

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

MILENA RAMOS E SILVA

FOTOGRAMETRIA APLICADA EM AUDITORIA DE SEGURANÇA VIÁRIA

UBERLÂNDIA

2022

MILENA RAMOS E SILVA

FOTOGRAMETRIA APLICADA EM AUDITORIA DE SEGURANÇA VIÁRIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil

Área de concentração: Engenharia Civil

Orientadora: Prof^ª Dra. Raquel Naiara Fernandes Silva

Uberlândia

2022

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho teve a colaboração direta e indireta de diversas pessoas, a quem manifesto meus sinceros agradecimentos.

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Fábio e Sara, por me darem todo suporte possível durante minha graduação e por serem minha referência e base, apoiando-me e me auxiliando em todos os momentos de minha vida. Ao meu irmão Gabriel, e meu namorado Thiago, pelo amor, companheirismo e apoio. Aos meus avós, padrinhos e outros membros da minha família, agradeço o carinho e expresso aqui minha admiração e respeito.

À minha orientadora Prof. Dra. Raquel Naiara Fernandes Silva pelo apoio, atenção, confiança e disponibilidade, por sua dedicada orientação e pela confiança depositada neste projeto.

À Universidade Federal de Uberlândia e todo o corpo docente, que me proporcionaram as condições necessárias para que eu alcançasse meus objetivos e que contribuíram para minha formação acadêmica e profissional.

Aos meus amigos de graduação que estão comigo desde o primeiro dia de aula e compartilharam bons momentos, sem os quais, toda esta caminhada se tornaria mais difícil. Se não fossem eles nada disso teria sido possível. Muito obrigada por todo apoio, aprendizado e parceria.

RESUMO

A auditoria de segurança viária (ASV) tem por objetivo diminuir a probabilidade de ocorrência de acidentes de trânsito por meio da realização de vistorias periódicas, focando em questões de segurança. Elas são uma prática comum em países com taxas baixas de mortes no trânsito. Apesar de não serem obrigatórias no Brasil, cada vez mais as auditorias estão sendo exigidas por agências que financiam projetos de mobilidade urbana e infraestrutura viária. Novas tecnologias vêm surgindo e podem trazer facilidades e benefícios em diversos setores. A utilização de imagens aéreas na seleção e no planejamento da execução de ações de controle é uma delas. O uso de produtos oriundos do sensoriamento remoto nas auditorias pode propiciar o conhecimento mais preciso dos locais auditados, além de trazer subsídios para a realização de auditorias em diversas áreas da engenharia. Desta forma, será analisado um trecho precário em relação à segurança viária, propondo uma metodologia para auditorias por meio da fotogrametria espacial e terrestre, obtida pelo *Software* Google Earth Pro. Será apresentado um estudo de caso com a finalidade de comparar de forma direta as auditorias de segurança viária por meio de visitas *in loco* e através do uso de imagens aéreas, no intuito de avaliar a viabilidade desta de maneira remota. Portanto, esta simulação e suas análises permitirão que novos métodos de auditoria, com o emprego de novas tecnologias, sejam agregados a métodos tradicionais, resultando em um serviço otimizado, econômico, com precisão, agilidade e facilidade.

Palavras-chave: Acidentes de trânsito; Auditoria de Segurança Viária; Rodovias; Sensoriamento Remoto; Fotogrametria.

ABSTRACT

A Road Safety Audit (ASV) aims to reduce the probability of the occurrence of traffic accidents by carrying out periodic inspections focusing on safety issues. They are a common practice in countries with low rates of road traffic deaths. Although not mandatory in Brazil, audits are increasingly being required by agencies that finance urban mobility and road infrastructure projects. New technologies are always emerging and can bring facilities and benefits in various sectors. The use of aerial images in the selection and planning of the execution of control actions is one of them. The use of products from remote sensing in audits can provide a more accurate knowledge of the audited locations, in addition to providing subsidies for carrying out audits in several areas of engineering. In this way, a precarious stretch will be analyzed in relation to road safety, proposing a methodology for audits through spatial and terrestrial photogrammetry, obtained by the Google Earth Pro Software. A case study will be presented in order to directly compare road safety audits through in loco visits and through the use of aerial images, in order to assess the feasibility of this remotely. Therefore, this simulation and its analysis will allow new auditing methods, with the use of new technologies, to be added to traditional methods, resulting in an optimized, economical service, with precision, agility and ease.

Keywords: Traffic-accidents; Road Safety Audit; Highways; Remote sensing; Photogrammetry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico de quantitativo de acidentes de trânsito de 2018 a 2022.....	12
Figura 2: Dissensão inicial e errônea entre fotogrametria e sensoriamento remoto	21
Figura 3: Visão atual.....	21
Figura 4: Localização da Rodovia MGC-497.....	23
Figura 5: Lista de verificação proposta para realização da ASV.....	25
Figura 6: Imagem geral do trecho analisado da rodovia MGC-497	29
Figura 7: Más condições de acostamentos.....	30
Figura 8: Defeitos no pavimento e sinalização horizontal precária.....	31
Figura 9: Precariedade da sinalização vertical.....	31
Figura 10: Largura inadequada de acostamento	32
Figura 11: Condições de ultrapassagem	32
Figura 12: Sinalização Vertical.....	33
Figura 13: Sinalização vertical na interseção	33
Figura 14: Defeitos na borda do pavimento.....	34
Figura 15: Buracos no pavimento e fendas.....	34
Figura 16: Análise quantitativa dos quesitos observados	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Checklists para Auditoria de Segurança Viária da Rodovia MGC-497	26
Tabela 2: Lista de Verificação da auditoria	35

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 OBJETIVOS.....	9
2.1 Objetivo geral.....	9
2.2 Objetivos específicos.....	9
3 SISTEMAS DE TRANSPORTES.....	9
4 ACIDENTES DE TRÂNSITO.....	12
5 AUDITORIAS.....	13
5.1 Auditorias de segurança viária.....	13
5.1.1 Etapas de uma auditoria.....	14
5.1.1.1 Fase de planejamento.....	15
5.1.1.2 Fase de execução.....	16
5.1.1.3 Fase de relatório.....	16
6 SENSORIAMENTO REMOTO.....	16
6.1 Características das imagens.....	17
6.2 Resolução de imagens.....	18
6.3 Fotogrametria.....	18
6.4 Fotogrametria versus Sensoriamento Remoto.....	20
7 Metodologia.....	22
7.1 Área de estudo.....	22
7.2. Análise das frequências de acidentes.....	23
7.3 A auditoria.....	24
8 RESULTADOS.....	29
9 CONCLUSÃO.....	36
9.1 Recomendações para trabalhos futuros.....	38
REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

A Auditoria de Segurança Viária (ASV) é um procedimento que viabiliza a correção de erros ou de elementos que causem risco de acidentes em vias existentes ou em projetos rodoviários antes que eles ocorram. Ela é definida como um exame formal de desempenho de segurança viária para uma nova rodovia ou para uma rodovia existente (RIBEIRO, 2019). Este processo consiste em uma profunda análise sobre a via, resultando em um relatório que informa sobre o potencial de acidentes e o desempenho de segurança viária para o projeto ou trecho rodoviário auditado.

Os acidentes de trânsito são fenômenos multifatoriais, evitáveis e não intencionais, que envolvem um veículo utilizado na hora do acidente, principalmente para o transporte de pessoas ou de mercadorias, ocorrendo na via pública, podendo envolver pedestre ou motorista, bem como diferentes tipos de veículos. Dados da OMS (2016), estimam que o Brasil apresente uma taxa de 23,4 mortes no trânsito para cada 100 mil habitantes, ou seja, são números exorbitantes de acidentes todos os anos. Quando o assunto é a causa dos acidentes rodoviários, em grande parte dos casos, múltiplos fatores são apontados. Poucos são os acidentes de trânsito que ocorrem apenas por um fator. A literatura referente à ASV apresenta três grandes fatores que podem ser causadores de acidentes. São eles: veicular, ambiente/viário e humano.

Logo, destaca-se a importância de processos como as ASV em rodovias. A preocupação com a segurança viária em relação à infraestrutura deve estar presente de maneira preventiva, ou seja, antes que os acidentes efetivamente ocorram. Isso significa pensar na segurança desde a fase de concepção dos projetos viários. Desta maneira, as intervenções para a melhoria das condições de segurança de uma via seriam menos trabalhosas se fossem realizadas nos estágios iniciais de elaboração dos projetos viários. Além de preservar vidas, as medidas que antecedem a acidentalidade são oportunas para evitar desperdícios dos escassos recursos disponíveis, como no caso do Brasil.

Projetos rodoviários submetidos às técnicas de ASV reduzem as chances de futuros acidentes, reduzindo assim os custos com tentativas malsucedidas. Nesse contexto, torna-se oportuna a criação de procedimentos sistemáticos para a avaliação da segurança viária de maneira proativa, seja no âmbito do planejamento estratégico ou no de operação do tráfego.

Assim, o uso de novas tecnologias pode contribuir para o desenvolvimento destas auditorias no país, que ainda não são devidamente utilizadas. A utilização de fotogrametria para desenvolvimento destas atividades pode trazer grandes facilidades quanto a realização das

auditorias de segurança viária, e, desta forma, contribuir para a realização constante destas e redução da frequência de acidentes.

Para isso, propõe-se avaliar o potencial dessas tecnologias para o emprego pretendido, identificar os elementos passíveis de avaliação por meio de fotogrametria e verificar a viabilidade técnica do seu emprego para, em sequência, desenvolver os procedimentos específicos para a realização de inspeções nesses moldes e complementar o procedimento de ASV tradicional. Portanto, será proposta uma metodologia para a ASV de forma remota, utilizando apenas imagens aéreas e terrestres para um trecho de rodovia em estado precário, e então simulada sua execução, comparando com a auditoria in loco e verificando sua viabilidade.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é aplicar a fotogrametria, espacial e terrestre, em uma simulação de auditoria de segurança viária.

2.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral apresentado, serão realizados os objetivos específicos, a seguir:

- Revisar a literatura sobre o tema;
- Definir a área de estudo;
- Obter as imagens aéreas e terrestres;
- Propor metodologia para auditoria;
- Validar os resultados perante uma auditoria real.

3 SISTEMAS DE TRANSPORTES

O transporte é um sistema tecnológico e organizacional que tem como objetivo transferir pessoas e mercadorias de um lugar para outro com a finalidade de equalizar o diferencial espacial e econômico entre oferta e demanda. Já o sistema é todo conjunto de partes que se interagem de modo a atingir um determinado fim, de acordo com um plano ou princípio. Os

principais modais de transportes são o rodoviário, ferroviário, aquaviário, aeroviário e dutoviário.

O transporte está diretamente ligado às diversas atividades da sociedade. Sendo assim, o transporte é um meio que viabiliza de forma econômica os deslocamentos para satisfação de necessidades pessoais ou coletivas, contribuindo em fatores como a mobilidade e acessibilidade.

Fica evidente, portanto, a importância de um bom planejamento da implantação e operação dos modais de transportes, que se devem adequar às necessidades de desenvolvimento de uma região de acordo com suas características estruturais, seja implantando novos sistemas ou melhorando os já existentes. Esse planejamento, especificamente direcionado para a região de estudo, deve levar em conta a demanda por transporte atual e a projeção para o futuro, assim como questões de segurança.

3.1 Transporte rodoviário

O sistema rodoviário é um transporte terrestre de pessoas e cargas, realizado através de rodovias ligadas a terminais, por meio de veículos como caminhões, ônibus, automóveis e motocicletas. É o modal considerado fundamental para que a multimodalidade aconteça. Comparando com os demais modais, o rodoviário é o mais utilizado no Brasil, no transporte de mercadorias (61,1%), seja na exportação ou na importação e nas viagens de curtas e médias distâncias. O transporte rodoviário pode transportar praticamente qualquer tipo de carga e é capaz de trafegar por qualquer via. Este fato faz com que integre regiões, mesmo as mais afastadas. Além disso, por não se prender a trajetos fixos, apresenta alta flexibilidade, se diferenciando dos outros tipos de modais (LAZZARINI, 2021).

As vantagens próprias desse transporte são o serviço porta-a-porta, com possibilidade de carga e descarga diretamente em origem e destino, garantindo a frequência e a disponibilidade do serviço, a flexibilidade de escolha de rotas e horários e elevada comodidade. No entanto, não é competitivo para longas distâncias, visto que possui menor capacidade de carga e menor segurança, além do permanente desgaste de sua infraestrutura.

Vários setores necessitam da rede rodoviária de transporte no país e sua condição impacta diretamente nos bens e serviços oferecidos à população. O principal problema do modal de transporte do Brasil é consequência da infraestrutura precária. Com frequência não são utilizadas as formas de transporte mais adequadas ao tipo de carga a ser transportada. Com isso, diante da falta de disponibilidade em relação a outros modais, muitas vezes os usuários acabam

por utilizar o rodoviário que, apesar dos baixos valores de frete praticados, não teria como competir com os modais ferroviários ou hidroviários, principalmente quando se trata de longas distâncias (LIMA, 2006).

A Confederação Nacional do Transporte (CNT), o Serviço Social do Transporte (SEST) e o Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte (SENAT) publicam anualmente uma pesquisa (Pesquisa CNT de Rodovias) que reúne diversas informações concernentes à qualidade das rodovias em todo o Brasil. O objetivo geral da pesquisa é o de avaliar as características das estradas pavimentadas em todo o território brasileiro que afetam o desempenho e a segurança para os usuários deste meio de transporte em relação ao pavimento, à sinalização e à geometria das rodovias (CNT; SEST; SENAT, 2021).

Em 2021, a Pesquisa CNT de Rodovias analisou aproximadamente 109.103 km de rodovias federais e estaduais em todo o país. Em relação ao total analisado, 61,8% apresentaram alguma deficiência (38,6% regular; 16,3% ruim; 6,9% péssimo) no pavimento, na sinalização ou na geometria da via, o que afeta diretamente o desempenho operacional e a segurança dos usuários (CNT; SEST; SENAT, 2021).

Embora o modal rodoviário seja o principal modo de transporte de passageiros e cargas do país, sendo responsável por cerca de 60% do total de cargas transportadas, as empresas de transporte rodoviário e os transportadores autônomos de cargas dispõem de uma malha rodoviária pouco densa e com muitas deficiências que comprometem a operação do transporte, aumentando os custos e comprometendo a segurança. Além disso, a expansão da malha rodoviária pavimentada também não acompanha o ritmo de crescimento da frota de veículos.

O desenvolvimento do transporte rodoviário foi o mais significativo comparado com outras modalidades e, se por um lado trouxe mobilidade, por outro, aumentou o número de acidentes de trânsito que cresce constantemente desde 2002 (PAIVA, 2011).

A falta de investimento nas malhas viárias é perceptível pela variação da qualidade das rodovias em diferentes regiões e diante da frota existente hoje, conclui-se que a infraestrutura do sistema rodoviário é insuficiente. Portanto, as falhas nas vias influenciam na maneira como o motorista conduz o veículo e compromete a segurança dos demais usuários das vias como pedestres e ciclistas.

Portanto, para suprir estas deficiências e problemas relacionados à grande demanda deste tipo do transporte no país, como o alto índice de acidentes e altos custos de manutenção, torna-se essencial atividades para monitoramento de rodovias, como é o caso das auditorias de segurança viária.

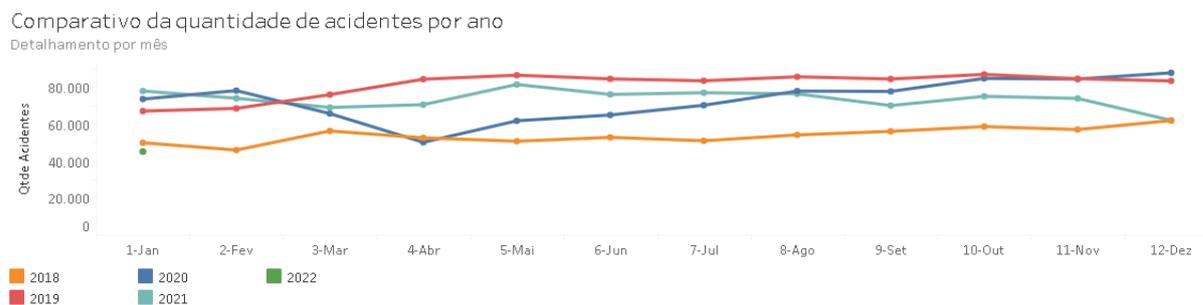
4 ACIDENTES DE TRÂNSITO

Segundo Rocha (2013), os acidentes de trânsito são fenômenos multifatoriais, evitáveis e não intencionais, que envolvem um veículo utilizado na hora do acidente, principalmente para o transporte de pessoas ou de mercadorias, ocorrendo na via pública, podendo envolver pedestre ou motorista e diferentes tipos de veículos. Há quatro fatores principais que são causadores dos acidentes, sendo eles: fator via, fator humano, fator meio ambiente e fator veículo.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2018), atualizou seus termos técnicos usados na preparação e execução de pesquisas relativas e na elaboração de relatórios operacionais sobre incidentes de trânsito. A norma corrigiu a expressão “acidente de trânsito” e assume o entendimento de sinistro como algo não premeditado. Sendo assim, passa a considerar um sinistro de trânsito como todo evento que resulte em dano ao veículo ou a sua carga e/ou em lesões a pessoas e/ou animais, e que possa trazer dano material ou prejuízos ao trânsito, à via ou ao meio ambiente, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres ou em áreas abertas ao público.

Segundo o Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito (2022), entre o período dos anos de 2018 a 2022, houve 3.422.652 acidentes registrados, envolvendo 4.539.465 veículos, o que resultou em 5.256.596 feridos e 94.523 óbitos. No gráfico da Figura 1, retirado no site do governo federal, tem-se um comparativo da quantidade de acidentes por ano entre os anos de 2018 e 2021.

Figura 1: Gráfico de quantitativo de acidentes de trânsito de 2018 a 2022.



Fonte: Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito (2022).

Nota-se que durante alguns períodos nos anos 2020 e 2021, houve quedas no número de acidentes registrados, no entanto, é importante ressaltar que esta mudança não se deu em razão de melhorias no modal rodoviário e em sua estrutura, mas sim devido à redução no tráfego de

veículos de passeio durante períodos críticos da pandemia de Covid-19, em que a orientação era o isolamento social.

Em geral, a partir dessas estatísticas, fica evidenciado a elevada ocorrência de acidentes de trânsito no país, a necessidade e importância de operações como as auditorias de segurança viária, com o objetivo de reduzir a ocorrência de acidentes de trânsito por meio da realização de vistorias periódicas focando em questões de segurança. Estudos e análises sobre os dados dos acidentes de trânsito também podem contribuir para maior facilidade quanto se trata de segurança viária. Além disso, a execução de auditorias de forma frequente e correta pode reduzir estes números de acidentes no país.

5 AUDITORIAS

Auditorias são análises de todas as atividades desenvolvidas por uma empresa de pequeno, médio ou grande porte, que tem como objetivo verificar se as ações dessas organizações estão conforme planejadas por elas, ou se estão de acordo com as normas estabelecidas pelo governo por lei. Ela se subdivide em: auditoria externa e auditoria interna.

Auditoria interna é realizada pelos colaboradores da própria empresa, onde é examinada a adequação e a eficácia dos controles internos e das informações contábeis, financeiras e operacionais da corporação. O objetivo é de garantir um maior valor para as operações realizadas pela companhia, ajudando a atingir resultados e metas através de uma abordagem sistemática, como também de concluir sobre a qualidade dos registros e a segurança destes. Auditorias externas, são executadas por outras organizações e por pessoas externas à companhia. A diferença é a total imparcialidade do auditor com a organização auditada, visto que a auditoria independente atende também aos interesses de investidores, instituições bancárias e ao próprio governo. O processo de auditoria tem como objetivo examinar de forma transparente se as informações disponibilizadas pela entidade estão de acordo com o que foi concedido e de acordo com as normas aplicáveis.

Nesse sentido, a auditoria vai além da ação que visa amenizar problemas, ela atua como uma aliada estratégica, pois permite uma maior eficiência operacional nos processos, segurança e controle de riscos.

5.1 Auditorias de segurança viária

A Auditoria de Segurança Viária (ASV) é um procedimento que viabiliza a identificação e a correção de elementos que causem risco de acidentes em rodovias antes que eles ocorram. Ela é definida como um exame formal de desempenho de segurança viária para uma nova rodovia ou para uma rodovia existente. Esse procedimento deve ser realizado por uma equipe independente, qualificada e multidisciplinar, através de um processo formal e usando um procedimento definido, resultando em um relatório que informa sobre o potencial de acidentes e o desempenho de segurança viária para o projeto ou trecho rodoviário auditado.

Há duas maneiras de avaliar a segurança viária: identificar os riscos de perigos e suas fontes através da análise de acidentes e de suas causas, ou detectar perigos e fontes de riscos, realizando inspeções em campo (em uma rodovia existente) e analisando os acidentes rodoviários esperados (previstos) e suas consequências.

Na ASV são avaliados e divulgados qualitativamente os possíveis problemas de segurança viária, identificando as oportunidades de melhorias da segurança para todos os usuários da via, viabilizando a correção desses problemas antes que os acidentes ocorram (DOT, 2022). As metodologias tradicionais para a redução de acidentes, tais como a análise de pontos críticos e a investigação de acidentes, podem ser entendidas como técnicas corretivas, uma vez que identificam eventuais deficiências na malha viária com base em eventos já ocorridos.

As ASVs pretendem identificar essas deficiências antes mesmo que elas provoquem um acidente (LOPES e MARTINEZ FILHO, 2010), e são consideradas cada vez mais importantes em todo o mundo. Elas costumam ser utilizadas para avaliar uma nova rodovia antes que ela seja aberta ao público ou para auditar uma rodovia existente. Devem, portanto, ser empregadas durante as fases de projeto e de construção, como também na fase de manutenção das rodovias e vias urbanas.

5.1.1 Etapas de uma auditoria

Segundo a *Federal Highway Administration, US Department of Transportation*, (FHWA, 2003), a auditoria compreende algumas etapas como: selecionar a equipe, providenciar documentação e dados relevantes, ter uma reunião de início dos trabalhos, estudar os dados e documentos, fazer uma inspeção no local do projeto, escrever o relatório, discutir com o projetista ou cliente interno assuntos ligados à segurança do projeto, implementar as ações acordadas e difundir as lições aprendidas.

5.1.1.1 Fase de planejamento

A fase preliminar de auditoria tem como propósito obter detalhamento suficiente do órgão/entidade e do objeto a ser fiscalizado, de modo a delimitar o escopo da auditoria e definir os procedimentos e técnicas de auditoria a serem empregados, com vistas a maximizar a relação entre o provável benefício da fiscalização e o seu custo total. Após a construção da visão geral do objeto e o encaminhamento dos ofícios de requisição, a próxima etapa do ciclo de auditoria de obras públicas é o planejamento da fiscalização específica.

A primeira etapa consiste na escolha da equipe. Como o objetivo da ASV é auditar com segurança os projetos e as informações básicas e tirar conclusões sobre o desempenho de segurança e o potencial risco de acidentes na rodovia, esta deve ser realizada por uma equipe independente do projeto e da manutenção da rodovia.

Recomenda-se que seja uma equipe multidisciplinar para permitir que as avaliações da segurança sejam realizadas sob uma perspectiva diferente da tipicamente utilizada nos projetos. A equipe deve incluir engenheiros de segurança rodoviária, engenheiros de projeto rodoviário, equipes de manutenção e policiais. Além disso, outras especialidades podem ser adicionadas ao time conforme necessário. Os membros da equipe não devem estar envolvidos na concepção ou na manutenção da instalação que está sendo examinada, para que eles possam ter um ponto de vista objetivo (não tendencioso e independente) (DOT, 2014). Recomenda-se que a equipe de ASV tenha, no mínimo, 3 (três) auditores experientes. Entretanto, o tamanho ideal da equipe de auditoria irá depender da complexidade do segmento de rodovia a ser analisado (FHWA, 2006).

Outra etapa de extrema importância é a avaliação dos documentos, projetos e outras informações básicas. Antes de inspecionar o local, Austroads (2009) recomenda listar possíveis problemas a serem verificados e examinar documentos como projetos da rodovia, dados de tráfego e de acidentes, notas de campo e outras informações a serem avaliadas, usando as listas de verificação conforme necessário. Os projetos a serem analisados compreendem:

- projeto de sinalização horizontal, vertical e dispositivos de segurança;
- projeto geométrico da rodovia;
- projeto de drenagem e obras de arte corrente;
- demais informações – devem ser analisados documentos e projetos em que constem dados de localização de elementos que possam afetar a segurança dos usuários. Esses documentos deverão ser checados a fim de analisar o potencial de acidentes na via.

Ex.: localização de passarelas, túneis, interseções, tipo de pavimento, rugosidade do pavimento etc. Também devem ser considerados dados de tráfego (e composição), o volume diário médio de veículos (VDM), dados sobre acidentes no trecho a ser analisado, informações sobre ocupações lindeiras, etc.

5.1.1.2 Fase de execução

Esta fase é definida pela inspeção do local. Para a inspeção, as listas de verificação são extremamente importantes. Chamadas também de *checklists*, são formulários que auxiliam o auditor a identificar deficiências de segurança na via de forma ordenada e sistemática. Elas devem conter os aspectos relevantes a serem considerados, relacionados à segurança viária e que servem de apoio ao auditor, a fim de assegurar que todas as características importantes sejam verificadas. A verificação sistemática (e o uso de *checklist*) em procedimentos de ASV é um meio essencial para obter uma avaliação mais completa dos recursos, estabelecendo critérios válidos e justos, evitando conflitos entre especialistas e projetistas

A coleta de dados, análise de documentos e visita ao local a ser auditado traz aos auditores conhecimento sobre a via e, a partir de então, eles conseguem identificar os pontos que podem ser melhorados. As informações essenciais incluem relatórios e dados do projeto, desenhos e partes relevantes do contrato (AUSTROADS, 2002).

5.1.1.3 Fase de relatório

Por fim, deve ser elaborado um documento formal pelos auditores expondo o objetivo e as recomendações de ações corretivas, porém o relatório não apresenta soluções para os problemas identificados. No geral, o relatório inclui informações gerais sobre o projeto e sobre a execução da auditoria, resultados e recomendações. Alguns itens que o relatório deve conter são o objetivo da auditoria, metodologia utilizada, benefícios potenciais, verificação de inconsistências e ajustes possíveis, conclusões alcançadas e propostas de encaminhamento mais importantes.

6 SENSORIAMENTO REMOTO

Historicamente, reconhece-se que o termo Sensoriamento Remoto foi criado para designar o desenvolvimento dessa nova tecnologia de instrumentos capaz de obter imagens da

superfície terrestre a distâncias remotas. Logo, sensoriamento remoto é uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto. É uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres (MENESES; ALMEIDA, 2012).

A função primordial do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto é fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração da informação contidas nas imagens, para posterior interpretação. Nesse sentido, sistemas de computação são utilizados para atividades interativas de análise e manipulação das imagens brutas. O resultado desse processo é a produção de outras imagens já contendo informações específicas, extraídas e realçadas a partir das imagens brutas.

O objetivo principal do processamento de imagens é o de remover as barreiras, inerentes ao sistema visual humano, facilitando a extração de informações a partir de imagens. Nesse contexto, o processamento digital deve ser encarado como um estágio preparatório, embora quase sempre obrigatório, da atividade de interpretação das imagens de sensoriamento remoto.

Com a crescente necessidade de evolução na qualidade das imagens de satélites que fornecem imagens de sensores orbitais de alta resolução espacial (inferior a 4 metros) aliada à concorrência na comercialização desse tipo de imagem, verificou-se um aumento da oferta de imagens de alta resolução espacial que resultou ainda em um aprimoramento das técnicas de processamento digital de imagens para as mais diversas utilizações.

6.1 Características das imagens

As imagens coletadas por sensores remotos possuem algumas características que as diferenciam de outras imagens digitais e que são essenciais para se entender os fundamentos do processamento digital. Entre essas características estão sua estrutura e sua resolução.

As imagens de sensoriamento remoto são constituídas por um arranjo de elementos sob a forma de uma malha ou grid. Cada cela desse grid tem sua localização definida em um sistema de coordenadas do tipo "linha e coluna", representados por "x" e "y", respectivamente. Por convenção, a origem do grid é sempre no seu canto superior esquerdo, e o nome dado a essas celas é pixel. Para um mesmo sensor remoto, cada pixel representa sempre uma área com as mesmas dimensões na superfície da Terra. Cada cela possui também um atributo numérico "z", que indica o nível de cinza dessa cela, que vai variar do preto ao branco; esse nível de cinza é

conhecido em inglês por DN, de "digital number". O DN de uma cela representa a intensidade da energia eletromagnética (refletida ou emitida) medida pelo sensor, para a área da superfície da Terra correspondente ao tamanho do pixel. Deve ser ressaltado que o DN de um pixel corresponde sempre à média da intensidade da energia refletida ou emitida pelos diferentes materiais presentes nesse pixel. Uma imagem digital pode então ser vista como uma matriz, de dimensões x linhas por y colunas, com cada elemento possuindo um atributo z (nível de cinza) (CROSTA, 1992).

6.2 Resolução de imagens

Resolução de uma imagem, em um sentido geral, refere-se à habilidade do sensor registrar e exibir detalhes mais apurados. O termo resolução em sensoriamento remoto se desdobra na verdade em três diferentes (e independentes) parâmetros: resolução espacial, resolução espectral e resolução radiométrica (MENESES; ALMEIDA, 2012).

A resolução espacial é a capacidade de identificar objetos na superfície abrangida pelo pixel. Quanto menor o objeto possível de ser visto, maior a resolução espacial. A maneira mais comum de se determinar a resolução espacial de um sensor é pelo seu campo instantâneo de visada ou IFOV.

A resolução espectral é um conceito inerente às imagens multiespectrais de sensoriamento remoto, caracterizada pelo número de intervalos de comprimentos de onda para o qual um sensor é sensível. Ela é definida pelo número de bandas espectrais de um sistema sensor e pela largura do intervalo de comprimento de onda coberto por cada banda. Quanto maior o número de bandas e menor a largura do intervalo, maior é a resolução espectral de um sensor.

Já a resolução radiométrica é dada pelo número de níveis digitais (número de níveis discretos de intensidade de energia eletromagnética que o sensor é capaz de capturar), representando níveis de cinza, usados para expressar os dados coletados pelo sensor. Quanto maior o número de níveis, maior é a resolução radiométrica (CROSTA, 1992).

6.3 Fotogrametria

A palavra fotogrametria deriva de três palavras gregas: *photós*, que significa luz; *gramma*, que significa gravar ou escrever; e *metria*, que significa medida ou medição, logo, etimologicamente, significa medições gráficas por meio da luz. Cientificamente, a *American*

Society of Photogrammetry define Fotogrametria como a ciência e a arte de obter medidas dignas de confiança utilizando-se fotografias (TEMBA, 2000). Portanto, a Fotogrametria é a técnica que possibilita a definição de formas, dimensões e posições de objetos no espaço, utilizando-se de medições obtidas a partir de fotografias ou imagens digitais. Uma de suas vantagens é que ela permite registros instantâneos, que podem ser posteriormente estudados, e devido à sua amplitude espectral, é possível análises fora da capacidade de visão humana, como o infravermelho (SILVA, 2003).

A Fotogrametria é uma técnica indispensável para muitos trabalhos da Geomática. Na Engenharia Civil, ela pode ser essencial para a redução de custos e tempo de trabalho. No entanto, há empecilhos como a necessidade de treinamentos tanto para operação dos equipamentos, quanto para posterior tratamento das imagens, além disso, há os altos custos dos equipamentos a serem utilizados.

As imagens aéreas são tomadas através de câmeras aéreas fotogramétricas especiais colocadas adequadamente no interior de um avião. Em seguida, os dispositivos são digitalizados em scanners de alta precisão e resolução, a partir dos quais se obtém as imagens digitais a serem usadas nos equipamentos de restituição digital.

A fotogrametria é classificada de acordo com a localização da câmara, podendo ser fotogrametria terrestre, aérea, espacial, extraterrestre ou satélite, e a curta distância.

A fotogrametria aérea (ou Aerofotogrametria) é uma subdivisão da Fotogrametria, na qual as fotografias do terreno são tomadas por uma câmara de precisão montada em uma aeronave. Ela compreende todos os casos de fotografias ou imagens extraterrestres e as medições subsequentes, nas quais a câmara estiver fixada na terra, na lua, em um planeta ou num satélite artificial. As fotografias aéreas são tomadas com câmaras de precisão, com o eixo ótico posicionado na vertical ou diagonal, utilizando-se aparelhos e métodos para se obter produtos estereoscópicos. Já a fotogrametria terrestre é quando as fotografias são tomadas de uma posição fixa no terreno e pressupõe a proximidade entre a câmara e o objeto a ser fotografado. Os dados gráficos são captados utilizando como sensor uma câmara métrica terrestre a partir de uma posição fixa. Estes possuem maior rigor métrico na definição dos parâmetros que regem a câmara, possibilitando a extração de informações métricas e precisas das imagens adquiridas. Quanto à fotogrametria a curta distância, é utilizada na arquitetura, medicina, indústria, engenharia, e pressupõe a proximidade entre a câmara e o objeto a ser fotografado. E por fim, a fotogrametria espacial compreende todos os casos de fotografias ou imagens extraterrestres.

A Fotogrametria engloba duas áreas distintas, a fotogrametria (métrica), num sentido mais restrito, referindo-se aos métodos de obtenção de dados quantitativos, como coordenadas

e áreas, a partir dos quais são elaborados os mapas e cartas topográficas, e a fotointerpretação, que consiste em obter dados qualitativos a partir da análise das fotografias e de imagens de satélite. Desta forma ela é classificada dentro da área de Sensoriamento Remoto.

6.4 Fotogrametria versus Sensoriamento Remoto

O conceito de fotogrametria já foi alvo de grandes discussões ao longo do século XX, quando sofreu um grande impacto com a possibilidade de obtenção de imagens multiespectrais através de sensores digitais como câmeras digitais e varredores. Inicialmente, a ciência foi chamada de Sensoriamento Remoto, quando novas plataformas passaram a portar tais tipos de sensores, ocorrendo então, a introdução de sensores orbitais (satélites e outros veículos espaciais). No início as imagens tinham baixa resolução geométrica devido à falta de tecnologia dos sistemas de lentes, pela grande distância entre os satélites e superfície e sistemas computacionais de processamento de imagens digitais rudimentares, fatos que impossibilitaram a adaptação das imagens à estrutura do processo fotogramétrico adotado. Dessa forma a fotogrametria seguiu o seu curso anteriormente estabelecido, com foco na restituição de cartas ou mapas do terreno fotografado.

Apesar disso, profissionais da fotogrametria não seguiram esta divergência, iniciando o estudo das imagens de sensores remotos. Tais especialistas chegaram à conclusão que não era coerente a divisão entre as duas ciências uma vez que o que estava sendo chamado de sensoriamento remoto (imagens digitais e orbitais) era uma ciência irmã do que vinha sendo chamado de fotogrametria (imagens fotográficas e aéreas). Assim, com o desenvolvimento da fotogrametria digital e de sensores orbitais compatíveis com a atividade fotogramétrica a tendência atual é que a fotogrametria esteja inserida no contexto global de sensoriamento remoto (ASSIS, 2011).

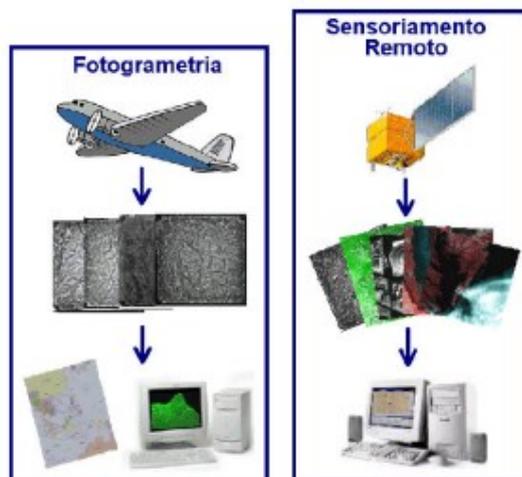
A ASP (American Society of Photogrammetry) trocou seu nome para ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing) e definiu: “Fotogrametria e Sensoriamento Remoto é a arte, ciência, e tecnologia de obtenção de informações confiáveis a partir de sistemas de imageamento ou outros sensores, sobre a Terra e seu meio ambiente, e outros objetos físicos, e processos por meio da gravação, medição, análise e representação”. Essa definição é bem abrangente e não separa a Fotogrametria do Sensoriamento Remoto, sendo os dois complementares.

Desta forma, com o avanço da tecnologia outros tipos de sensores fotográficos e não fotográficos foram incorporados à área de estudo da Fotogrametria, como é o caso dos sistemas

de varredura a laser terrestres (VLT) a aéreas (VLA), sistemas de navegação inercial e GNSS, e outros de imageamento em outros comprimentos de onda além do visível. Entretanto, seu instrumento básico de medida é a câmara fotográfica (REISS, 2016).

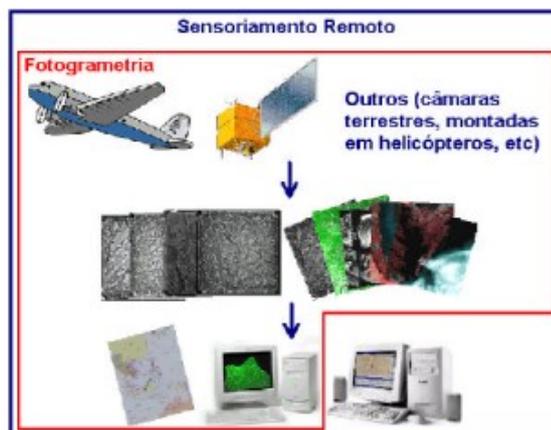
Na Figura 2 é apresentado primeiramente a dissensão inicial entre fotogrametria (plataforma aérea, fotografias e produtos cartográficos) e sensoriamento remoto (plataformas orbitais, imagens digitais e vários tipos de produtos, como mapas geológicos ou florestais). E em seguida, na Figura 3, a visão atual da fotogrametria, que é constituída de imagens advindas de diversos sensores, em meio analógico ou digital, gerando produtos que representem o espaço objeto. Enquanto o sensoriamento remoto é mais abrangente, considerando a geração de outros tipos de produtos, como mapas temáticos e imagens classificadas.

Figura 2: Dissensão inicial e errônea entre fotogrametria e sensoriamento remoto



Fonte: Brito e Coelho (2002).

Figura 3: Visão atual



Fonte: Brito e Coelho (2002).

7 METODOLOGIA

Neste trabalho foi realizado uma Auditoria de Segurança Viária de um trecho precário de uma rodovia utilizando a fotogrametria com imagens da plataforma Google Earth Pro. Por meio da fotogrametria espacial e terrestre, foram observados os aspectos necessários, verificando o que é possível apenas pelas imagens remotas, comparando com a auditoria *in loco* e verificando a necessidade da ida ao local.

O objetivo foi identificar as precariedades de segurança para os usuários da via pública e considerar as medidas necessárias para eliminar ou reduzir os seus impactos. A avaliação considerou todos os usuários da via pública, não apenas os motoristas de automóveis uma vez que os usuários incluem pedestres, ciclistas, motociclistas, motoristas de transporte público, dentre outros e avaliou especificamente aspectos ligados às características físicas e operacionais da via e ao meio ambiente viário.

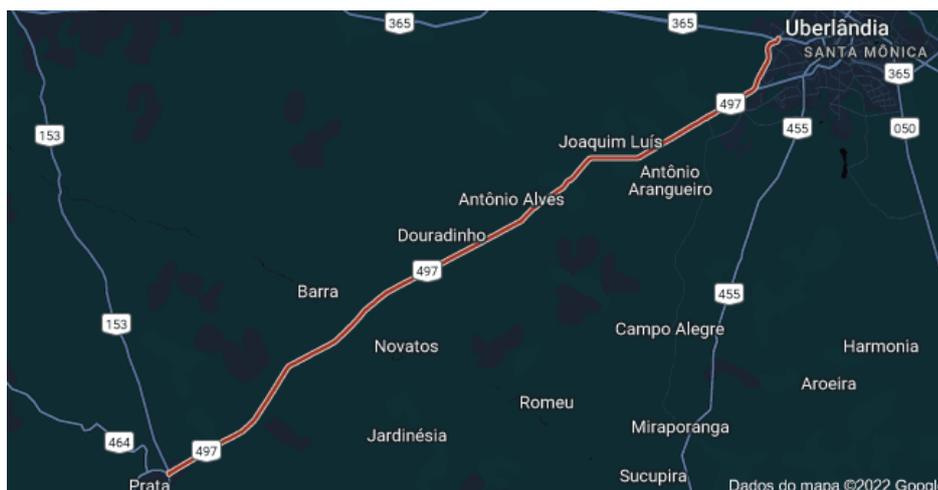
Neste caso trata-se de uma rodovia já existente e em operação. Assim, a auditoria foi realizada para verificar o comportamento operacional da rodovia, ou seja, avaliou se existe alguma deficiência na concepção do projeto ou na sua implantação. Medidas corretivas, embora muito mais caras nesta fase, ainda assim podem ser rentáveis por preservar vidas. A ASV pode ser realizada em qualquer seção da rodovia em operação para identificar potenciais locais de acidentes.

7.1 Área de estudo

A área de estudo trata-se de um trecho crítico da rodovia estadual de Minas Gerais MGC-497, que liga os municípios de Uberlândia e Prata. A rodovia é marcada por grande quantidade de buracos ao longo da via, desnivelamento, sinalização precária e falta de acostamento, vias extremamente estreitas, falta de iluminação, falta de suporte de assistência aos usuários, número excessivo de caminhões transitando como forma de escoamento de produtos, e condições precárias do asfalto que, em praticamente todo o trecho, está deteriorado.

A rodovia foi construída na década de 1980 e sofre com problemas em sua estrutura há anos. O trecho é conhecido pelos riscos, com vários acidentes e mortes, como nos últimos 2 anos, em que foram registrados 122 acidentes pelo Corpo de Bombeiros (TV INTEGRAÇÃO, 2022). Devido a todos estes defeitos, são desencadeados diversos transtornos aos motoristas e problemas mecânicos aos carros. Além disso, a falta de acostamento dificulta o apoio e traz riscos aos usuários.

Figura 4: Localização da Rodovia MGC-497.



Fonte: Google Maps (2022).

Está prevista a recuperação da rodovia, sendo a primeira etapa composta pelo seu recapeamento, e a expectativa é que posteriormente seja realizada a construção de acostamentos e faixas adicionais (PORTAL G1, 2022).

A rodovia em questão é classificada dentre as Rodovias Estaduais Coincidentes – MGC, que substituíram as Rodovias Estaduais Transitórias – MGT pela Resolução nº 8, de 02/05/2006, do Conselho de Administração do DNIT. A MGC-497, é uma rodovia pavimentada, de pista simples, e que possui 77,6 Km de extensão entre Uberlândia e Prata.

7.2. Análise das frequências de acidentes

Um fator muito importante que auxilia a ASV nas vias já existentes, é o seu histórico de deficiências de segurança, com as estatísticas sobre os acidentes que já ocorreram no trecho, como a quantidade deles, o tipo, a gravidade, dentre outros.

De acordo com a ação civil pública, entre 1994 e 2004, 1.556 acidentes ocorreram no trecho e 91 vidas foram interrompidas, em razão das más condições da via e ausência de acostamentos em ambos os lados. Segundo o Instituto de Pesquisas Rodoviárias a função principal do acostamento em rodovias é atender a questão de segurança e quando o volume diário nas duas direções for superior a 300 veículos, torna-se um requisito técnico obrigatório. No entanto, de acordo com o DER (2020) nesse trecho trafegam 10.821 veículos por dia. Tais dados encontram-se em Projeto de Lei de da Câmara dos Deputados de Minas Gerais proposto pelo Deputado Zé Silva em 2020.

7.3 A auditoria

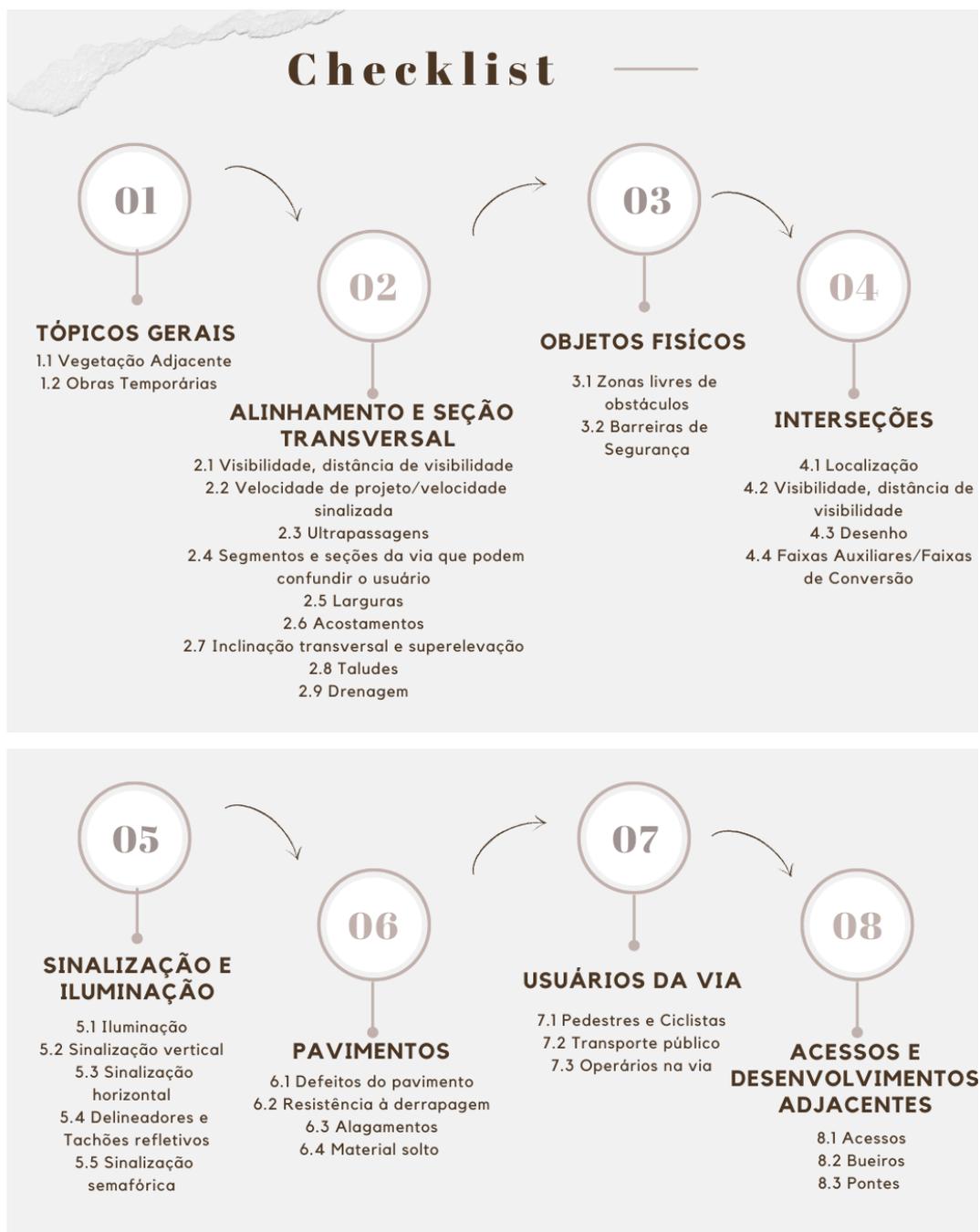
Neste trabalho foi simulado a auditoria e analisada a potencialidade de realizar inspeções de forma remota de acordo com os procedimentos propostos para a ASV. Foram analisados parâmetros como a presença de buracos, desnivelamento, sinalização precária, falta de acostamento, entre outros, na rodovia BR-497. Logo, foram estabelecidos critérios para auxiliar a tomada de decisão na avaliação de aspectos relacionados à segurança dos usuários da via em questão para o estudo de caso.

Utilizou-se uma lista de verificação aplicada em revisões de segurança viária, adaptada à realidade brasileira, que visa identificar as deficiências de segurança de uma via em operação. A identificação das deficiências que possam vir a causar acidentes é feita na ASV com o auxílio de listas de verificação (*checklists*) ou listas de alertas (*prompt lists*) de itens de segurança que devem ser avaliados durante a auditoria.

As listas de verificação são formulários que contém uma série de aspectos de uma via, os quais devem ser considerados quando a segurança viária está sendo avaliada. Seu objetivo é auxiliar o auditor a identificar deficiências de segurança, de forma ordenada e sistemática. Foi proposta a utilização de uma lista de verificação, considerando as condições de projeto e conservação das rodovias existentes no Brasil e os aspectos climáticos e culturais brasileiros.

O *checklist* proposto para realização da auditoria foi baseado na lista de verificação proposta por Silva e Silva (2017), que consiste na aplicação do método de auditoria de segurança viária em rodovias na fase de operação. A lista foi fundamentada em quatro listas internacionais, porém que atendessem as particularidades da realidade brasileira. Esta foi revisada por técnicos em segurança rodoviária e posteriormente aplicada em um trecho de uma rodovia. É importante que a lista possua elementos gerais e específicos em consonância com a via/trecho em auditoria, a fim de conseguir o máximo de dados para um correto diagnóstico dos problemas existentes.

Figura 5: Lista de verificação proposta para realização da ASV



Fonte: Autora (2022).

A aplicação da Lista de Verificação foi realizada de forma remota, utilizando a fotogrametria espacial e terrestre pelo *Software* Google Earth Pro, na tentativa de uma avaliação que abrangesse todos os itens listados e observações. Este *checklist* possui também subitens dentro dos grupos de verificação propostos, a fim de possibilitar análise mais profundas sobre os tópicos propostos.

A lista é composta por 8 grupos de verificação com 32 itens ao todo, sendo eles: Tópicos Gerais; Alinhamento e Seção Transversal; Objetos Físicos; Interseções; Sinalização e Iluminação; Pavimentos; Usuários da Via; e Acessos e Desenvolvimentos Adjacentes. Vale ressaltar que muitos itens são divididos em subitens, com questões a serem concluídas sobre cada grupo. Na Tabela 1, tem-se a lista de verificação utilizada na ASV do trecho da rodovia MGC-497, constituída pelo grupo de verificação, os itens a serem verificados em cada um e pontos a serem analisados em cada subitem (na coluna de detalhamentos).

Tabela 1: Checklists para Auditoria de Segurança Viária da Rodovia MGC-497

	GRUPO DE VERIFICAÇÃO	ITEM DE VERIFICAÇÃO	DETALHAMENTO
1	TÓPICOS GERAIS	1.1 Vegetação Adjacente	Os vãos livres e as distâncias de visibilidade necessárias são restringidos pelo futuro crescimento da vegetação?
		1.2 Obras Temporárias	A sinalização temporária da obra permanece mesmo depois da mesma estar concluída?
2	ALINHAMENTO E SEÇÃO TRANSVERSAL	2.1 Visibilidade, distância de visibilidade	A distância de visibilidade é adequada para a velocidade do tráfego atual da via? A distância de visibilidade prevista para interseções e cruzamentos é adequada? Distância de visibilidade de parada foi prevista para os veículos que estejam entrando ou saindo da via?
		2.2 Velocidade de projeto/velocidade sinalizada	O limite de velocidade é compatível com a função e a geometria da via, o uso do solo e a distância de visibilidade?
		2.3 Ultrapassagens	As ultrapassagens propostas são oportunas e seguras?
		2.4 Segmentos e seções da via que podem confundir o usuário	A via está livre de elementos que podem causar confusões? (Ex: O alinhamento está claramente definido? As demarcações antigas foram retiradas? As linhas de árvores, postes de iluminação seguem o alinhamento da via?)
		2.5 Larguras	A largura das faixas e das vias são adequadas para o volume e composição do tráfego? A largura dos acostamentos é adequada para que os veículos estragados ou de emergência possam deter-se de forma segura?
		2.6 Acostamentos	A largura dos acostamentos é adequada para permitir aos condutores recuperar o controle ao sair da pista? Os acostamentos são trafegáveis para todos os veículos e usuários da via? Os acostamentos se encontram pavimentados?
		2.7 Inclinação transversal e superelevação	É adequada a superelevação das curvas? A inclinação transversal permite a drenagem adequada?
		2.8 Taludes	A inclinação do talude permite que os automóveis e caminhões que saem da via possam se recuperar?
		2.9 Drenagem	Os canais de drenagem no bordo da via e as paredes dos bueiros podem ser transpostos de forma segura pelos veículos? Existe possibilidade de transbordamento ou alagamento proveniente dos arredores, drenos ou cursos d'água?
3	OBJETOS FÍSICOS	3.1 Zonas livres de obstáculos	A zona livre está prevista de acordo com as normas? A largura da zona livre é superável pelos veículos? A largura da zona livre está livre de obstáculos?
		3.2 Barreiras de Segurança	As barreiras de contenção estão instaladas onde necessárias de acordo com a norma? A largura entre a barreira de contenção e a linha de bordo é suficiente para alojar um veículo desgovernado? A extensão de cada barreira de segurança está adequada em cada instalação? Barreiras temporárias estão instaladas de acordo com a norma?

4	INTERSEÇÕES	4.1 Localização	Todas as interseções estão localizadas de forma segura em relação ao alinhamento vertical e horizontal da via? Interseções ao final de uma zona de alta velocidade foram projetadas com dispositivos de controle de trânsito para alertar os condutores?
		4.2 Visibilidade, distância de visibilidade	A presença de cada interseção é óbvia para todos os usuários? Linhas de visão podem ser temporariamente obstruídas por veículos estacionados, vegetação sazonal, etc? Linhas de visão podem ser temporariamente obstruídas por veículos estacionados, vegetação sazonal, etc? A distância de visibilidade é adequada para notar os veículos que estão entrando e saindo?
		4.3 Desenho	O desenho das interseções é óbvio para todos os usuários? O alinhamento das calçadas, ilhas e canteiros centrais são satisfatórios?
		4.4 Faixas Auxiliares/Faixas de Conversão	O início e o final dos estreitamentos estão localizados e alinhados corretamente? São apropriadas as larguras dos acostamentos previstas nas junções? As conversões a esquerda a partir de uma pista foram evitadas? Existem faixas de aceleração e desaceleração adequadas às velocidades operacionais, nas interseções observadas?
5	SINALIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO	5.1 Iluminação	A iluminação instalada é adequada em interseções, rotatórias, travessias de pedestres e ciclistas, refúgios para pedestres, etc? Toda a iluminação está operando satisfatoriamente? Algumas características da via interrompem total ou parcialmente a iluminação (por exemplo árvores?) Os postes de iluminação são um risco no bordo da via? Foi considerada a necessidade de iluminação especial? Os postes utilizados em todos os locais são do tipo apropriado e instalados corretamente (ex. base deslizante em altura correta, postes rígidos protegidos, se dentro da zona de obstáculos)? O projeto de iluminação apresenta zonas escuras? As luminárias irão provocar ofuscamento nos usuários das vias adjacentes? Existem locais onde a iluminação pode interferir com semáforos ou sinalização vertical? Iluminação para placas/pórticos tem sido prevista quando necessária? Existem iluminação nos empreendimentos lindeiros à rodovia que ofusquem a visão do condutor?
		5.2 Sinalização vertical	Todas as placas de indicação, advertência e regulamentação estão colocadas e visíveis? A sinalização utilizada é correta para cada situação e cada placa é necessária? Existe sinalização redundante que possa confundir o condutor? Todas as placas são efetivas para todas as condições prováveis (por exemplo dia, noite, chuva, neblina, nascer ou pôr-do-sol, iluminação deficiente?) No caso de restrições de classe/tipo de veículos, todos são advertidos adequadamente? As placas são reflexivas ou estão iluminadas satisfatoriamente? As placas são visíveis sem camuflar-se com distrações de fundo ou adjacentes? Existe sinalização em falta ou sucateada? As placas estão colocadas de forma a não restringir a distância de visibilidade, particularmente para veículos em conversão?
		5.3 Sinalização horizontal	O pavimento apresenta marcas excessivas? A sinalização horizontal se encontra em boas condições? É suficiente o contraste entre a sinalização e a cor do pavimento? Toda a sinalização horizontal necessária tem sido aplicada? Toda a sinalização horizontal está claramente visível e efetiva para as condições de tempo mais comuns? Antigas marcas do pavimento foram removidas? Estão demarcados o eixo central, os bordos e as faixas da via? São necessárias taxas? E caso foram instaladas, elas estão corretamente localizadas, com a cor correta e em boas condições? Existe sinalização horizontal para controle e adequação da velocidade?
		5.4 Delineadores e Tachões refletivos	Os delineadores estão instalados de forma correta? Os delineadores são claramente visíveis? E com as cores corretas? Os delineadores nas defensas, nas barreiras de contenção e nos corrimãos das pontes são concordantes com os postes guias? O delineamento é adequado? Efetivo em todas as condições? Todos os caminhos dos veículos através das interseções estão delineados onde necessário?
		5.5 Sinalização semafórica	Os semáforos operam corretamente? O número e a localização dos visores são apropriados? Onde é necessário, foi previsto ajuda para pedestres cegos? (Ex. botões sonoros, marcas táteis) Onde é necessário foi previsto ajuda para pedestres idosos ou deficientes? (Ex: aumentar o tempo de verde ou uma fase exclusiva para pedestres? O plano de fases do semáforo é consistente com as interseções adjacentes?

6	PAVIMENTOS	6.1 Defeitos do pavimento	O pavimento está livre de defeitos (buracos, rugosidade, fendas etc) os quais podem resultar em problemas de segurança (perda de controle etc)? A borda do pavimento apresenta um estado satisfatório? O desnível da transição entre a pista e o acostamento oferece segurança? Qual a altura observada?
		6.2 Resistência à derrapagem	O pavimento tem um resistência adequada ao deslizamento, particularmente em curvas, inclinações pronunciadas e aproximação a interseções? Foram realizados testes de resistência a derrapagem?
		6.3 Alagamentos	O pavimento está livre de zonas de alagamento ou lâminas de água, que possam gerar problemas de segurança?
		6.4 Material solto	O pavimento apresenta material solto?
7	USUÁRIOS DA VIA	7.1 Pedestres e Ciclistas	As vias e os pontos de cruzamento são adequados para pedestres e ciclistas? Há um número adequado de faixas de pedestres ao longo da via? Em pontos de cruzamento, os gradis para pedestres estão orientados de modo que os pedestres sempre vejam o trânsito veicular? Existem provisões adequadas para idosos, deficientes, crianças, cadeiras de roda e carrinhos de bebê (Ex: corrimãos, calçadas e canteiro central, rampas, passarelas)? Existem passeios onde são necessários (Ex: pontes ou rampas)? A distância de visibilidade de parada é suficiente para que os condutores de caminhões possam ver de forma clara os pedestres em um cruzamento? Existem grades de segurança para bicicletas em buracos e bueiros? A ciclovia é contínua, isto é livre de pontos de estrangulamento e interrupções? A largura do pavimento é adequada para o número de ciclistas que usam a via? Existem separadores físicos entre a rodovia e a ciclovia?
		7.2 Transporte público	As paradas de ônibus estão apropriadamente localizadas com distância suficiente da pista de rolamento a favor da segurança e visibilidade? Os refúgios e bancos das paradas de ônibus, são localizados de forma segura, permitindo uma adequada linha de visibilidade? Sua separação da via está correta? A altura e a forma do piso na parada de ônibus é adequada para pedestres e condutores de ônibus?
		7.3 Operários na via	Existem operários na via em posição de risco de acidentes?
8	ACESSOS E DESENVOLVIMENTO ADJACENTES	8.1 Acessos	Os entroncamentos e os acessos são adequados para todos os movimentos permitidos para veículos? O acesso está adequadamente desenhado para o uso do solo? Verificar o espaçamento adequado entre os acessos do mesmo lado da rua. Verificar os efeitos no padrão do tráfego. Existem faixas de aceleração e desaceleração adequadas as velocidades operacionais, nos acessos observados? As distâncias entre os acessos consecutivos atendem às instruções normativas do órgão com circunscrição sobre a via?
		8.2 Bueiros	Verificar se os bueiros de acesso estão protegidos adequadamente (garagem particular ou interseção com ruas). A largura dos bueiros é consistente com a largura da pista sob condições de aproximação? Existem defensas de proteção em pontes e em suas proximidades para proteger veículos que abandonem inesperadamente a pista?
		8.3 Pontes	A largura das pontes é consistente com a largura da pista sob condições de aproximação? É conveniente instalar barreiras de contenção em pontes, e em suas proximidades, para proteger veículos que abandonem inesperadamente a pista? A conexão entre a barreira de contenção e a ponte é segura? Existe desnível na ponte que pode reduzir a eficácia das barreiras de contenção ou das defensas? Está proibida a pesca a partir da ponte? Se não, foi disponibilizado um lugar para a pesca segura?

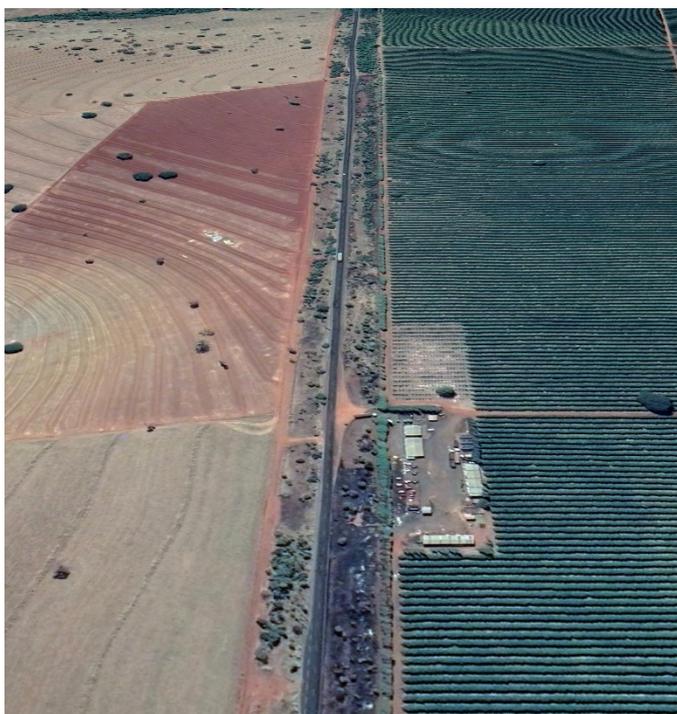
Fonte: Adaptado de Silva e Silva (2017).

Há alguns itens de verificação que necessitam dos projetos básicos da rodovia, como o projeto de sinalização horizontal, vertical e dispositivos de segurança; projeto geométrico da rodovia; projeto de drenagem e obras de arte corrente; e outras informações como localização de interseções, tipo de pavimento, dados de tráfego, dados de acidentes, entre outros. Logo,

uma fase inicial consistiria na análise destes projetos, a fim de verificar se os aspectos estão de acordo com o especificado. Para outros seria necessário a vistoria *in loco* como é o caso do item de pavimentos, em que é importante realizar um teste de resistência à derrapagem ou que não é possível tirar conclusões quanto a alagamentos, uma vez que a imagem da rodovia utilizada para auditoria foi tirada em momento de pista seca. Além disso, quesitos como distâncias de visibilidade, superelevação, e inclinação da rodovia podem apresentar maior facilidade em sua análise quando realizada a auditoria no local, e percorrendo o trecho da via.

Na Figura 6, é representado de forma geral o trecho em que foi simulada a auditoria de segurança, por uma imagem de fotogrametria espacial retirada pelo Google Earth Pro.

Figura 6: Imagem geral do trecho analisado da rodovia MGC-497



Fonte: Google Earth Pro (2022).

8 RESULTADOS

Os resultados neste estudo foram obtidos a partir de considerações feitas pela análise das imagens obtidas pela fotogrametria, a partir da lista de verificação proposta. Utilizando o *software* mencionado, foi possível obter imagens do trecho crítico da rodovia, realizar observações sobre os itens do *checklist*, e verificar quais são possíveis de serem realizados por meio apenas de imagens, sem a necessidade de ida até o local.

Nas figuras a seguir, estão ilustradas algumas imagens obtidas pelo Google Earth Pro do trecho em estudo. A partir da fotogrametria espacial, nota-se a ausência de acostamentos na rodovia, e, quando existentes, de largura inadequada, sendo apenas um alargamento da pista. É possível também ver a existência da sinalização horizontal, porém não se consegue analisar suas condições na via. Quanto a outros aspectos como sinalização vertical; situação do pavimento, quanto ao seu nivelamento ou presença de buracos; iluminação; e outros quesitos de verificação, não são passíveis de análise apenas pela fotogrametria espacial. Logo foi necessária a utilização também da fotogrametria terrestre.

Figura 7: Más condições de acostamentos



Fonte: Google Earth Pro (2022).

Ao longo da rodovia percebe-se a ausência de acostamentos e de estruturas de apoio para os usuários da via. Por esta imagem espacial, ilustrada na Figura 7, nota-se alguns dos pontos em que o acostamento é existente, porém não é considerado adequado para as condições da via. Pode-se perceber que a largura é menor do que a usual e ainda foi possível perceber uma deterioração do pavimento.

Para obtenção de maiores detalhes e imagens mais próximas da superfície da rodovia, foi utilizada a ferramenta de *Street View* do *Software*. A partir desta, foi perceptível a precariedade da via, que apresenta muitos defeitos, como buracos, desnivelamento da pista e placas de sinalização vertical existentes em mal estado.

Figura 8: Defeitos no pavimento e sinalização horizontal precária



Fonte: Google Earth Pro (2022).

Pela Figura 8, é perceptível defeitos no pavimento, como buracos e depressões, resultantes do recapeamento - intervenções pontuais, que são destruídas pelo próprio tráfego de veículos pesados - e da má qualidade do material utilizado nesse processo. Além disso, a sinalização horizontal se apresenta um pouco desgastada e percebe-se a ausência de iluminação. No entanto, nota-se também fatores como alinhamento da rodovia e as linhas da vegetação adjacente seguindo este alinhamento.

Figura 9: Precariedade da sinalização vertical



Fonte: Google Earth Pro (2022).

Na Figura 9 é apresentado uma interseção na rodovia. Há a sinalização vertical, porém, está ilegível sua indicação. Há presença de material solto no pavimento, assim como a presença de um acostamento estreito a frente e não pavimentado.

Figura 10: Largura inadequada de acostamento



Fonte: Google Earth Pro (2022).

O acostamento representado pela Figura 10 é estreito, não apresentando a largura necessária para permitir aos condutores recuperar o controle ao sair da pista, além de possuir vegetação adentrando na pista. Assim, em caso de acidentes ou de necessidade do motorista de um apoio, o local não prove as características adequadas para segurança.

Figura 11: Condições de ultrapassagem



Fonte: Google Earth Pro (2022).

Pela Figura 11, analisa-se a assertividade da sinalização vertical, condizente com a horizontal, indicando as condições de ultrapassagem de veículos.

Figura 12: Sinalização Vertical



Fonte: Google Earth Pro (2022).

Figura 13: Sinalização vertical na interseção



Fonte: Google Earth Pro (2022).

Analisando as Figuras 12 e 13, nota-se a presença de sinalização vertical, indicando a velocidade de tráfego do local na rodovia e da entrada e saída de caminhões. No caso da sinalização de velocidade de projeto, seria necessário verificar de acordo com os projetos se ela está de acordo com o calculado para o trecho da MGC-497 analisado.

Figura 14: Defeitos na borda do pavimento



Fonte: Google Earth Pro (2022).

Figura 15: Buracos no pavimento e fendas



Fonte: Google Earth Pro (2022).

Por fim, pelas Figuras 14 e 15, é perceptível a precariedade do pavimento da via. Este está cheio de buracos e fendas, com alta rugosidade, materiais soltos, o que pode resultar em problemas de segurança. A borda do pavimento está deteriorada e alto desnível na transição entre a pista de rolamento e o acostamento.

Em suma, a partir das imagens analisadas, percebe-se muitos defeitos ao longo da rodovia, como falta de iluminação ao longo do trecho, muitos problemas em relação ao pavimento, como buracos e materiais soltos. Há sinalização horizontal e vertical, porém em alguns locais do trecho estas se apresentam desgastadas. Outro ponto notado é a falta de iluminação e de acostamentos, e, nos locais em que o acostamento é existente, a largura é inadequada, além de serem desnivelados e intrafegáveis.

Dentre os itens de verificação propostos para o *checklist* da Auditoria de Segurança Viária, há alguns que não puderam ser aplicados na rodovia analisada, por motivos de que não estavam presentes ou acontecendo na rodovia no momento da auditoria, como é o caso dos itens relacionados a obras temporárias, sinalização semafórica, pontes, operários na via, barreiras de segurança e transporte público.

Desta forma, a Tabela 2 identifica os itens que não se aplicaram à rodovia em questão e os itens que puderam ou não ser analisados apenas por meio das imagens obtidas pela fotogrametria.

Tabela 2: Lista de Verificação da auditoria

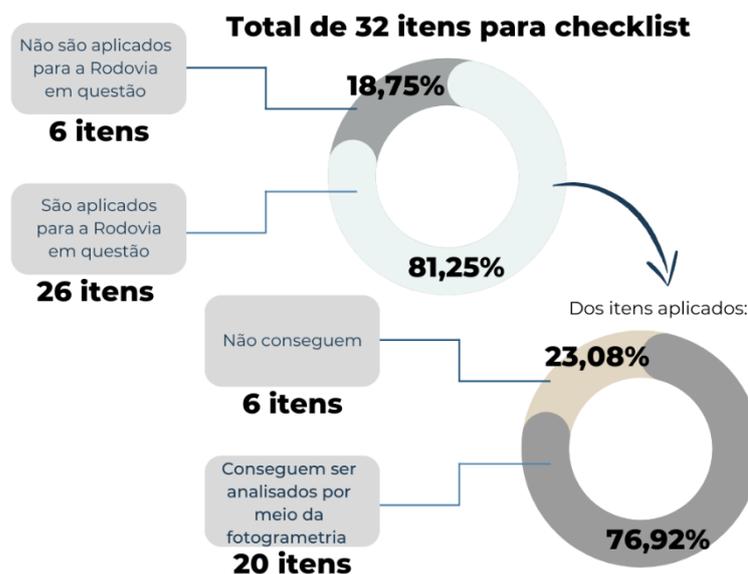
	GRUPO DE VERIFICAÇÃO	ITEM DE VERIFICAÇÃO	NÃO SE APLICA	POSSIBILIDADE DE ANÁLISE
1	TÓPICOS GERAIS	1.1 Vegetação Adjacente		✓
		1.2 Obras Temporárias	Não se aplica	
2	ALINHAMENTO E SEÇÃO TRANSVERSAL	2.1 Visibilidade, distância de visibilidade		X
		2.2 Velocidade de projeto/velocidade sinalizada		X
		2.3 Ultrapassagens		✓
		2.4 Segmentos e seções da via que podem confundir o usuário		✓
		2.5 Larguras		✓
		2.6 Acostamentos		✓
		2.7 Inclinação transversal e superelevação		X
		2.8 Taludes		✓
		2.9 Drenagem		✓
3	OBJETOS FÍSICOS	3.1 Zonas livres de obstáculos		X
		3.2 Barreiras de Segurança	Não se aplica	
4	INTERSEÇÕES	4.1 Localização		✓
		4.2 Visibilidade, distância de visibilidade		X
		4.3 Desenho		✓
		4.4 Faixas Auxiliares/Faixas de Conversão		✓
5	SINALIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO	5.1 Iluminação		✓
		5.2 Sinalização vertical		✓
		5.3 Sinalização horizontal		✓
		5.4 Delineadores e Tachões refletivos		✓
		5.5 Sinalização semafórica	Não se aplica	
6	PAVIMENTOS	6.1 Defeitos do pavimento		✓
		6.2 Resistência à derrapagem		X
		6.3 Alagamentos		X
		6.4 Material solto		✓
7	USUÁRIOS DA VIA	7.1 Pedestres e Ciclistas		✓
		7.2 Transporte público	Não se aplica	
		7.3 Operários na via	Não se aplica	
8	ACESSOS E DESENVOLVIMENTO ADJACENTES	8.1 Acessos		
		8.2 Bueiros		✓
		8.3 Pontes	Não se aplica	

Fonte: Autora (2022).

A partir desta tabela, foi verificado quantitativamente a possibilidade da verificação dos itens do checklist a partir da auditoria remota. No total, foram descritos 32 itens previstos para

checagem, dentro dos grupos de verificação. Dentre eles, 6 não se aplicaram a MGC-497 no trecho observado. Quanto aos 26 restantes que foram vistoriados, 20 foram possíveis de visualizar e tirar conclusões apenas pelas imagens, enquanto para os 6 restantes seria necessária a vistoria *in loco*. Tal conclusão está exposta na Figura 16, que demonstra por meio de gráficos e porcentagens os resultados obtidos.

Figura 16: Análise quantitativa dos quesitos observados



Fonte: Autora (2022).

Desta forma, 76,92% dos itens da lista de verificação proposta que foram aplicados na rodovia MGC-497, podem ser realizadas para a ASV por meio apenas de imagens obtidas pelo Google Earth. O restante demandaria a ida dos auditores até a rodovia para avaliar as distâncias de visibilidade, verificar se a velocidade de projeto está compatível com função e a geometria da via e uso do solo, e análises de questões como superelevação, superlargura, inclinação transversal, zonas livres, resistência a derrapagem e alagamentos.

No entanto, apesar a ASV remota não garantir que o *checklist* completo seja concluído, já é perceptível grande vantagem quanto a redução do tempo *in loco* dos auditores e consequentemente dos seus possíveis riscos.

9 CONCLUSÃO

No que diz respeito à segurança, pode-se afirmar que vias seguras e ações conscientes dos usuários da via, são fundamentais para evitar acidentes e suas consequências como

deficiências e óbitos. Desse modo, a atenção para melhorar a segurança viária tem sido voltada para técnicas proativas como a Auditoria de Segurança Viária. O principal objetivo de uma ASV é assegurar o alto nível de segurança em todas as rodovias e sistemas de tráfego, mas também, conseqüentemente, reduzir os custos totais na vida útil dos projetos, corrigir projetos insatisfatórios, minimizar o risco de acidentes na rede viária e promover que todos os projetos tenham a consideração de segurança dos usuários.

Segundo Rodrigues (2010), a ASV realizada em rodovias já existentes serve para identificar elementos perigosos e que podem causar acidentes futuros, aumentar as conseqüências dos acidentes ou ocasionar ferimentos adicionais. Para Austroads (2002), o processo em vias existentes pode abordar tanto um trecho específico, focando nos assuntos detalhados de segurança, quanto uma malha rodoviária, abordando assuntos de segurança de forma mais geral, porém, o importante é que a abordagem seja feita de forma objetiva e independente. Assim, a constante realização de ASVs em rodovias propicia de modo geral qualidade de vida à população tornando as vias mais seguras e influenciando de modo positivo nas ações dos condutores de veículos e reduzindo de modo significativo os índices de lesões e óbitos por acidentes de trânsito.

A realização de inspeções *in loco* em rodovias construídas é uma etapa constante na realização de ASV. Entretanto, condições desfavoráveis do espaço rodoviário costumam dificultar a observação adequada dos elementos, uma vez que há fatores como fluxo veicular intenso, condições meteorológicas adversas ou condições geométricas desfavoráveis da via, que podem dificultar a análise assertiva dos vários elementos vistoriados, já que expõe os auditores a riscos e podem demandar a revisitação no local. Desta forma, novas tecnologias, que já são uma ferramenta utilizada em diversas áreas de estudo, também podem ser inseridos para inspeções de segurança viária.

Logo, o uso de tecnologias, apesar de não muito utilizados nesta área de inspeção de segurança viária, pode trazer alguns benefícios e facilidades. Portanto, o objetivo deste trabalho foi estudar a possibilidade do emprego de Fotogrametria para auditorias de segurança viária, visando reduzir custos, agilizar sua execução e reduzir os riscos para os auditores, diminuindo seu tempo de exposição em trechos rodoviários em operação. Assim, com a utilização de tecnologias comuns e acessíveis, constatou-se praticidade de acesso proporcionado pelas ferramentas computacionais.

Após propor uma metodologia para a auditoria, através de uma lista de verificação adequada para o cenário das rodovias brasileiras, foi possível validar os resultados perante a simulação da auditoria, na rodovia MGC-497, que liga Uberlândia a Prata. Conclui-se que

aproximadamente 77% dos aspectos vistoriados conseguem ser realizados apenas pela utilização da fotogrametria. Ainda assim, há algumas questões que faria necessária a ida da equipe até o local. Observa-se, portanto, grandes benefícios ao utilizar este método. A fotogrametria possibilita maior facilidade para análise da rodovia reduzindo o tempo *in loco* da parte dos auditores e reduzindo riscos e custos, uma vez que a auditoria normal incluiria a programação do deslocamento da equipe, uso de veículos, notebooks, câmeras fotográficas e/ou outros equipamentos especiais, além de altos gastos.

9.1 Recomendações para trabalhos futuros

Com o resultado da contribuição deste novo método de ASV, pretende-se subsidiar pesquisas futuras sobre procedimentos mais rápidos e eficientes para rodovias construídas ou em processo de construção/duplicação. Convém ressaltar a importância e a oportunidade de explorar novas tecnologias, que podem trazer diversas facilidades e benefícios. Tal aspecto pode mudar o planejamento das auditorias, de modo que atividades que exigiam um acompanhamento presencial e de maior custo por parte dos órgãos fiscalizadores possa ser realizado eventualmente de forma remota, frequente e com a obtenção de dados válidos e confiáveis.

Para pesquisas futuras, recomenda-se realizar a contagem volumétrica de veículos, que consiste na coleta do número de veículos que trafegam em local e horário determinados, o que pode ser de grande importância para o planejamento do tráfego da via, assim como de grande contribuição para a análise durante o *checklists* das auditorias. Recomenda-se também a busca pelos projetos da rodovia junto ao DER, uma vez que é destacado a importância da avaliação dos documentos, projetos e outras informações básicas, e desta forma, antes iniciar as inspeções, listar possíveis problemas a serem verificados, examinando documentos como projetos da rodovia, dados de tráfego e de acidentes, notas de campo e outras informações a serem avaliadas.

Outra ferramenta que pode contribuir para o trabalho seria o uso de imagens aéreas pagas para a realização do estudo, verificando a diferença na resolução espacial das imagens e se seria válido, comparando em relação a imagens gratuitas e quanto à possibilidade de análise dos itens de verificação da auditoria de segurança viária.

REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO, Lucinei Tavares de. **Instrumento de auditoria de segurança viária para projetos rodoviários brasileiros**. 2015. 353 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Transportes, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2015.

AUSTROADS (2009) **Guide To Road Safety Part 6: Road Safety Audit**. Austroads Publication N° AGRS06/09. Sydney, Austrália.

BOTELHO, Leandro Vieira Cunha. **Utilização de imagens de satélites em auditoria de obras rodoviárias**. 2018.

BRITO, J.; COELHO, L. **Fotogrametria Digital**. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, Brasil: 2002.

CNT; SEST; SENAT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2021**. 2021. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/boletim>. Acesso em: maio, 2022.

CROSTA, Alvaro Penteado. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. UNICAMP/Instituto de Geociências, 1992.

DO CARMO ASSIS, Isabella. **Aplicação de fotogrametria terrestre digital na amostragem de mina subterrânea: exame comparativo com técnicas tradicionais**. 2011.

DOT (2022) **Road Safety Audits (RSA)**. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Washington, D.C. Disponível em: <https://safety.fhwa.dot.gov/rsa/> Road. Acesso em: maio, 2022.

FHWA (2006) **FHWA Road Safety Audit Guidelines**. U. S. Department of Transportation. Disponível em: https://safety.fhwa.dot.gov/rsa/guidelines/appendix_a.htm. Acesso em: jul, 2022.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento remoto**. Oficina de Textos, 2007.

FURTADO, Marisa Freitas. **Comparação altimétrica entre pontos obtidos com GPS RTK e fotogrametria digital**. 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

GUERRA, C. A. N. **Auditoria de segurança viária: um estudo de caso em trecho da rodovia BR-116**. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Russas, 2022.

PORTAL G1. **Prevista para iniciar em março, recuperação da MGC-497 entre Uberlândia e Prata ainda não começou**. Tv Integração Triângulo e Alto Paranaíba. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/noticia/2022/04/05/prevista-para-iniciar-em-marco-recuperacao-da-mgc-497-entre-uberlandia-e-prata-ainda-nao-comecou.ghtml>. Acesso em: maio, 2022.

INFRAESTRUTURA, Ministério da. **Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito**. RENAEST: Visão Geral. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/docs/renaest>. Acesso em: maio, 2022.

LAZZARINI, Camilla Miguel Carrara. **Sistemas De Transporte: Aula 2**. Uberlândia: Faculdade de Engenharia Civil - Universidade Federal de Uberlândia, 2021. 104 slides.

LIMA, M. P. **Custos logísticos na economia brasileira**. Revista Tecnológica, v. d, n. 122, p. 64–69, 2006.

LOPES, D. L., & MARTINEZ FILHO, A. (2010) **Auditoria de Segurança Viária (ASV) Conceito e importância**. Companhia de Engenharia de Tráfego. Notas Técnicas.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, T. de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

NODARI, C. T., & Lindau, L. A. (2001). **Auditoria da segurança viária**. TRANSPORTES, 9(2).

REISS, Prof. Dr. Mário. **A Fotogrametria: LAFOTO** - laboratório de pesquisas em fotogrametria da ufrgs. Lafoto - Laboratório de Pesquisas em Fotogrametria da UFRGS. 2016. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/lafoto/a-fotogrametria-1/>. Acesso em: jun. 2022.

RIBEIRO, R. L. (2019). **Procedimento para auditoria de segurança viária incluindo avaliações em ambientes virtuais**, Publicação T.TD-006/2019, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 201p.

RODRIGUES, J. L. F. **Aplicações da técnica de auditoria de segurança viária em segmentos rodoviários no estado de São Paulo – avaliação crítica e reflexões**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2010.

SILVA, Alehandro Henrique Lima da; SILVA, Vanessa Lima e. **Aplicação do método de auditoria de segurança viária em rodovias na fase de operação**. 2017. 135 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Áreas Acadêmicas, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG, Aparecida de Goiânia, 2017.

SOUZA, A. D. de; SOBRAL, M. do C. M.; CANDEIAS, A. L. B. **Geotecnologias aplicadas às auditorias de obras públicas no brasil: panorama geral e perspectivas**. Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 69, n. 8, 2018. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43969>. Acesso em: 4 abr. 2022.

TEMBA, Plínio. **Fundamentos da fotogrametria**. Belo Horizonte: UFMG, p. 22-31, 2000.