: Equipamentos GNSS do tipo (a) navegador e (b) smartphone.



Figura 3: Equipamentos fotográficos de baixo custo do tipo (a) semiprofissional, (b) smartphone e (c) recreativa.

Etapa 2 – Coleta de Dados de Testes

Em seguida foi executada uma coleta de dados em uma área de teste delimitada (retângulo ilustrativo indicado na Figura 4), com aproximadamente 600 km², com o registro das trajetórias GNSS e a coleta de fotografias nos pontos com patologias.

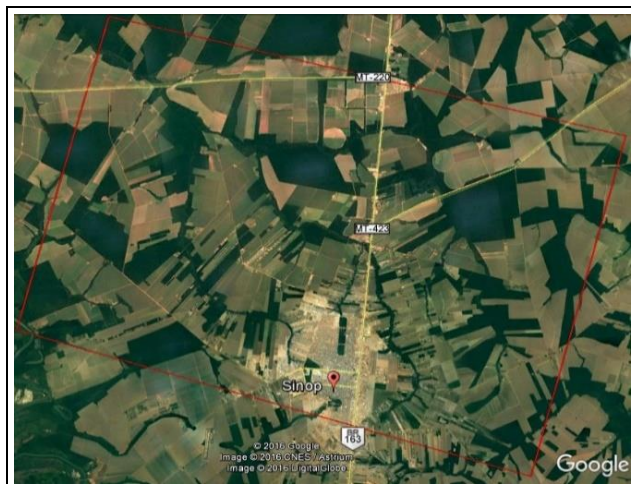


Figura 4: Delimitação da área de teste.

Etapa 3 – Definição dos Pré-Processamentos

Na etapa 3 foi verificada a necessidade de pré-processamentos a serem realizados nos dados vetoriais advindos dos equipamentos GNSS, bem como nos dados raster. O objetivo é definir os pré-processamentos (caso seja necessário) para a inserção dos dados no SIG.

Etapa 4 – Definição do Processamento e Geração de Produtos

Foram verificados e definidos os processos necessários para elaboração da tabela de patologia na base de dados, tendo como parâmetro as categorias previstas nas normas da Engenharia de Estradas. Estas tabelas estão vinculadas às imagens e aos vetores.

Etapa 5 – Definição da Forma de Compartilhamento dos Produtos

Para o compartilhamento dos dados resultantes foram definidas as formas de disponibilização “off line” por meio de mapas temáticos gerados previamente e “online” por meio de servidores que permitam a disponibilização dos dados para acesso e consultas personalizadas em tempo real.

Assim, como resultado desta sequência de etapas se tem uma metodologia de baixo custo para o monitoramento de estradas vicinais. Consequentemente, o produto direto deste trabalho é a sequência metodológica desenvolvida que poderá ser repetida por outros indivíduos interessados e a própria base de dados produzida, que poderá ser útil para a comunidade.

Para avaliar o grau de sucesso do método proposto será levado em consideração o custo final dos equipamentos elegidos para a coleta de dados, bem como a eficiência da base de dados cartográficas resultante (possibilidades de consultas e interpretações).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão detalhados os procedimentos realizados em cada etapa do método proposto, bem como os resultados alcançados e discussões pontuais.

Etapa 1 – Seleção de Equipamentos

Esta etapa abordará inicialmente a seleção da câmera, seguida do equipamento de posicionamento GNSS. Para definição da câmera fotográfica a ser utilizada no processo de coleta de imagens em estradas, bem como a melhor forma de coletar as respectivas imagens, levou-se em consideração a qualidade visual da imagem, ângulo de abertura, ângulo de captura e praticidade no manuseio. Todas essas características culminaram na escolha da melhor opção para o registro e identificação das patologias.

Foram definidas três câmeras distintas a serem usadas nos campos de teste. Segue especificações e características destas conforme (Tabela 1).

Tabela 1: Especificações e Características das Câmeras utilizadas.

Câmeras – Especificações e Características						
Grupo	Categoria da Câmera	Especificações técnicas	Modo da Imagem	Modo de captura	Ângulo de Abertura	Designação
Grupo1	Semiprofissional	FUJIFILM	A	DM	50°	CR1
	Amadora	Smartphone	A	DDM	50°	CR2
Grupo2	Recreativa	LG360	A	DDM	360°	CR3

*A: Automático.
 *DM: Disparo Manual.
 *DDM: Disparo por Dispositivo Móvel.
 *Grupo 1: Câmeras com ângulo de abertura “normal” de 50°.
 *Grupo 2: Câmera com amplo ângulo de abertura (2x180°).

Um fator relevante na escolha destes modelos foi o ângulo de abertura. Assim, serão comparadas imagens com ângulos de abertura "normais"(aproximadamente 50°) e câmera com amplo ângulo que simulam 360° (2 x 180° graus).

Nos campos de testes as câmeras com abertura angular de aproximadamente 50° foram posicionadas no suporte com inclinações de 90° em relação ao solo (perpendicular) e 60°. O suporte teve sua posição planimétrica variada, permitindo as seguintes configurações: posicionado no centro da estrada com ângulo de 90° capturando os dois lados da faixa de tráfego (Figura 5a); no centro da pista de rolagem com ângulo de 90° capturando os dois lados da pista (Figura 5b); centro da estrada com inclinação de 60° capturando os dois lados da faixa de tráfego (Figura 5c); e no centro da pista de rolagem com inclinação de 60° capturando os dois lados da pista (Figura 5d).

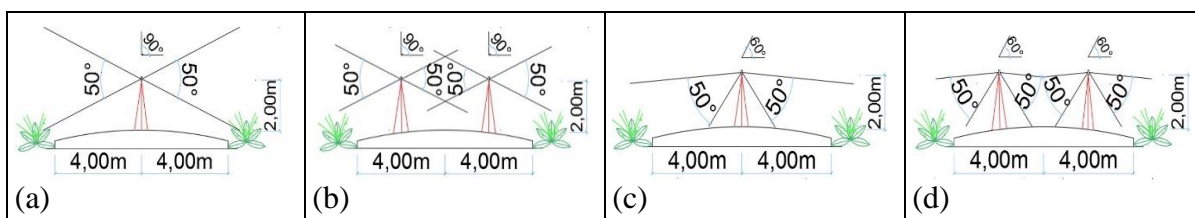


Figura 5: Posicionamento vertical das câmeras CR1 e CR2 nos testes.

Devido a amplitude de coleta de imagem da câmera CR3, não se faz necessário a inclinação angular da mesma, variando somente nos testes o seu posicionamento planimétrico no centro da estrada (Figura 9a) e centro da pista de rolagem (Figura 6b).

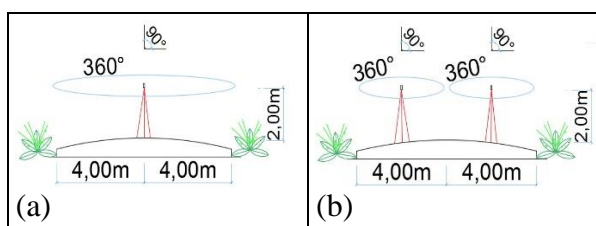


Figura 6: Posicionamento vertical da câmera CR3 nos testes.

Em um teste para avaliar o borramento provocado pelo registro em movimento foram coletadas imagens nas mesmas configurações descritas, mas com o suporte se deslocando a uma velocidade de 30Km/h.

Quanto ao comportamento geométrico das áreas de testes foram utilizadas três áreas distintas da estrada, afim de perceber o comportamento das imagens obtidas de acordo com as características topográficas do objeto em estudo:

Área 1: Trecho plano da estrada.

Área 2: Trecho de curva vertical côncava no declive da estrada.

Área 3: Trecho de curva vertical convexa na elevação da estrada.

Possibilitando assim comparações entre as imagens obtidas, conforme apresentado nas Figuras 7,8 e 9.

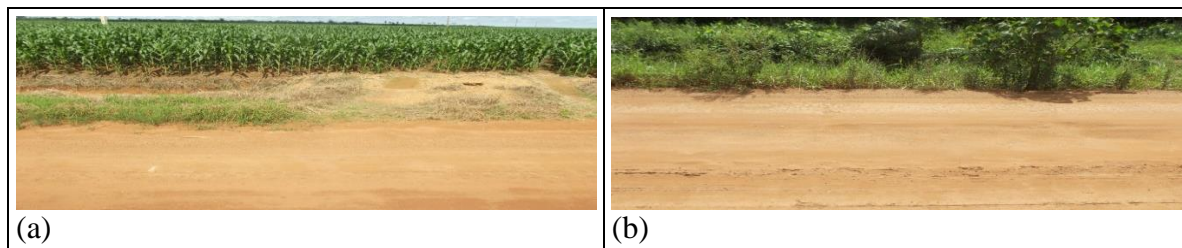


Figura 7: Imagem Captada pela Câmera CR1 (60° de inclinação) Posicionada no Centro da Estrada, Lado Direito da Estrada (a), Lado Esquerdo da Estrada (b).

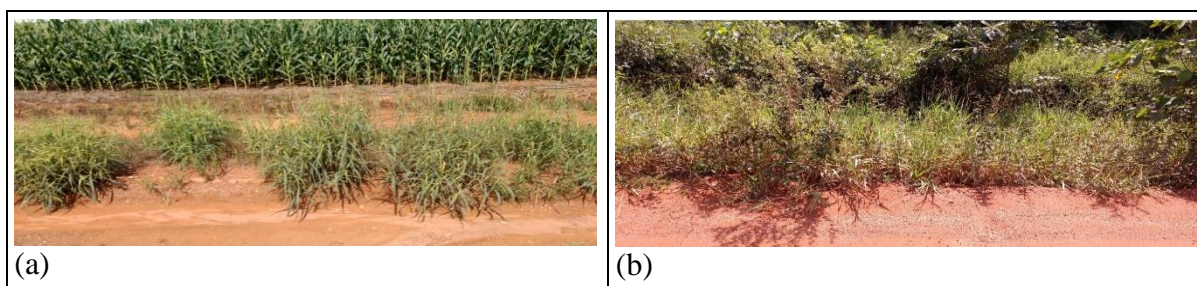


Figura 8: Imagem captada pela Câmera CR2 (60° de inclinação) Posicionada no Centro da Estrada, Lado Direito da Estrada (a), Lado Esquerdo da Estrada (b).

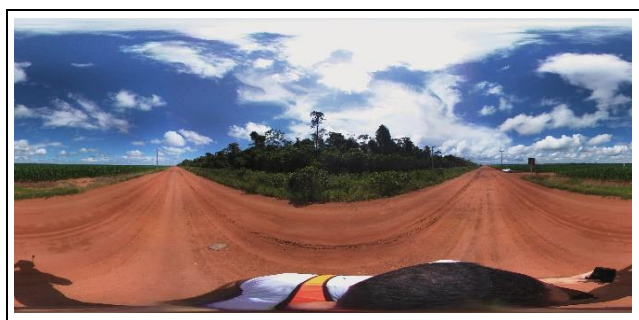


Figura 9: Imagem captada pela Câmera CR3 no Centro da Estrada.

Após análise das imagens obtidas nos testes, foi possível supor que nenhuma das câmeras testadas, tendo como ponto de referência de disparo o centro da estrada, apresenta um resultado satisfatório que atenda os objetivos que a metodologia propõe, sendo necessário ter como ponto de referência de disparo o centro da pista de rolagem da estrada.

Mesmo tendo uma imagem de boa qualidade, não se justifica o uso da câmera CR1 por ser limitada somente ao disparo manual, gerando morosidade no processo de coleta das imagens. Já a câmera CR2 e CR3 apresenta grande praticidade na coleta de imagens, podendo ser disparadas por dispositivos móveis sem comprometer a qualidade das imagens obtidas.

Considerando o amplo ângulo de captura das imagens, o que facilita a identificação, posicionamento e reconhecimento de diversas características do trecho da estrada analisada, a câmera que melhor atendeu às necessidades no processo de coleta de imagens foi a CR3, sendo esta a escolhida para uso.

Para realizar a avaliação da qualidade das trajetórias GPS coletadas por equipamentos de baixo custo foram utilizados dois equipamentos, sendo eles GPS semiprofissional (Garmin 64S) e GPS amador de smartphone (Moto XT1640). Foram coletadas 57 km de trajetórias em cenário predominantemente rural e semiurbano (Figura 10), que foram submetidas à avaliação numérica conforme descrito a seguir. Foram mantidas as taxas de amostragem padrão de cada equipamento.

Para avaliação das trajetórias GPS coletadas (linha verde na Figura 11a) foi criada uma trajetória de referência (linha vermelha na Figura 11a) a partir da restituição das estradas correspondentes em imagens Rapideye. Estas imagens possuem resolução espacial de 5 m e são disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) por meio de uma base de dados compartilhada via aplicativo web Geo Catálogo MMA. Em seguida, foram amostrados pontos com intervalos de dois metros nas trajetórias de referência (Figura 11b) e projetados perpendicularmente na trajetória GPS coletada (Figura 11c). O comprimento dos segmentos resultantes das projeções são as discrepâncias e baseiam os cálculos dos índices numérico de Desvio Padrão (σ), Raiz Quadrada do Erro Médio Quadrático (RMSE, Root Mean Square Error) e Erro Máximo.

Este processo foi realizado para os 57 km da trajetória coletada, resultando nos valores da Tabela 3.

Após análise dos resultados obtidos para cada GPS, é possível afirmar que ambos apresentam resultados satisfatórios, capazes de atender aos objetivos que a metodologia propõe.

Considerando a praticidade e a capacidade de integração do equipamento GNSS com a câmera escolhida, o GPS que melhor atendeu as necessidades no processo de coleta de dados GNSS foi o GPS amador, sendo este o escolhido para uso.

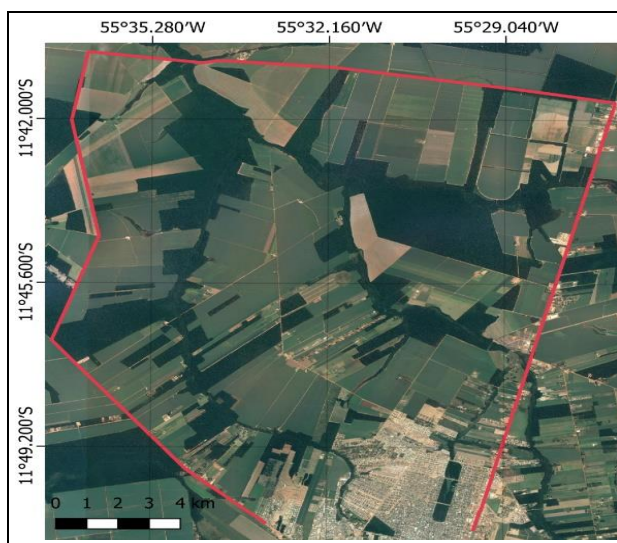


Figura 10: Trajetórias GPS (linhas vermelhas) distribuídas por cenário urbano em Sinop.

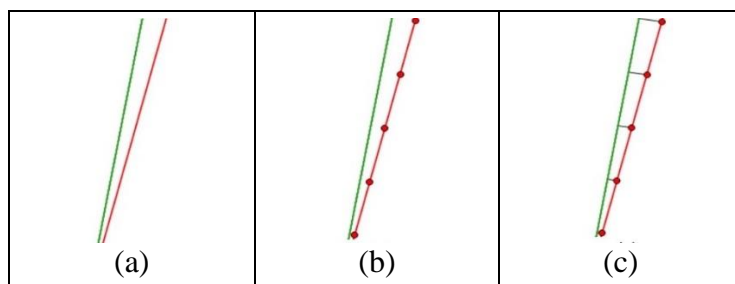


Figura 11: Método de avaliação das trajetórias GPS.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_{projk} - X_{reak})^2} \quad (\text{Equação 1})$$

Tabela 2: índices de Desvio Padrão, RMSE e Erro Máximo dos conjuntos nos experimentos.

Desvio Padrão, RMSE e Erro Máximo.			
Dados	σ (m)	RMSE (m)	Erro Max. (m)
Trajetoária Celular (GPS Amador)	3,59	6,80	17,17
Trajetoária Garmin (GPS Semiprofissional)	3,30	5,48	16,49

Etapa 2 – Coleta de Dados de Teste

Após a definição dos equipamentos que melhor atenderam o objetivo do trabalho, iniciou-se a coleta de dados de teste em campo, buscando validar o processo metodológico outrora idealizado.

Á aplicação do método centralizou-se na Estrada Nanci, perímetro semiurbano do Município de Sinop –MT e sobre o trecho não pavimentado, somando ao final 23,9 km de estrada não pavimentada monitorada, onde foram coletadas imagens dos pontos com patologias e trajetórias GNSS para a composição da base de dados cartográficos, contendo informações patológicas desta estrada (Figura 12).

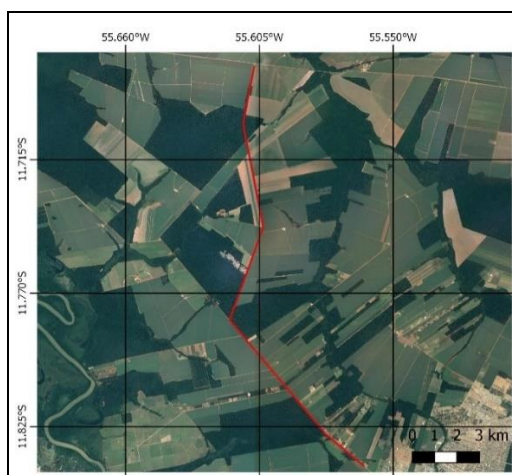


Figura 12: Trecho Percorrido.

Para realização da coleta se fez necessário o auxílio de um automóvel, onde os equipamentos foram acoplados de modo a sistematizar a coleta. Neste caso e por questões econômicas, prezando pelo baixo custo da metodologia, o veículo utilizado foi uma motocicleta XTZ250cc

– Lander, com consumo de 32 km/l. A câmera ficou acoplada no capacete do piloto, e o coletor GNSS no guidão da motocicleta.

Os equipamentos se comportaram de acordo com o esperado no processo de coleta, não sendo necessário interromper o deslocamento do veículo na via.

Etapa 3 – Definição dos Pré-Processamentos

Já de posse dos dados obtidos na coleta de campo, foi possível dar início à etapa de definição dos pré-processamentos.

Não foi apurado erros de continuidade ou falhas de registro, assim as edições necessárias no pré-processamento iniciaram com a conversão do formato padrão de registro GNSS designado por GPX (GPS e Xchange Format), baseado no padrão XML, para o formato Shapefile que é o mais comum nos sistemas SIG's. Já no formato shapefile as trajetórias foram filtradas e verificadas (remoção de trechos de retorno ou paradas) a fim de reduzir alguma redundância de dados, bem como para análise de sua integridade.

Ainda, tendo em vista a utilização de uma câmera com GPS embarcado, não se fez necessário o georreferenciamento das imagens adquiridas e que serão utilizadas na base de dados cartográficos.

Etapa 4 – Definição do Processamento e Geração de Produtos

No processo de manipulação das trajetórias, bem como para construção da base de dados cartográficos, se fez necessário o uso de um computador Windows (não sendo necessário uma máquina com configurações específicas para servidor de dados) e um Sistema de Informação Geográfica, que neste caso foi QuantumGIS de licença open source.

Os shapefiles das trajetórias GNSS foram importadas para o QGIS juntamente com as fotografias dos pontos patológicos identificados na estrada em estudo, conforme figura 13 a 16.

Mapa importado através do complemento Open Layer Plugin do Software QuantumGis (Figura 13). Após inserção do mapa, agregou-se a trajetória GNSS coletada (Figura 14). Já com o mapa e trajetória GNSS inserida na base de dados, pode-se inserir as fotografias georreferenciadas, através do complemento Photo2shape Software QuantumGis (Figura 15).

Com os pontos patológicos integrados à base de dados, inicia-se o processo de identificação dos mesmos através da tabela de atributos, o que possibilita filtrar e direcionar a visualização para determinada patologia (Figura 16).

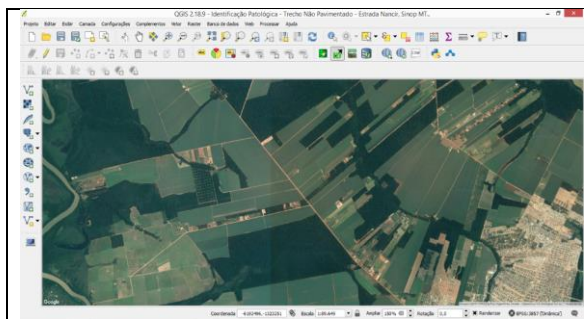


Figura 13: Mapa da Estrada Nancir.

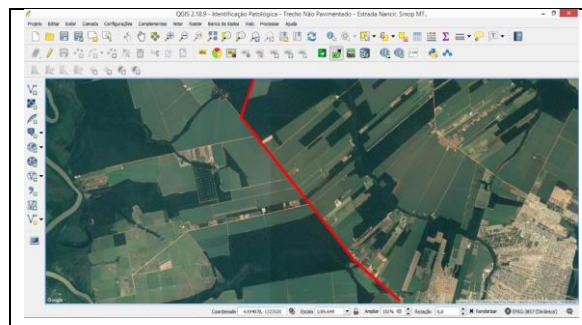


Figura 14: Mapa com Trajetória GNSS.

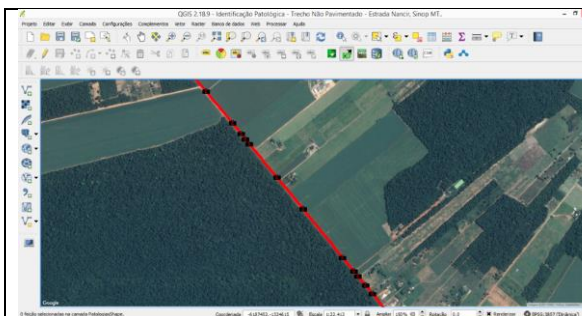


Figura 15: Mapa, Trajetória GNSS e Pontos Patológicos.

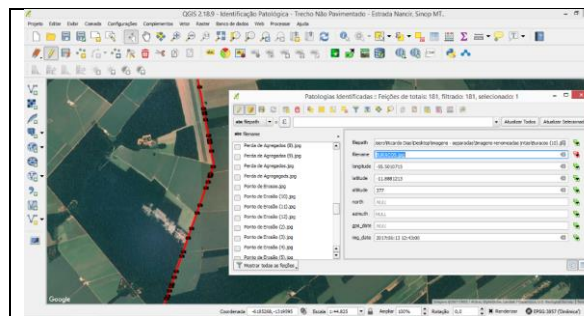


Figura 16: Atribuição de Identificação aos Pontos Patológicos.

A identificação destes pontos patológicos se teve na observação das imagens realizadas pelo o operador do SIG, quantificando um total de 98 patologias identificadas conforme Tabela 3.

Viabilizando a navegação através da trajetória selecionando e visualizando as patologias identificadas (Figura 17).

Tabela 3: Patologias identificadas através das imagens.

Patologias Identificadas	
Patologias	Quantidade identificada
Seção transversal imprópria	7
Drenagem inadequada	11
Corrugações	18
Excesso de poeira	8
Buracos	3
Trilha de roda	24
Perda de agregados	12
Pontos de erosão	15
TOTAL	98

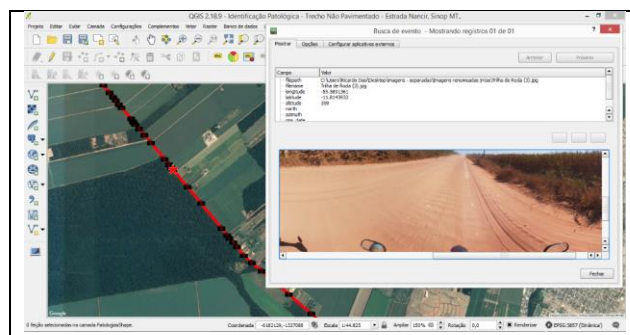


Figura 17: Mapa, Trajetória GNSS e Ponto Patológico Setado.

Após integração e processamento destas shapefiles no QGIS, pode-se constituir a base de dados cartográfico da estrada em estudo, consolidando uma ferramenta de consulta e análise prévia das patologias identificadas, capturadas, georreferenciadas e inseridas no produto final deste processo metodológico.

Etapas 5 – Definição da Forma de Compartilhamento dos Produtos

Feita a consolidação da base cartográfica, é possível compartilhar tais dados de maneira off-line, disponibilizando-os para toda comunidade acadêmica e interessados, seja da esfera pública ou privada.

Para o compartilhamento dos dados de maneira on-line, o produto gerado encontra-se disponível através do plugin complementar do software open source QuantumGIS, o QGIScloud sob o link: <https://goo.gl/Bxeo6S>, podendo desta forma, ser consultada a qualquer momento sem a necessidade de um software de geoprocessamento.

5 CONCLUSÕES

A sequência metodológica definida, assim como os equipamentos de baixo custo selecionados para obtenção de dados sobre patologias de estradas não pavimentadas, não fornece por si só uma base cartográfica geometricamente acurada que possa embasar um projeto de estradas

diretamente, mas viabiliza a atualização constante das informações estratégicas sobre as vias, constituindo-se uma importante ferramenta para o poder público municipal no direcionamento de ações de manutenção, bem como acervo de consulta técnica para toda a comunidade acadêmica e setor privado.

No que diz respeito a proposta de baixo custo, a sequência metodológica alcançou este objetivo, visto que os equipamentos definidos de baixo custo para a coleta e aquisição de dados atendeu os desígnios propostos, o que possibilita realizar uma estimativa de custo de implementação e manutenção da metodologia proposta.

Portanto, a Estimativa do custo de Implementação: R\$ 9.600,00 inerente aos valores dos equipamentos serem adquiridos. Sendo, a Estimativa de custo de manutenção: R\$ 184,82 ao dia, inerente ao consumo de energia e mão de obra necessária.

Tendo conhecimento do custo de implementação, manutenção da metodologia proposta e a autonomia de coleta dos equipamentos utilizados, torna-se possível quantificar os custos por quilômetro monitorado, valores estes que na fase de manutenção custa cerca de R\$ 0,74 por quilômetro percorrido, ou seja, em um mês de implantação do processo metodológico é possível monitorar 5.750 quilômetros de estradas não pavimentadas por um custo de aproximadamente R\$ 4.250,86.

Na composição desta estimativa de custo mensal por quilômetros monitorados, o valor de implementação do processo metodológico foi desconsiderado, visto que a vida útil dos equipamentos necessários para implantação da proposta está estimada em um ciclo de substituição de aproximadamente cinco anos. Visto isso, pode-se afirmar que o custo anual de implantação da metodologia proposta é de aproximadamente R\$ 2.520,00 por ano.

REFERÊNCIAS

- BAESSO, D. P.; GONÇALVES, F. L. (2018). *Estradas Rurais: Técnicas Adequadas de manutenção*. DER, Florianópolis, 2003. Disponível em: <<http://ertam2003.blogspot.com.br/>>. Acessado em 18 de abril de 2018.
- BRASIL (1967). *Decreto-Lei n. 243, de 28 de fevereiro de 1967*. Fixa as Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/De10243.htm>. Acessado em 20 de março de 2018.
- BRASIL (1984). *Decreto n. 89.817, de 20 de junho de 1984*. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm>. Acessado em 20 de março de 2018.
- BRASIL (2005). *Decreto n. 5.334, de 06 de janeiro de 2005*. Dá nova redação ao art. 21 e revoga o art. 22 do Decreto no 89.817, de 20 de junho de 1984, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5334.htm>. Acessado em 20 de março de 2018.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (2018). *Pesquisa CNT de rodovias: relatório gerencial. 20.ed. Brasília, 2016*. Disponível em: http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/PESQUISA_CNT2015_BAIXA.pdf. Acessado em 10 de março de 2018.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (2018). *Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Conservação Rodoviária. 2 ed. 564p. Rio de Janeiro, 2005*. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20conservacao%20Rodoviaria.pdf> Acessado em 27 de fevereiro de 2018.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA IPEA (2016). Disponível em: <http://ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&id=1226&Itemid=68>. Acessado em 12 de abril de 2018.
- IPR - 740 (2010). *Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas*. Brasília -DF Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/740_manual_projetos_geometricos_travessias_urbanas.pdf> Acessado em 20 de Junho de 2018.
- MENESES, H. B. (2003). *Interface Lógica em Ambiente SIG para Bases de Dados de Sistemas Centralizados de Controle do Tráfego Urbano em Tempo Real*. Dissertação de Mestrado, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- NELSON, A. R. S. (1998). *Sistema de informação geográfica para planejamento de transporte*. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 124p.