



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITES EM
AUDITORIA DE OBRAS RODOVIÁRIAS**

LEANDRO VIEIRA CUNHA BOTELHO

BRASÍLIA/DF, MARÇO DE 2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITES EM
AUDITORIA DE OBRAS RODOVIÁRIAS**

LEANDRO VIEIRA CUNHA BOTELHO

ORIENTADOR: FÁBIO MAFRA

**MONOGRAFIA DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM
AUDITORIA DE OBRAS RODOVIÁRIAS**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITES EM
AUDITORIA DE OBRAS RODOVIÁRIAS**

LEANDRO VIEIRA CUNHA BOTELHO

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO
LATO SENSU SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA
OBTENÇÃO DO GRAU DE ESPECIALISTA EM AUDITORIA DE OBRAS
RODOVIÁRIAS.**

APROVADA POR:

**FÁBIO MAFRA, MESTRE, TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO
(ORIENTADOR)**

**LUIZ AKUTSU, DOUTOR, TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO
(EXAMINADOR INTERNO)**

**MARCELO LUIZ SOUZA DA EIRA, ESPECIALISTA, TRIBUNAL DE CONTAS
DA UNIÃO
(EXAMINADOR INTERNO)**

BRASÍLIA/DF, 28 DE MARÇO DE 2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FICHA CATALOGRÁFICA

BOTELHO, LEANDRO VIEIRA CUNHA

Utilização de Imagens de Satélites em Auditoria de Obras Rodoviárias (Distrito Federal) 2018

68p. (ENC/FT/UNB, Especialista, 2018)

Monografia de Especialização – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Imagens de Satélites

2. Auditoria

3. Obras Rodoviárias

4. Tribunal de Contas

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BOTELHO, L.V.C. (2018). Utilização de Imagens de Satélites em Auditoria de Obras Rodoviárias, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 68p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Leandro Vieira Cunha Botelho

TÍTULO DA MONOGRAFIA: Utilização de Imagens de Satélites em Auditoria de Obras Rodoviárias.

GRAU: Especialista

Ano: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrita do autor.

Leandro Vieira Cunha Botelho
SQN 202, Bloco G, Apt, 210 – Asa Norte
70.832-070 Brasília – DF – Brasil.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por mais essa oportunidade em minha vida.

À minha amada esposa Raquel pelo companheirismo e com quem desejo sempre compartilhar todos os momentos de minha vida.

Aos meus filhos, Henrique e Guilherme, com quem divido meus conhecimentos e aprendo ainda mais todos os dias com muita alegria e diversão.

À minha mãe Marinez por sempre acreditar em mim em todos os momentos.

Ao meu pai Anisio pelo exemplo de caráter e excepcional força de vontade para viver.

Ao meu irmão Fabrício pelo apoio incondicional em todos os momentos.

Aos familiares por sempre me acolherem com carinho e com quem partilho momentos inesquecíveis.

Aos meus amigos e colegas pelo incentivo e apoio constantes.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Fábio Mafra, pela concordância em me orientar, sempre com ponderações relevantes e propositivas, mesmo estando a aproximadamente 1.700 km de distância o que fez com que nossas comunicações fossem realizadas pelas mais diversas formas.

À minha esposa Raquel que, como professora da UnB e orientadora de diversos alunos, pôde me auxiliar sobremaneira na metodologia deste trabalho além de dirimir diversas dúvidas que me deparei ao longo desta monografia.

Aos professores do curso pelo esforço em nos ensinar e tentar transmitir seus valiosos conhecimentos para que possamos aplicar da melhor maneira possível em prol da sociedade.

Aos colegas deste tribunal Graça, Maninho e Ismael que tanto nos ajudaram em todos os momentos do curso.

Ao Tribunal de Contas da União e ao Instituto Serzedello Corrêa por terem ofertado o curso acreditando que a capacitação dos servidores é fundamental para melhoria na qualidade dos trabalhos deste órgão de controle.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Auditoria de Obras Rodoviárias pelas constantes discussões e contribuições técnicas acerca dos mais variados temas que foram tratados no decorrer deste curso.

RESUMO

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITES EM AUDITORIA DE OBRAS RODOVIÁRIAS

Estradas com boa qualidade geram benefícios econômicos e sociais ao diminuir os custos de transporte, reduzir as perdas financeiras e, principalmente, as perdas humanas relacionadas aos acidentes. O modal rodoviário é responsável por 60% do total de cargas transportadas no Brasil apesar da baixa densidade da malha rodoviária. Apesar disso, a qualidade das rodovias brasileiras é precária o que compromete, entre outras coisas, a expansão econômica de um país quando se trata do escoamento dos seus diversos produtos. Os órgãos de controle têm um papel fundamental neste processo, pois em muitos casos as obras para construção e/ou recuperação de rodovias são realizadas com recursos federais. O objetivo geral do trabalho é o de levantar potencialidades e limitações da utilização das imagens de satélites em auditorias de obras no TCU. As primeiras imagens aéreas da superfície terrestre datam de 1950 normalmente fotografias aéreas realizadas a partir de um balão. Com o passar dos anos e o avanço da tecnologia, observou-se uma grande melhora na resolução das imagens de satélites o que levou a um aumento considerável da capacidade de identificação dos elementos da imagem. No âmbito do TCU, foi realizada uma pesquisa e posterior análise de 235 processos a partir dos termos “satélite e obra”. Após uma análise sintética verificou-se que pouco mais da metade dos processos não tinham qualquer relação com imagens de satélite o que fez com que a amostra fosse reduzida para 113 processos. Esses foram analisados e classificados da seguinte forma: utilização de imagens de satélites pelo jurisdicionado (13%), auditorias do TCU em programas que utilizaram imagens de satélites (44%) e utilização de imagens de satélites pelo TCU (43%). Nessa última classificação foram considerados ainda os casos em que ocorreu a utilização de imagens de satélites pelo TCU em obras (39 processos) e em outras situações (9 processos). Dos 39 processos que trataram da fiscalização de obras, foi possível verificar que em algumas situações as imagens de satélites foram utilizadas para mostrar a localização da obra (20,5%), a execução da obra (38,5%) ou comprovar algum achado de auditoria (41,0%). Houve situações em que as imagens foram suficientes para comprovar achados de auditoria sem a necessidade de visita *in loco* (50%). Nos processos avaliados, não foram utilizadas imagens de satélites de alta resolução. Esse tipo de tecnologia disponível no mercado pode impulsionar ainda mais essa ferramenta trazendo novas possibilidades de atuação nas diversas áreas em que o TCU atua. Na tentativa de comparar o custo de aquisição de imagens de satélite com viagens de fiscalização, estimou-se que o custo de uma fiscalização de 4,5 dias seria equivalente ao custo de aquisição de imagens de alta resolução que somariam uma área de 200km². A utilização de imagens de satélite pode vir a substituir eventuais viagens, diminuir o tempo de auditorias ou dar mais agilidade nas fiscalizações com maior precisão.

ABSTRACT

USE OF SATELLITE IMAGES IN CONSTRUCTION ROAD'S AUDIT

Roads with good quality generate economic and social benefits by reducing transportation costs, financial losses and, especially, human losses related to accidents. The road modal is responsible for 60% of the total cargo transported in Brazil despite the low density of the road network. Despite this, the quality of Brazilian highways is precarious, which compromises, among other things, the economic expansion of a country when it comes to the disposal of its various products. The Audit Institutions have a fundamental role in this process, since in many cases the works for the construction and/or recovery of highways are financed by federal resources. The overall objective of this study is to raise potentialities and limitations of the use of satellite images in construction audits by the Federal Court of Accounts (TCU). The first aerial images of the terrestrial surface date from 1950 usually aerial photographs executed from a balloon. Over the years and the advancement of technology, there has been a great improvement in the resolution of satellite images, which has led to a considerable increase in the capacity of identification of the elements of the image. In the scope of the TCU, a research and subsequent analysis of 235 processes were carried out using the terms "satellite and construction". After a synthetic analysis, it was found that slightly more than half of the processes had no relation with satellite images, which caused the sample to be reduced to 113 processes. These were analyzed and classified as follows: use of satellite images by the audited entity (13%), TCU audits programs that used satellite images (44%) and use of satellite images by TCU (43%). In this last classification, cases in which satellite images were used by TCU in constructions (39 processes) and in other situations (9 processes) were considered. From the 39 processes that dealt with the audit of constructions, it was possible to verify that in some situations the satellite images were used to show the location of the construction (20.5%), the execution of the construction (38.5%) or to prove some findings (41.0%). There were situations where the images were enough to prove audit findings without the need of an on-site visit (50%). In the processes evaluated, high resolution satellite images were not used. This type of technology available in the market can further boost this tool bringing new possibilities of action in the various areas in which TCU operates. In an attempt to compare the cost of acquiring satellite images with surveillance trips, it was estimated that the cost of a 4.5 day inspection would be equivalent to the cost of acquiring high resolution images that would add up to an area of 200km². The use of satellite imagery can replace some trips, shorten the time of audits or give more speed in the inspections with more precision.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Histórico de fiscalizações x IGP x obras no quadro-bloqueio do Projeto de LOA do ano subsequente (2003 a 2016). Fonte: TCU.....	20
Figura 2: Caricatura de Nadar tirando fotografias aéreas publicada em Le Boulevard em 25 de maio de 1863. Fonte: (SILVA, 2015).....	23
Figura 3: Classificação dos 235 processos inicialmente avaliados.	35
Figura 4: Classificação dos 113 processos que tratam do tema de imagens de satélites.35	
Figura 5: Imagem do google earth enviado pelo jurisdicionado mostrando a construção de uma pista de pouso. Fonte: Processo TC 926.801/1998-8.....	37
Figura 6: Número de fiscalizações realizadas pelo TCU com a utilização de imagens de satélites	41
Figura 7: Local da adutora no projeto (linha verde) e o executado (linha vermelha). Fonte: Processo TC 000.274.2010-0.	44
Figura 8: Representação da localização da obra. Fonte: Processo TC 006.166/2012-1. 45	
Figura 9: Imagem de satélite obtida por meio do Google Earth, realizada em 9 de abril de 2011 onde é possível visualizar o talude construído com seis bermas. Fonte: Processo TC 006.166/2012-1.	46
Figura 10: Perfil do terreno apresentado pela equipe de auditoria mostrando as 6 bermas conforme apresentado na figura 9. Fonte: Processo TC 006.166/2012-1.	47
Figura 11: Foto constante da peça 10 do processo 028.278/2012-7 onde mostra a execução de pavimentação asfáltica.	48
Figura 12: Imagem da obra de arte especial da Travessia do Rio Cocó, ligação da Praia do Futuro com a Praia da Sabiaguaba, Ceará (2009). Fonte: TC 020.318/2009-2. 49	
Figura 13: Imagem mostrando a Ponte da Sabiaguaba, sobre o Rio Cocó, Ceará (2017). Fonte: Google Earth em 10/12/2017.	50
Figura 14: Imagem do google earth mostrando o porto fluvial de Maués, localizado no estado do Amazonas. Fonte: TC 029.510/2011-2.	52
Figura 15: Sobreposição da maquete eletrônica realizada no <i>Google SketchUp</i> por equipe técnica do TCU sobre a imagem de satélite em 24/11/2009, Santarém/PA. Fonte: TC 014.089/2009-2.	54
Figura 16: Imagem do satélite <i>World View 3</i> , colorido, com 70cm de resolução, mostrando a área urbana de Santo Antônio das Missões - RS (Fonte: Engesat, 2017).....	57
Figura 17: Imagem do satélite <i>World View 3</i> , colorido, com 30cm de resolução, mostrando a área urbana de Santo Antônio das Missões - RS (Fonte: Engesat, 2017).....	57
Figura 18: Imagem mostrando trecho da ferrovia transnordestina (Fonte: TCU).....	59
Figura 19: Imagem mostrando trecho da BR-381-MG (Fonte: TCU).....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Processos com utilização de imagens de satélites pelo TCU.....	40
Tabela 2: Listagem dos 39 processos que trataram de obras.....	42
Tabela 3: Classificação dos processos que tiveram a utilização de imagens de satélites pelo TCU.....	44
Tabela 4: Estimativa do custo de um auditor em uma fiscalização com visita in loco...	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AME	Análise Multicritério Espacial
CEF	Caixa Econômica Federal
CNT	Confederação Nacional do Transporte
COINFRA	Coordenação-Geral de Controle Externo da Área de Infraestrutura
CREA-PR	Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Estado do Paraná
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EC	Emenda Constitucional
EFS	Entidades Fiscalizadoras Superiores
FISCOBRAS	Sistema de Fiscalização de Obras Públicas
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
GIZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>
IGP	Indícios de irregularidades graves com recomendação de paralização
INC/PF	Instituto Nacional de Criminalística da Polícia Federal
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INTOSAI	Organização Internacional de Entidades Fiscalizadoras Superiores
ISSAI	Normas Internacionais das Entidades Fiscalizadoras Superiores
LOA	Lei Orçamentária Anual
MP	Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão
MPF	Ministério Público Federal
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
OLACEFS	Organização Latino Americana e do Caribe de Entidades Fiscalizadoras Superiores
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PIB	Produto Interno Bruto
SECOB	Secretaria de Fiscalização de Obras e Patrimônio da União
SENAT	Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte
SEST	Serviço Social do Transporte
SIOB	Serviço de Informação sobre Fiscalização de Obras
TCDF	Tribunal de Contas do Distrito Federal
TCE-ES	Tribunal de Contas do Estado do Espírito Santo
TCE-GO	Tribunal de Contas do Estado de Goiás
TCE-MG	Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais
TCE-MT	Tribunal de Contas do Estado de Mato Grosso
TCE-PB	Tribunal de Contas do Estado da Paraíba
TCE-PI	Tribunal de Contas do Estado do Piauí
TCE-PR	Tribunal de Contas do Estado do Paraná
TCE-RJ	Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro
TCE-RO	Tribunal de Contas do Estado de Rondônia
TCEs	Tribunais de Contas Estaduais
TCU	Tribunal de Contas da União

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	v
AGRADECIMENTOS.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivos Específicos.....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1 Infraestrutura de Transporte.....	15
3.2 Fiscalização de Obras.....	18
3.3 Utilização de imagens de satélites em fiscalizações.....	22
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5.1 Utilização de imagens de satélites nos processos no Tribunal de Contas da União.....	34
5.2 Utilização de imagens de satélites nos processos no Tribunal de Contas da União referentes a obras.....	39
5.3 Opções de contratação para aquisição de imagens.....	56
5.4 Avaliação do custo de visita <i>in loco</i>.....	61
5.5 Comparação do custo de aquisição de imagens de satélite com o custo de visita <i>in loco</i>.....	62
5.6 Projetos em andamento no TCU relativos a imagens de satélites.....	63
5.7 Oferta de cursos na área de análise de imagens de satélite.....	65
5.8 Limitações na utilização de imagens de satélites.....	65
6. CONCLUSÃO.....	66
7. REFERÊNCIAS.....	68

1. INTRODUÇÃO

Estradas com boa qualidade geram benefícios econômicos e sociais ao diminuir os custos de transporte, reduzir as perdas financeiras, além é claro das perdas humanas relacionadas aos acidentes (BARTHOLOMEU; FILHO, 2008). Este estudo ainda indica a existência de benefícios econômicos e ambientais para as estradas em melhor estado de conservação.

Apesar dos benefícios, dados comprovam que o aumento na quantidade de veículos não foi acompanhado pelo aumento na malha rodoviária pavimentada. Estudo indica ainda que a qualidade das rodovias brasileiras compromete a qualidade do transporte (CNT; SEST; SENAT, 2017).

A qualidade nas estradas é essencial como uma alternativa logística para o escoamento dos produtos agrícolas. O Brasil tem enfrentado problemas devido ao alto custo do transporte terrestre e à deficiência de seus portos. Outras possíveis alternativas são o estímulo ao investimento em outros modais tais como o aquaviário, ferroviário e marítimo como forma de reduzir os custos de transporte (ALMEIDA; SELEME; NETO, 2013).

Uma infraestrutura precária compromete a expansão econômica de um país. Devido a isso, os investimentos em obras públicas são essenciais para as nações, pois a infraestrutura é fundamental para o desenvolvimento econômico. A execução de obras públicas impulsiona a economia dos países com impacto positivo na diminuição da pobreza e na melhoria da qualidade de vida da população.

Os órgãos executores e os órgãos de controle têm papel importante nesse processo para que se tenha uma boa qualidade das obras entregues em benefício da sociedade.

Entretanto, com a publicação da Emenda Constitucional 95 (BRASIL, 2016a), que instituiu o teto de gastos da administração pública federal para os próximos vinte anos, os órgãos governamentais podem sofrer uma redução significativa no quadro de servidores devido a dificuldade na recomposição do quadro de pessoal.

Com essa redução, é imprescindível que os órgãos busquem formas alternativas e mais eficientes na realização dos trabalhos. Com isso, faz-se necessário o uso de técnicas de auditorias mais eficientes, eficazes e que possam chegar a resultados confiáveis em um menor espaço de tempo.

Novas tecnologias devem ser avaliadas e testadas. A utilização de imagens de satélites na seleção e no planejamento da execução de ações de controle vem ao encontro dessa necessidade.

A utilização 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: rodovias, ferrovias, portos, rios, canais. Outras auditorias, como as ligadas ao meio ambiente, a exemplo das referentes ao desmatamento, a queimadas, ao licenciamento ambiental, ao manejo do solo e ao plantio de culturas também poderão ser executadas.

O Tribunal de Contas da União (TCU) gasta vultuosos recursos do seu orçamento em viagens para verificação *in loco* de diversos empreendimentos que, dependendo da análise a ser realizada, toda ou grande parte da verificação poderia ser feita remotamente. Uma possível solução para reduzir o gasto em determinadas auditorias pode ocorrer com a utilização de imagens de satélites.

Ao longo dos últimos anos, o sensoriamento remoto tem sido amplamente utilizado e está cada vez mais se consolidando em estudos para implantação de rodovias. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) já utiliza imagens de satélites na caracterização topográfica de algumas estradas no Brasil (DNIT, 2014). Com a aquisição de imagens de satélites de alta resolução é possível ainda que sejam gerados modelos digitais do terreno, apoiando, desta forma, estudos de viabilidade técnica econômica e ambiental (EVTEA), anteprojetos, projetos básicos e executivos (DNIT, 2015).

A facilidade na utilização de imagens de satélites pode mudar o planejamento das auditorias, de modo que atividades que exijam um acompanhamento mais tempestivo ou que demandem um acompanhamento frequente do órgão fiscalizador possam ser realizadas de forma mais corriqueira e, eventualmente, até com a obtenção de dados mais precisos e confiáveis.

Diversos estudos indicam que já é possível a classificação automática de rodovias via imagens de satélites (MIRNALINEE; DAS; VARGHESE, 2011) (SINGH; GARG, 2013) (KUMAR et al., 2014). Softwares são utilizados para identificar o traçado da rodovia, podendo ainda fazer um inventário de toda infraestrutura, utilizando imagens de satélites de alta resolução (SOKOLOVA; MORRISON; HAAKONSEN, 2015).

No Brasil, enquanto alguns órgãos governamentais já utilizam imagens de satélites nos seus programas e atividades (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2016),

no TCU ainda não existe nenhum estudo publicado ou normativo interno que trate desse assunto.

Outro ponto que merece ser destacado é o aumento da expectativa de controle do auditado na medida em que fiscalizações podem ser realizadas remotamente e, ainda, podem ser coletadas imagens referentes a datas anteriores ao início da fiscalização o que pode trazer evidências relevantes ao controle externo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Levantar potencialidades e limitações da utilização das imagens de satélites em auditorias de obras.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Levantar os casos em que houve a utilização de imagens de satélites nos processos no Tribunal de Contas da União;
- b) Avaliar a utilização de imagens nos processos selecionados referentes a obras;
- c) Levantar as opções de contratação para aquisição de imagens, considerando os custos envolvidos;
- d) Estimar o custo médio por servidor para o TCU nas fiscalizações realizadas *in loco*.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Infraestrutura de Transporte

O Brasil precisa melhorar a infraestrutura de transporte para aprimorar a competitividade nacional frente a outros países e reduzir os custos logísticos. Vários setores necessitam da rede rodoviária de transporte no país e sua condição impacta diretamente nos bens e serviços oferecidos à população. Assim, agricultores, comerciantes e empresários, bem como o Estado, necessitam de um complexo rodoviário com condições para o transporte de cargas.

Para os agricultores, além de terem que lutar contra intempéries e pragas, sofrem com os elevados custos de transporte dos grãos. Em algumas situações, torna-se

simplesmente inviável o comércio de determinados produtos em função das condições das rodovias, bem como das distâncias entre os municípios brasileiros (LOPES, 2016).

A agropecuária, no Brasil, também merece destaque na economia nacional. Ela representa cerca de 21% do Produto Interno Bruto (PIB) e 43% do total das exportações do país. O setor investe em tecnologia e inovação de forma a aumentar sua produtividade. Contudo, o setor agropecuário tem o seu crescimento limitado devido às condições inadequadas da infraestrutura logística do país. Ainda, o elevado custo de transporte para exportação tem refletido na redução de competitividade dos produtos perante o mercado internacional (LOPES, 2015)

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).

Apesar da priorização da malha rodoviária no Brasil em detrimento de outros modais (ferrovia, hidrovia), a densidade da malha rodoviária pode ser considerada acanhada frente a outros países com dimensões territoriais semelhantes. São aproximadamente 25 km de rodovias pavimentadas para cada 1.000 km² de área. Nos Estados Unidos são 438,1 km por 1.000 km² de área. Na China, 359,9 km e na Rússia, 54,3 km. Ainda, as rodovias pavimentadas no Brasil correspondem a apenas 12,3% do total da extensão rodoviária nacional (CNT; SEST; SENAT, 2017).

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 2017) que reúne diversas informações concernentes a 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, 2017).

Em 2017, a Pesquisa CNT de Rodovias analisou aproximadamente 106.000 km de rodovias federais e estaduais em todo o país, o que correspondeu a um incremento de cerca de 2.500 km em relação a pesquisa do ano anterior. Novamente, a pesquisa mostrou

uma situação deficitária da infraestrutura rodoviária. Em relação ao total analisado, 61,8% apresentou alguma deficiência (33,6% regular; 20,1% ruim; 8,1 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, 2017).

A pesquisa mostrou que 50,0% dos trechos avaliados receberam classificação regular (34,0%), ruim (13,2%) ou péssimo (2,8%) no que se refere à qualidade do pavimento. A variável mais importante dessa característica é justamente a condição da superfície do pavimento e do acostamento, essencial para, por exemplo, reduzir o risco de acidentes e prolongar a durabilidade dos componentes dos veículos automotores (CNT; SEST; SENAT, 2017).

Outro item avaliado na Pesquisa CNT de Rodovias 2017 foi a sinalização. Uma das funções da sinalização é justamente indicar a circulação correta e segura aos usuários, de forma a garantir as condições adequadas de segurança na via. No que se refere à sinalização, 59,2% das rodovias pesquisadas apresentaram problemas, sendo classificadas da seguinte forma: regular (31,9%), ruim (14,1%) ou péssimo (13,2%) (CNT; SEST; SENAT, 2017).

O último ponto avaliado pela pesquisa foi o que trata da geometria da via. A geometria da via é composta por diversas variáveis como por exemplo: perfil da rodovia (função do relevo do terreno), presença de faixas de tráfego adicionais, curvas acentuadas e acostamento. A maior parte dos problemas neste tópico é oriunda de projetos inadequados que aumentam a ocorrência de acidentes, reduzem a capacidade de tráfego das rodovias e, como consequência, aumentam os custos operacionais. Grande parte das rodovias no Brasil foi construída na década de 1970 e as inadequações referentes à geometria da via corresponderam a um percentual de 77,9% do total do pavimento avaliado. Merece destaque que cerca de 31% do total avaliado foi classificado como péssimo, onde foram identificados longos trechos sem acostamento ou com curva perigosas sem dispositivos de proteção (CNT; SEST; SENAT, 2017).

Não obstante o modal rodoviário ser o principal modo de transporte de passageiros e cargas do país, sendo responsável por cerca de 60% do total de cargas transportadas (CNT, 2017a), 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 (CNT, 2017b).

Além disso, a expansão da malha rodoviária pavimentada também não acompanha o ritmo de crescimento da frota de veículos. Nos últimos dez anos (de julho de 2007 a junho de 2017), a frota cresceu 102,4%, enquanto a extensão das rodovias federais cresceu somente 11,3%. Além desses problemas, grande parte dos trechos que têm pavimento não está em bom estado. Com isso, o Brasil ocupa a 103ª posição no ranking de competitividade global do Fórum Econômico Mundial, no quesito qualidade da infraestrutura rodoviária. O ranking divulgado em setembro de 2017 analisou 137 países. Na América do Sul, os países com melhor avaliação são Chile (24ª), Equador (29ª) Uruguai (95ª) e Argentina (96ª) (CNT; SEST; SENAT, 2017).

3.2 Fiscalização de Obras

Obras são necessárias para melhoria do desempenho do Brasil na competitividade internacional e na redução dos custos de transporte. Bartolomeu e Filho (2008) apresentaram estudo que trata dos impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras. Os resultados do estudo indicaram a existência de benefícios econômicos e ambientais para as estradas em melhores condições de rodagem.

No caso dos benefícios econômicos, houve uma redução no consumo de combustível assim como no gasto com a manutenção dos veículos. Com relação aos benefícios ambientais, percebeu-se uma queda nas emissões de CO₂ (BARTHOLOMEU; FILHO, 2008).

Atualmente, o Governo Federal gasta bilhões de reais anualmente em obras por todo o país (CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO, 2017). Antônio Jorge Leitão afirma em seu livro “Obras Públicas: artimanhas & conluios” que uma obra pública pode ser considerada como sendo toda obra com a finalidade precípua de atender as necessidades dos cidadãos, em busca do interesse público, executada direta ou indiretamente pelo Estado, neste último caso através da contratação de empresas privadas. Ou seja, pode ser considerada qualquer intervenção espacial, urbana ou rural, executada pelo Poder Público. Podem caracterizar-se como obra pública: edifícios, obras de saneamento, hospitais, escolas, aeroportos e estradas. Toda obra pública deve, ainda, perseguir o princípio da impessoalidade. Esse princípio representa a igualdade de tratamento que a Administração deve apresentar aos administrados em idêntica situação jurídica. Por esse princípio, a Administração Pública deve perseguir apenas o interesse público, não o privado (LEITÃO, 2013).

Aland de Oliveira Lopes (2011) narra em seu livro *Superfaturamento de Obras Públicas*, os primeiros casos de corrupção no Brasil. Esses primeiros casos teriam ocorrido na construção de diversas obras públicas na cidade de Salvador, primeira capital do Brasil, entre os anos de 1543 a 1551. Os desvios teriam iniciado no percentual de 10%, mas teriam chegado a impressionantes 300% de superfaturamento. Independentemente da exatidão dos números, ressalta-se o registro da ocorrência de práticas fraudulentas em quase 5 séculos de história. Diante disso, pode-se afirmar que o uso de obras para as práticas de corrupção tem ocorrido por um longo período (LOPES, 2011).

O Tribunal de Contas da União tem a função constitucional de zelar pelo correto gasto dos recursos públicos. Quando se discute obras públicas, talvez o Sistema de Fiscalização de Obras Públicas (Fiscobras) seja o melhor exemplo a ser lembrado justamente por sistematizar as fiscalizações da espécie realizadas pelo TCU e demandadas pelo Congresso Nacional (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2016).

O primeiro Fiscobras ocorreu em 1997. Naquela época, para a realização dos procedimentos de auditoria, foi utilizado formulário eletrônico para coleta e armazenagem dos dados, que foram obtidos nas 96 fiscalizações realizadas. A planilha eletrônica juntamente com um roteiro de auditoria foi gravada em disquete e enviada por meio de malote às unidades técnicas do TCU localizadas nos estados e que teriam obras fiscalizadas. Também foi previsto o registro fotográfico de cada obra fiscalizada (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2016).

A partir do Sistema de Fiscalização de Obras Públicas, a identificação de diversos problemas começou a ser sistematicamente verificada pelo TCU com um impulso dado a partir da auditoria na obra do Tribunal Regional do Trabalho da 2ª Região (São Paulo), ocorrida em 1999, com grande repercussão na mídia. Diversas irregularidades foram encontradas em um trabalho conjunto entre o TCU, CEF, MPF e o Instituto Nacional de Criminalística da Polícia Federal, o que resultou em um valor calculado à época em R\$ 169 milhões (MIRANDA; MATOS, 2015).

Em 2001, com a publicação da Portaria Segecex nº 2, foi criada a Secretaria de Fiscalização de Obras e Patrimônio da União (Secob) com o intuito de aprimorar o acompanhamento das obras públicas no país pelo TCU. Essa Secretaria tinha a incumbência de auditar todos os tipos de obras pelo país. Desde de sua criação, muitas melhorias relacionadas às formas de atuação ou ao desenvolvimento de sistemas foram incorporadas ao setor. Em 2009, houve a criação do Serviço de Informação sobre Fiscalização de Obras (Siob) com a função de gerenciar as informações sobre as

fiscalizações e os processos dos empreendimentos públicos auditados (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2016).

Com o passar dos anos, e a necessidade cada vez mais latente de acompanhamento das obras públicas, foram criadas outras secretarias de obras, cada vez mais especializadas nas temáticas próprias de obras (rodovias, ferrovias, portos, aeroportos, telecomunicações, energia elétrica entre outros). De forma a manter esse constante aprimoramento na estrutura organizacional do TCU, vislumbrou-se a necessidade de criação de uma unidade que pudesse avaliar de forma mais geral os objetos auditados e promover um acompanhamento mais sistêmico dos empreendimentos. Com isso foi criada a Coordenação-Geral de Controle Externo da Área de Infraestrutura (Coinfra) (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2016).

A Figura 1 representa um histórico da atuação do TCU na fiscalização de obras públicas. Observa-se que houve redução em vários indicadores com o passar dos anos: no número de fiscalizações, na quantidade de obras com indícios de irregularidades graves com recomendação de paralização (IGP) e no número de obras com indícios de irregularidades que justifiquem a paralisação preventiva da execução física, financeira e orçamentária desses empreendimentos (quadro-bloqueio da LOA) (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2016).

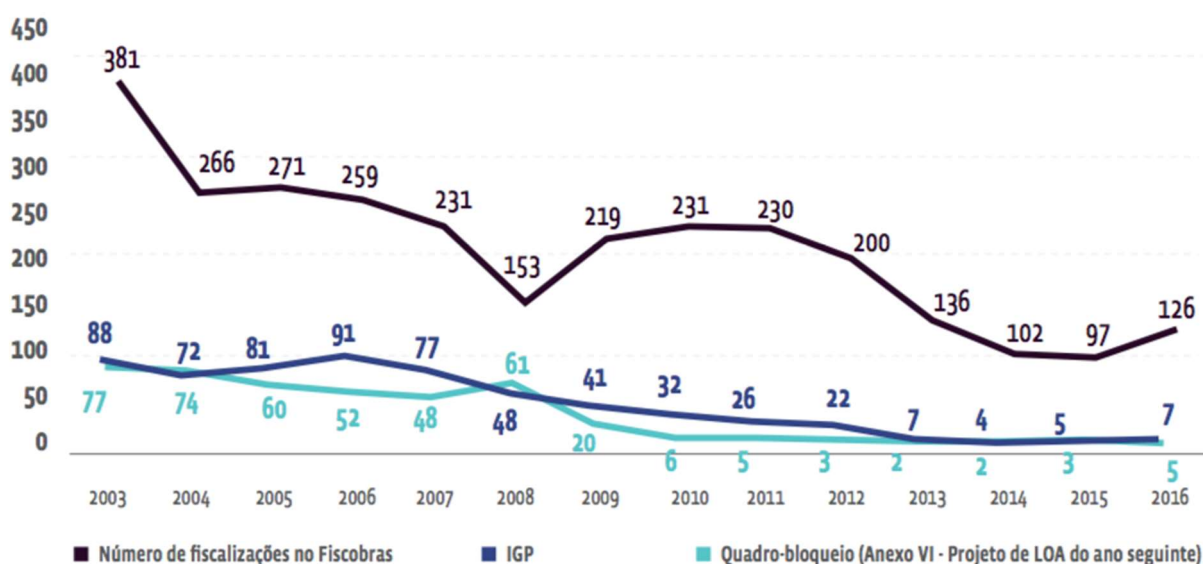


Figura 1: Histórico de fiscalizações x IGP x obras no quadro-bloqueio do Projeto de LOA do ano subsequente (2003 a 2016). Fonte: TCU.

Notas: IGP: quantidade de obras com indícios de irregularidades graves com recomendação de paralização

Quadro-bloqueio: número de obras com indícios de irregularidades que justifiquem a paralisação preventiva da execução física, financeira e orçamentária

Em relação aos benefícios financeiros, quando se refere ao Fiscobras, entre os anos de 2010 a 2015, foram estimados valores significativos na ordem de R\$ 12 bilhões. Desse total, cerca de R\$ 2,25 bilhões são considerados benefícios efetivos (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2016). Os benefícios efetivos são aqueles decorrentes do cumprimento de deliberação ou que são antecipados no âmbito administrativo em razão de processo em andamento no TCU (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2012).

A redução na quantidade de obras com IGP pode ser atribuída sobretudo a uma mudança na atuação do TCU que passou a ocorrer em momentos anteriores à implantação do empreendimento, ou seja, antes da contratação dos serviços. Também pode ter contribuído para isso, algumas alterações na definição do significado do termo IGP que passou a ser mais restritiva ao longo do tempo por meio de alterações na Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2017a).

Um exemplo que demonstra as cifras envolvidas nas auditorias relaciona-se ao Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal no ano de 2014 no qual foram empenhados R\$ 54 bilhões. Nesse mesmo ano, o Tribunal de Contas da União realizou 102 auditorias de obras públicas com dotações orçamentárias de R\$ 12,38 bilhões, das quais 56,9% foram encontradas irregularidades graves, 38,2% outras impropriedades e apenas 4,9% não tiveram ressalvas. As áreas de maior ocorrência dessas irregularidades foram: execução de obra (41,2%), projeto básico ou executivo (34,3%) e fiscalização de obra (20,6%) (MIRANDA; MATOS, 2015).

Não é difícil perceber a importância que tem o controle externo na fiscalização do gasto público no país. É imprescindível a fiscalização da correta aplicação desses recursos. Contudo, o TCU assim como toda administração pública federal, está sujeito a medidas de contenção de gastos que foram aprovadas em 2016 pelo Congresso Nacional. Com a intenção de conter o aumento da relação dívida/PIB e diminuir a instabilidade gerada na economia do Brasil pela deterioração das contas públicas, o Congresso Nacional aprovou a Emenda Constitucional (EC) 95 em dezembro de 2016 que instituiu o Novo Regime Fiscal, o qual impõe limites individualizados para as despesas primárias o qual terá vigor por até vinte anos (SARAIVA et al., 2017).

Com a publicação da Emenda Constitucional 95/2016, surgiu a necessidade de ajustes e de redução de despesas no orçamento do Tribunal. Nesse sentido, o TCU promoveu um levantamento das oportunidades de terceirização das atividades desempenhadas pelas unidades que lhe são subordinadas. Ainda, para cumprir a meta do

teto de gastos, o TCU poderá sofrer uma redução da quantidade de servidores em até 40% até 2026 devido a aposentadoria com a ausência de reposição do quadro funcional imposta pelo normativo constitucional pela impossibilidade de aumento nas despesas (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2017b).

Com isso, formas mais eficazes de auditoria dos gastos públicos serão cada vez mais necessárias. Para isso, o Tribunal de Contas da União poderá fomentar inovações com o intuito de tornar as auditorias mais eficientes. As Normas Internacionais das Entidades Fiscalizadoras Superiores (ISSAI) emitidas pela Organização Internacional de Entidades Fiscalizadoras Superiores também incentiva a busca pela eficiência e inovação. A ISSAI 3100, por exemplo, sugere que o auditor seja criativo e engenhoso no seu trabalho de forma a identificar oportunidades de desenvolver abordagens de auditoria inovadoras. A mesma norma internacional sugere que as Entidades Fiscalizadoras Superiores (EFS) procurem promover formas de trabalho sustentáveis, baseados na internet e de baixo custo. Uma possibilidade de ganho em escala e eficiência nas fiscalizações pode ser pela utilização das imagens de satélites (INTOSAI, 2010).

3.3 Utilização de imagens de satélites em fiscalizações

Primeiramente é importante descrever como foi a evolução da fotogrametria ao longo do tempo. A história da fotogrametria teve início com a fotogrametria terrestre antes mesmo das primeiras versões aéreas que contaram com a utilização de balões, pombos e pipas e que, posteriormente, foram substituídos pelos aviões (SILVA, 2015).

A fotogrametria é a ciência ou tecnologia de se obter informações seguras sobre objetos físicos e do meio ambiente, através de processo de registro, medição e interpretação das imagens fotográficas. A Aerofotogrametria refere-se às operações realizadas com fotografias da superfície terrestre, obtidas por uma câmera de precisão com o eixo ótico do sistema de lentes mais próximo da vertical e montada em uma aeronave preparada especialmente. A técnica aerofotogramétrica é utilizada nas atividades de mapeamento para a cartografia, no planejamento e desenvolvimento urbano, nas engenharias civil, agrônoma e florestal entre outras (FONTES, 2005).

A fotogrametria também pode ser definida como sendo arte, ciência e tecnologia de obter informações de confiança sobre objetos assim como do meio ambiente com a utilização de processos de registro, medições e interpretações das imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética registrados. A fotogrametria pode ser usada ainda nos

estudos e nas explorações do espaço. Algumas situações como a presença de furacões e outros fenômenos da natureza que se encontram em qualquer ponto da Terra podem ser observados e estudados. O intervalo de tempo de exposições feitas na câmara fotográfica transportada pelo avião é ajustado de tal maneira que cada ponto da superfície da Terra é fotografado mais de uma vez de diferentes posições (TEMBA, 2000).

As primeiras imagens aéreas da superfície terrestre datam do final dos anos 1850 onde um balão foi utilizado para registrar a superfície de uma pequena vila próxima a capital francesa. No ano seguinte, já haviam registros de fotografias aéreas, também realizados a partir de um balão a uma altura de 400 metros, da cidade de Boston nos Estados Unidos (LIU, 2006).

Em 1855, Gaspard Felix Tournachon (1820-1910), conhecido como Nadar, patenteou o uso de fotografias aéreas para mapeamento. Em 1858 usando um balão a 80 metros de altura foram obtidas as primeiras imagens aéreas inclinadas de uma cidade próxima a Paris, França, como apresentado na imagem a seguir. (SILVA, 2015).

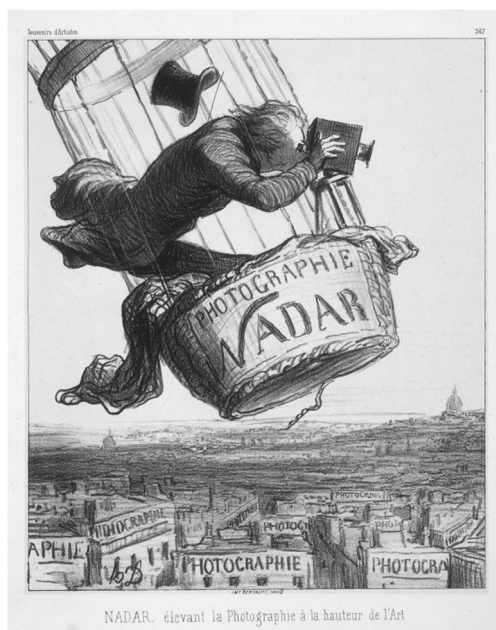


Figura 2: Caricatura de Nadar tirando fotografias aéreas publicada em Le Boulevard em 25 de maio de 1863. Fonte: (SILVA, 2015).

Os levantamentos aéreos se espalharam por toda Europa e América do Norte e tiveram um elevado impulso ocasionado pela 1ª Guerra Mundial. Em 1930, a fotogrametria aérea passou a ser usada com mais frequência e em 1934 foi fundada a Sociedade Americana de Fotogrametria (*American Society of Photogrammetry*). A partir de então a aerofotogrametria se consolidou como método ideal para mapeamento de

grandes áreas que, ao passar dos anos, foi incorporando o avanço tecnológico das câmeras, filmes, aeronaves além do avanço referente aos recursos computacionais (SILVA, 2015).

Mas foi durante Primeira e Segunda Guerra Mundial que surgiram as primeiras fotografias aéreas históricas. Elas eram utilizadas basicamente para a realização de levantamento dos recursos naturais e para elaboração de mapas cartográficos (LIU, 2006).

A demanda por informações para auxiliar na tomada de decisões tropeça na desatualização dos sistemas e dados disponíveis relativas ao uso e ocupação do solo. Conclui-se que a situação é crítica no Brasil quando se trata de mapas e base de dados cartográficos, ao se constatar que, apesar da demanda existente referente as obras de infraestrutura, não existe uma política sistemática de investimentos públicos em geoinformação (ROCHA et al., 2001).

No Brasil, menos de 3% do território foi mapeado nas décadas de 1960 a 1980. Na América Latina, 72% dos municípios não possuem mapas de seus territórios em meio digital ou papel. Em contrapartida, nos Estados Unidos da América, a cada 5 (cinco) anos são realizados levantamentos aéreos. Na Alemanha, o padrão é a atualização das novas edificações anualmente. No restante da Europa, as diferentes esferas governamentais devem informar aos órgãos responsáveis pelo gerenciamento das imagens e mapeamento das regiões as alterações no que se refere a edificações, ferrovias, rodovias, canais, pontes, linhas de alta tensão entre outros (ROCHA et al., 2001).

Algumas cidades no Brasil, como é o caso de Curitiba, utilizam levantamentos aerofotogramétricos na administração municipal como forma de verificar alterações de áreas construídas com o intuito de aumentar a arrecadação municipal (ROCHA et al., 2001).

A partir da década de 1960 começaram a surgir outros tipos de imagens da superfície da Terra. Só que ao invés de aviões eram os satélites os responsáveis por mais esse avanço tecnológico ao captar fotos diretamente da órbita terrestre. A história do sensoriamento remoto via satélite pode ser dividida em duas etapas em que a segunda se inicia com o lançamento do primeiro satélite pelos russos em 4 de outubro de 1957 conhecido como Sputnik I (LIU, 2006).

Com o rápido avanço das tecnologias, os Estados Unidos lançaram em 31 de janeiro de 1958 o segundo satélite chamado Explorer 1. No mesmo ano, em 1 de outubro de 1958 foi criada a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) (LIU, 2006).

Desde então, acirrou-se a corrida espacial entre as duas superpotências mundiais o que levou ao lançamento de milhares de satélites. Atualmente existem quase 3.000 satélites em funcionamento em órbita na terra com as mais diversas funcionalidades. Muitos são colocados em órbita para substituir os antigos que tem uma vida útil de cerca de 10 anos (VERSIGNASSI, 2011)

As primeiras aplicações de imagens de satélites ficou restrita aos estudos referentes ao clima, agricultura, mineração, controle de queimadas, monitoramento de florestas, ou seja, aplicações que levam em consideração grandes áreas devido à baixa resolução das imagens (ROCHA et al., 2001).

A partir dos anos 1970, com a melhoria da qualidade das imagens dos satélites, observou-se um aumento no uso dessas imagens nas mais diversas atividades. A melhor resolução espacial, ou menor elemento visível do terreno era de cerca de 80 metros. Já nos anos 1980, a resolução espacial dos sensores chegou aos 10 metros o que levou a um aumento considerável da capacidade de identificação dos elementos da imagem, fazendo com que fosse possível sua utilização em sistemas viários por exemplo. Nos anos 1990 foram lançados satélites com sensores de alta resolução, como o Ikonos II lançado em 1999, que permite uma resolução de 4 metros colorido ou 1 metro em preto-e-branco. A partir dos anos 2000, empresas americanas prometeram impressionantes marcas de resoluções espaciais de até 0,60 cm (ROCHA et al., 2001).

O que os profissionais da área começavam a se perguntar com grande frequência é o que aconteceria com a aerofotogrametria com o surgimento das imagens de alta resolução. A tendência era a de que as imagens orbitais ganhassem cada vez mais nitidez de forma que ficassem tão boa quanto a de uma foto aérea. Contudo, problemas como perda de imagens em função das nuvens, por exemplo, não acontecem com aerolevantamentos, uma vez que são capturadas este tipo de imagens somente quando o céu está limpo e no horário mais indicado (PEREIRA, 2000).

Para a maioria dos técnicos do setor, as imagens de alta resolução não são compatíveis com as necessidades de um mapeamento básico inicial, que exibem resolução da ordem de 0,25 metro, mas podem ser utilizadas na atualização das bases cadastrais já elaboradas. Isto reduziria o trabalho de restituição aerofotogramétrica, uma vez que as imagens de alta resolução seriam utilizadas como pano de fundo para as bases cadastrais e seriam restituídas apenas os elementos indispensáveis para a base de dados da região ou para a aplicação que se destinam (FILHO, 2000).

Os satélites são supermáquinas que possuem lentes em diversos comprimentos de onda eletromagnética e podem observar cada canto do planeta. Eles podem informar de maneira rápida e precisa o que está acontecendo no planeta Terra a uma altitude de aproximada de 800 quilômetros e a uma velocidade que faz com que em cerca de 100 minutos possam circular todo o globo terrestre. As lentes especiais presentes nos satélites são compostas por um conjunto de sensores que recebem diversas faixas de energia da onda eletromagnética que se originam da radiação solar refletida e emitida pelos objetos que estão na superfície da Terra. O conhecimento dessa energia eletromagnética, suas propriedades de propagação e interações com os objetos na superfície são essenciais para que os satélites possam identificar com nitidez os objetos presentes na superfície do nosso planeta (LIU, 2006).

Os sensores de satélite captam as energias eletromagnéticas da superfície do planeta sem contato com ela. O sensoriamento remoto é justamente uma técnica de aquisição e de aplicações de informações sobre um objeto sem nenhum contato físico com ele. A informação é adquirida pela detecção e medição das mudanças que o objeto impõe ao campo na sua redondeza. Esse sinal pode incluir um campo eletromagnético emitido e/ou refletido, ondas acústicas refletidas e/ou perturbadas pelo objeto ou as perturbações do campo de gravidade ou potencial magnético com a presença do objeto. Geralmente a aquisição de informações é baseada na captação dos sinais eletromagnéticos que cobrem o espectro inteiro das ondas eletromagnéticas desde a onda longa de rádio, passando pela micro-ondas, submilímetro, infravermelho, infravermelho próximo, visível, ultravioleta, raios x até raios gama (LIU, 2006).

Desde a década de 1960, a extração de feições em imagens satélite vem sendo alvo de estudos. Recentemente, a pesquisa com dados de varredura a laser vem se intensificando devido ao amadurecimento do sistema que integra sensor laser com o GPS (Global Position System) e o IMU (*Inertial Measurement Unit*). Aluir Porfírio Dal Poz cita em seu artigo “Extração de feições rodoviárias em imagens digitais: metodologias Desenvolvidas pelo GP-F&VC” que foram realizadas pesquisas comparando as formas automática e semiautomática para delinear o traçado de rodovias. Até o momento da publicação do estudo em 2005, concluiu-se que ainda não havia chegado a soluções que pudessem eliminar a participação humana nos procedimentos de traçado de rodovias. A tendência do grupo de estudo era de direcionar as pesquisas para extração da malha viária em ambiente urbanos, com a combinação de vários sensores, incluindo provenientes de varredura a laser e imagens multiespectrais, aéreas e de satélite (POZ, 2005).

Outro estudo (ISHIBASHI; POZ, 2009) demonstrou a possibilidade de utilização das imagens de satélites para análise (às vezes automática) de traçado de rodovias. Neste trabalho é apresentada uma metodologia para a extração automática de segmentos de rodovia em imagens de diferentes resoluções (baixa, média e alta resolução). O trabalho apresenta as características básicas do detector de linhas baseado em bordas paralelas, bem como os métodos utilizados para a seleção automática dos limiares de histerese e dos fatores de escalas para detecção de rodovias com precisão sub-píxel (ISHIBASHI; POZ, 2009).

Esse mesmo estudo concluiu que os experimentos realizados com imagens de diferentes resoluções, apresentam desempenho satisfatório, comprovado pelos parâmetros médios de completeza igual a 90% e de correção igual a 96%. Estes valores foram afetados principalmente por regiões contendo anomalias, tais como: sombras, oclusões (árvores, automóveis etc.), estradas rurais e regiões de cruzamentos. Regiões como estas acarretam irregularidades no processo de extração, tais como, descontinuidades, deslocamentos e extração de falsos positivos/negativos que prejudicam a qualidade de extração (ISHIBASHI; POZ, 2009).

A metodologia proposta provou então ser eficiente na extração de segmentos de rodovias em cenas rurais, proporcionando resultados satisfatórios de maneira inteiramente automática. Os resultados obtidos poderão ser tratados por metodologias automáticas de complementação, que buscam reconstruir, através da análise topológica, as falhas nas conexões e nos cruzamentos dos segmentos de rodovias extraídos (ISHIBASHI; POZ, 2009).

Em outro estudo (GALLIS et al., 2006) foi proposta uma metodologia de extração semiautomática de rodovias em um par de imagens aéreas digitais utilizando programação dinâmica e geometria epipolar. Este processo é aplicado em ambas as imagens para extrair cada par de feições (rodovias), cabendo ao operador identificar as rodovias correspondentes e fornecer esparsos pontos sementes ao longo das mesmas. Após a extração de todos os pares de rodovias, o conceito de geometria epipolar é usado para a determinação automática de correspondência ponto a ponto entre cada par de feições correspondentes. Finalmente, a conhecida metodologia de intersecção fotogramétrica é utilizada para georreferenciar cada par de rodovias correspondentes. Experimentos foram realizados com imagens aéreas rurais, sendo que os resultados obtidos permitiram concluir que a metodologia é robusta e eficaz, mesmo em situações

que envolvem obstruções por sombras de árvores, edificações ou outras irregularidades (GALLIS et al., 2006).

Nesse mesmo estudo foi apresentada uma metodologia sequencial para extração de rodovias no espaço objeto a partir de um estéreopar (unidade características das aerofotos) de imagens digitais, utilizando programação dinâmica e uma metodologia para a determinação de correspondência ponto a ponto baseada em geometria epipolar. Através destas duas técnicas, mais a intersecção fotogramétrica, é possível a geração de coordenadas tridimensionais de pares homólogos de rodovias. Este método pode vir a ser utilizado na captura semiautomática de dados para atualização de SIGs. Nesta metodologia, é necessário que o operador realize a tarefa de reconhecimento da rodovia e identificação de alguns pontos sementes descrevendo grosseiramente a forma e a posição da rodovia no estéreopar de imagens digitais (GALLIS et al., 2006).

Outro estudo (POZ; GALLIS; SILVA, 2010) propõe um método para a extração 3D de rodovias a partir de um par estéreo de imagens aéreas. O algoritmo de programação dinâmica (PD) é usado para realizar o processo de otimização no espaço-objeto, em vez de realizá-lo no espaço-imagem como geralmente fazem as metodologias tradicionais baseadas em PD. Isto significa que os eixos de rodovia são diretamente traçados no espaço-objeto, implicando na necessidade de uma relação matemática para conectar os pontos de rodovia nos espaços-imagem e -objeto. Esta relação matemática possibilita a integração de informações radiométricas, presentes nas imagens, no modelo matemático de rodovia. Como o método depende de uma aproximação inicial de cada rodovia, é necessário fornecer alguns pontos sementes para descrevê-la grosseiramente. O método proposto geralmente obtém bons resultados, mas a presença de grandes anomalias ao longo da rodovia pode afetar seu desempenho. Portanto, o método pode ser usado em aplicação prática, embora é de se esperar algum tipo de edição local do eixo extraído da rodovia (POZ; GALLIS; SILVA, 2010).

De uma forma geral, os experimentos realizados com dois pares de imagem permitiram concluir que o método possui bom desempenho quando as rodovias possuem características geométricas e radiométricas assumidas pelo modelo de rodovia proposto ou, no caso da presença de anomalias, estas não são significativas em relação à largura da rodovia. Entretanto, quando as anomalias são significativamente maiores que a largura da rodovia, a qualidade do eixo de rodovia extraído pode não ser boa. Por último, as acurácias obtidas para as três classes de rodovia não foram significativamente

discrepantes entre si e possibilitaram concluir que o método permite geralmente obter resultados suficientemente acurados (POZ; GALLIS; SILVA, 2010).

Uma das definições mais utilizadas quando se trata de imagens de satélites é a que trata da assinatura espectral. Ela pode ser definida como a curva singular de energia no espectro eletromagnético que cada objeto possui. Portanto, a assinatura espectral do objeto pode ser utilizada para identificar os diversos objetos com as suas assinaturas espectrais próprias (LIU, 2006).

Diversos estudos no exterior indicam a possibilidade de classificação automática de rodovias via imagens de satélites. Segundo os estudos, as rodovias seriam identificadas automaticamente através de softwares que analisariam as imagens de satélites fornecidas. A assinatura espectral que cada objeto possui seria catalogada e, dessa forma, permitiria uma análise automática da rodovia através de um software.

Uma publicação internacional de engenharia propôs a utilização de imagens de satélites para análise do dano em rodovias após um terremoto (YAMAGUCHI; SAJI, 2012). O objetivo do trabalho foi analisar a segurança das estradas afetadas e, assim, informar aos usuários sobre os riscos do uso das rodovias durante os desastres. Indicaram que satélites podem ser utilizados para coletar informações de uma grande área em um curto período. Na mesma linha, outro estudo propôs uma análise de rodovia após terremoto usando softwares que estudam imagens de satélites de alta resolução (HAGHIGHATTALAB *et al.*, 2010).

Além disso, diversos são os estudos que evidenciaram a extração automática dos dados das rodovias com a utilização de imagens de satélites (MIRNALINEE; DAS; VARGHESE, 2011) (SINGH; GARG, 2013) (KUMAR *et al.*, 2014). Os métodos automáticos tentam evitar totalmente a intervenção humana durante o processo de extração. Softwares especialmente desenvolvidos para extração automática do traçado são utilizados para avaliar toda uma rodovia com a utilização de imagens de alta resolução (SOKOLOVA; MORRISON; HAAKONSEN, 2015).

Outro estudo publicado recentemente propõe a utilização de imagens de satélites para detectar a idade e deterioração das rodovias (NECSOIU *et al.*, 2017). Os resultados sugerem que as imagens podem ser úteis para indicar mudanças no tipo do pavimento além de danos, como rachaduras. A técnica pode ser utilizada também para avaliar a qualidade de uma rodovia que possui um tráfego elevado de caminhões, em que a inspeção direta é mais difícil.

Ainda, as imagens de determinado local podem ser analisadas em momentos diferentes de tal forma que seja possível a comparação do andamento de uma determinada obra em vários momentos, mesmo antes da data de início da auditoria (JÚNIOR; GUIMARÃES; GOMES, 2016).

Uma outra forma de utilização de imagens de satélites é conhecida como análise multicritério espacial. Ela é uma ferramenta de apoio a tomada de decisão voltada, principalmente aos gestores. Um exemplo em que pode ser utilizada esta ferramenta é na definição do traçado de uma rodovia considerando diversas variáveis como por exemplo: declividade do terreno, distância das jazidas, tipo de solo, distância dos centros consumidores etc. O traçado pode levar em consideração essas e quaisquer outras que o gestor considerar importante na definição do projeto (JÚNIOR; NÓBREGA; OLIVEIRA, 2016).

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 a 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. (JÚNIOR; GUIMARÃES; GOMES, 2016).

Nos últimos anos, tem se intensificado cada vez mais as pesquisas em sensoriamento remoto, principalmente direcionadas para a análise de grandes áreas. Exemplos de utilização frequente dessa ferramenta são encontrados no planejamento urbano, acompanhamento de plantios ou na avaliação das áreas de preservação ambiental. No entanto, quando o assunto é fiscalização de obras públicas, ainda são poucas as pesquisas que tratam de sensoriamento remoto (JÚNIOR; GUIMARÃES; GOMES, 2016).

Apesar disso, alguns tribunais de contas já iniciaram a utilização de ferramentas na área da geotecnologia. De 1996 a 2013 foram observadas melhorias no que se refere a padronização das ações nessa área, assim como na implantação de novos métodos e atuação mais integrada das instituições. Entre os anos de 2008 a 2013, as geotecnologias começaram a ser utilizadas com mais frequência pelos tribunais de contas (SOUZA, 2016).

Em uma análise dos sites dos 26 Tribunais de Contas Estaduais (TCEs), além do Tribunal de Contas do Distrito Federal (TCDF) e do Tribunal de Contas da União (TCU) entre os anos de 2013 e de 2014 foram realizadas avaliações dos seguintes parâmetros: o

tipo de ferramentas disponíveis, usuário de acesso aos sistemas, atualização e alimentação dos bancos de dados e se ainda há previsão de incremento das funcionalidades existentes (SOUZA, 2016).

Com relação ao uso de sistema de informações geográficas (SIG), identificou-se que o sistema desenvolvido em 2008 pelo TCE-MT, conhecido como Geo-Obras-MT, foi um dos primeiros implantados no país sendo utilizado como referência por diversos outros tribunais de contas estaduais (TCE-ES, TCE-MG, TCE-GO, TCE-PI, TCE-PB, TCE-RO, TCE-RJ, TCE-PR). Cada sistema nos diversos tribunais de contas estaduais tem sua peculiaridade. Alguns foram desenvolvidos mediante acordo de cooperação com outras entidades como é o caso do TCE-PR que trabalha com o CREA-PR para realização de trabalhos conjuntos ou o sistema do TCE-RJ que teve seu uso inicialmente restrito para o controle no âmbito da Olimpíada de 2016 realizada na cidade do Rio de Janeiro (SOUZA, 2016).

O sistema Geo-Obras do TCE-MG, por exemplo, tem a função primordial de fiscalizar as obras públicas no estado de Minas Gerais e em seus municípios. Com o intuito de melhorar a fiscalização do TCE, o sistema pretende também facilitar o trabalho do jurisdicionado além de aumentar o controle social sobre as obras públicas. As medições das contratações são informadas diretamente no sistema e alimentadas com fotografias e referências geográficas (TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2016).

O sistema foi concebido em três módulos: jurisdicionado, transparência e auditor. O primeiro deles é voltado para o jurisdicionado (por exemplo: município) que executa obra ou serviço de engenharia e que é o responsável pela alimentação no sistema as informações referentes ao andamento da execução das contratações. No módulo transparência, são fornecidas à sociedade as informações consideradas relevantes sobre as contratações de obras em todo o estado. Ainda há um espaço para o cidadão informar acerca de irregularidades na execução dos contratos. O módulo auditor destina-se para o uso dos auditores do TCE-MG no qual são realizadas análises e todas ações efetuadas pelo corpo técnico do tribunal referentes as contratações de obras ou serviços de engenharia (TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2016).

De todo modo, a maior parte dos tribunais de contas pesquisados não utiliza sistematicamente a tecnologia SIG. A pesquisa efetuada por Souza (2016), identificou que em 64,3% deles não existe suporte à fiscalização de obras públicas. De qualquer forma, a mesma pesquisa também efetuada nos sites dos tribunais de contas identificou

que 50% já utiliza ou está estudando a implementação de sistemas de informação geográfica. Assim como ocorre no TCE de Minas Gerais, a maior parte dos tribunais possui normativos que determinam aos jurisdicionados o envio periódico de dados sobre as obras em andamento. Esse é justamente um dos princípios de alimentação dos sistemas Geo-Obras utilizados por alguns TCEs. Isso representa um avanço importante na fiscalização de obras e recurso públicos (SOUZA, 2016).

Apesar da variedade de informações que podem constar nos sistemas de acompanhamento de obras, a maioria dos sistemas consultados ainda não estava em funcionamento de forma plena. Alguns problemas como ausência e desatualização de dados, apesar dos normativos tentarem coibir esta prática, foram constatados (SOUZA, 2016).

Ainda, Souza (2016) indica que, com relação a utilização e tratamento de imagens de satélites, não foram encontrados avanços que mereçam destaque. Normalmente os SIG utilizam imagens do Google Earth de tal forma que caberia aos tribunais intensificar o uso do sensoriamento remoto por meio de outras aplicações como análise multicritério espacial ou contratação de imagens de alta resolução por exemplo. O sensoriamento remoto por meio de satélites ainda possui uma utilização muito incipiente e muitas vezes experimental no acompanhamento das obras públicas. Ainda se faz necessário um aprimoramento metodológico antes de sua disseminação no controle externo (SOUZA, 2016).

Sem dúvida alguma, os SIG têm potencial para suporte a todas as fases de uma fiscalização de obras (planejamento, execução e relatório). Entretanto, não existem estudos acadêmicos na área que possam fornecer elementos com mais fundamentação científica que confirmem essa teoria (SOUZA, 2016).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo é do tipo exploratório e descritivo (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2006) que foi dividido em 4 etapas:

- 1) Revisão bibliográfica;
- 2) Seleção dos processos do TCU a serem avaliados;
- 3) Avaliação dos processos;
- 4) Cálculo dos custos de auditorias.

A revisão bibliográfica foi realizada utilizando as palavras “sensoriamento remoto” combinada com a palavra “obra”, além dos termos “fotogrametria” e “análise multicritério espacial”, em português, nas bases de dados da Capes e também no site Google Acadêmico. Também foi realizada pesquisa na biblioteca do TCU com os termos de pesquisa “obra rodoviária” e também com o termo “satélite”. Ainda, foi realizada pesquisa em inglês utilizando as palavras chave “road” e “satellite” no portal de periódicos da Capes/MEC. Foram ainda pesquisados os sites de alguns tribunais de contas estaduais (MG, RJ, PE, GO) de forma a tentar identificar quais são os trabalhos que estão sendo realizados pelos demais órgãos de controle com a utilização de imagens de satélites. A pesquisa foi realizada sem restrição de datas.

Na segunda etapa, para a seleção dos processos, foi realizada pesquisa com a ferramenta Pesquisa de Jurisprudência do TCU encontrada no campo “sessões e jurisprudência” no site do órgão (www.tcu.gov.br) em 27/11/2017. Primeiramente foi realizada uma pesquisa com os termos “imagem e obra” o que resultou em um retorno de 982 processos. Ao iniciar a análise dos mesmos, foi constatado que em muitos casos o termo “imagem” se referia a imagens fotográficas produzidas pelos servidores do TCU durante as fiscalizações *in loco* e não a imagens de satélites (foco da pesquisa).

Em seguida, foi realizada outra pesquisa de forma a tentar restringir a quantidade de processos que seriam analisados e melhorar o direcionamento da pesquisa em função dos objetivos propostos. Utilizaram-se os termos “satélite e obra”. A amostra de processos foi censitária, sem restrição de datas dos processos, sendo possível avaliar todo o material disponível no TCU. Ao pesquisar o termo “análise multicritério espacial” não foi encontrado nenhum processo que abordasse esse tema.

Para a terceira etapa, foi realizada uma análise de todos os 235 processos selecionados considerando os seguintes aspectos: se houve utilização de imagem de satélites pelo TCU ou pelo auditado, se trata de obra, se a imagem foi utilizada como evidência de auditoria, se houve visita pelos servidores do TCU no local da obra, e ano de realização da auditoria. Os achados foram descritos em tabelas demonstrando o percentual de processos segundo cada item de avaliação.

Após a avaliação de como está sendo tratada a temática de imagens de satélites nas auditorias de obras no Tribunal de Contas da União, foi realizada a estimativa do valor do custo por auditor de uma auditoria de obras *in loco*. Para isso, foram utilizados dados do próprio TCU acerca do custo do dia de trabalho de um auditor, além do custo

médio das diárias e estimado o custo médio de passagens aéreas para fiscalizações com base nas informações constantes na sessão transparência no site do TCU.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Utilização de imagens de satélites nos processos no Tribunal de Contas da União

Ao longo deste capítulo serão apresentados os resultados da análise dos processos do TCU a partir da pesquisa metodológica proposta. Foram encontrados 235 processos para análise.

Na avaliação dos processos foi feita primeiramente uma avaliação sintética de todos, identificando as seguintes características: se houve a utilização de imagem de satélites, se o caso em estudo se tratava de obra, se a imagem foi utilizada como evidência, se a imagem foi utilizada para o cálculo de volume ou quantidade e ainda se houve visita no local da obra por servidores do TCU.

Após uma análise sintética de todos os processos, verificou-se que 122 não tinham relação com imagens de satélites. São casos em que foram usados os termos cidade-satélite, comunicação por satélite, televisão via satélite, receptor de satélite, mensagem via satélite, subestação satélite ou internet via satélite entre outros. Com isso, esses processos não foram analisados em detalhe por não tratarem do objeto do estudo. Assim, a amostra passou a contar com 113 processos. As figuras 3 e 4 apresentam as características dos processos avaliados.

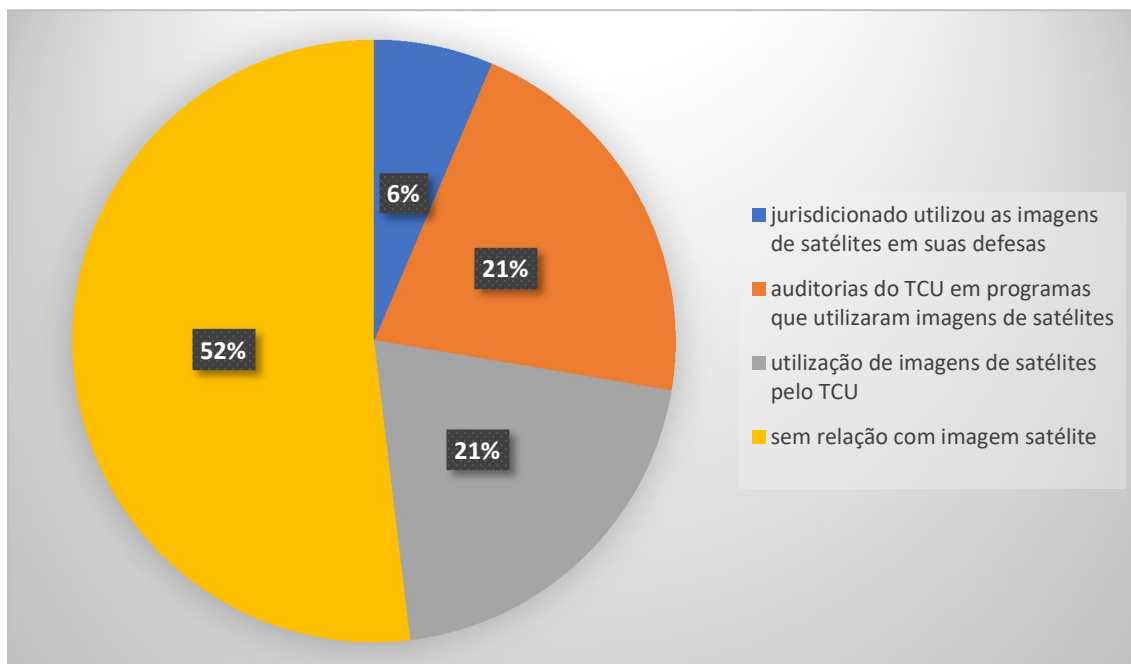


Figura 3: Classificação dos 235 processos inicialmente avaliados.

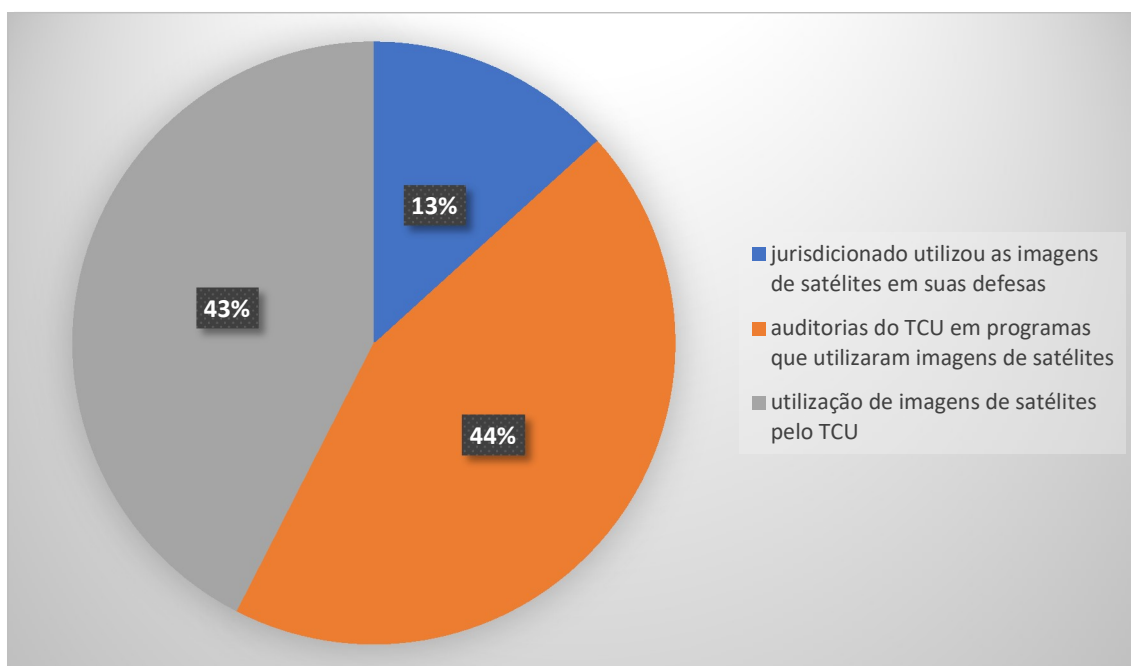


Figura 4: Classificação dos 113 processos que tratam do tema de imagens de satélites.

Em 13% dos casos (15 processos) houve a utilização de imagens de satélites pelo auditado e não pelo TCU. Desses, em quatro, as imagens de satélites utilizadas foram aceitas pelo TCU como prova e em outras 4 situações, as imagens foram utilizadas juntamente com outras evidências e também foram aceitas pelo TCU. Em duas situações, o jurisdicionado encaminhou apenas imagens de satélites para tentar comprovar a

qualidade ou quantidade de material utilizado na obra. A argumentação não foi aceita pelo TCU, por não ter sido possível efetuar essa análise somente com base nas imagens enviadas. Nos demais casos (5), as imagens serviram como mais uma evidência enviada pelo jurisdicionado, contudo, não houve análise das imagens pelo Tribunal. Dessa forma, já é possível afirmar que o auditado está utilizando imagens de satélites em suas defesas, o que aumenta ainda mais a importância de definição de critérios para utilização das imagens de satélites tanto pelo jurisdicionado como pelo próprio Tribunal de Contas da União.

A figura 5 apresenta uma imagem do Google Earth digitalizada em que foi apresentada pelo jurisdicionado uma pista de pouso construída conforme as dimensões do projeto. A foto foi aceita pelo Tribunal como evidência de que a pista de pouso foi construída. A nitidez é baixa, pois a imagem foi digitalizada de um processo físico (Processo TC 926.801/1998-8).

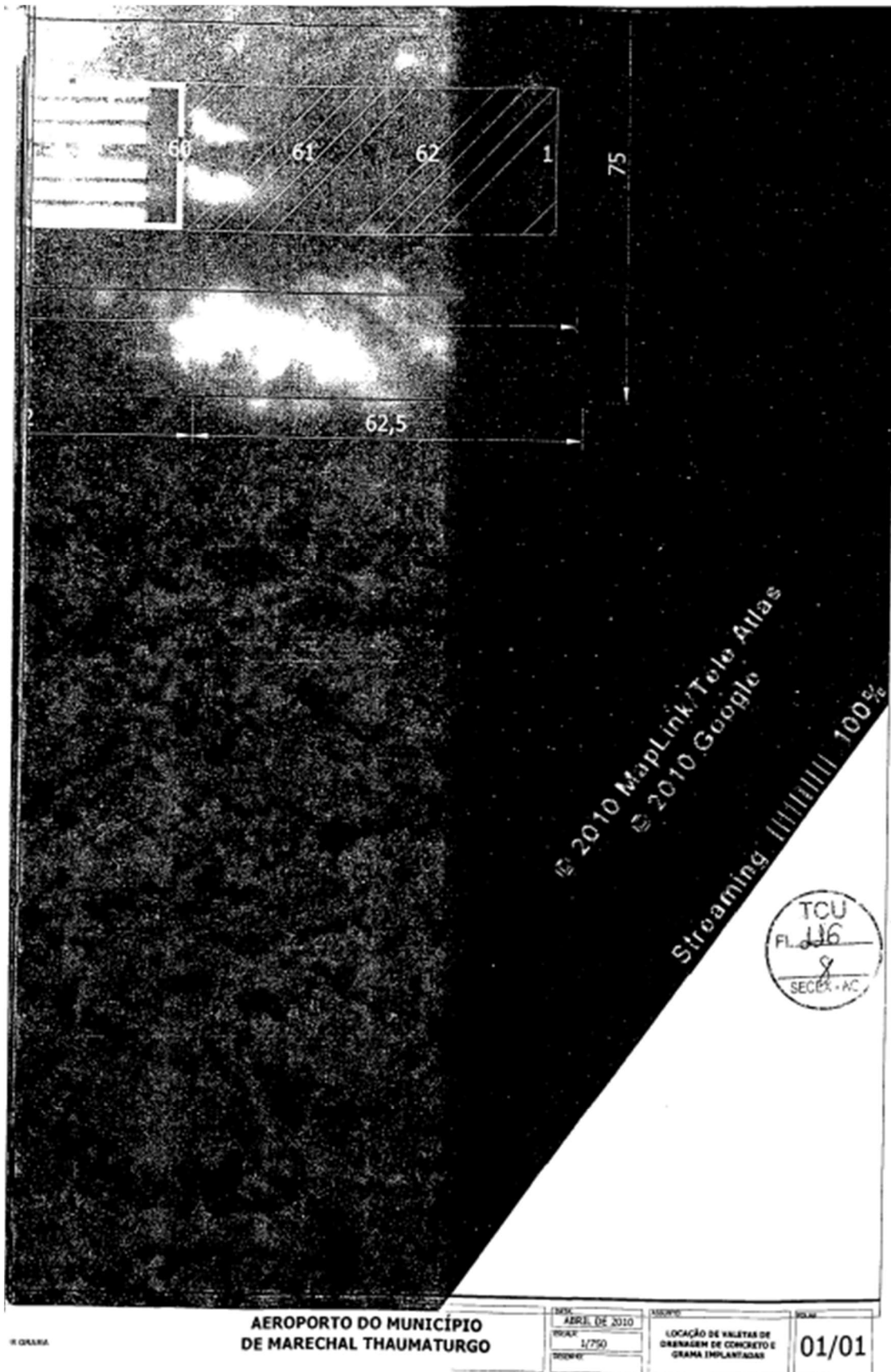


Figura 5: Imagem do *google earth* enviado pelo jurisdicionado mostrando a construção de uma pista de pouso. Fonte: Processo TC 926.801/1998-8.

Em 44% dos casos (50 processos) houve a realização de auditorias pelo TCU em programas ou órgãos do governo que utilizaram de alguma forma imagens de satélites para subsidiar ações governamentais ou tomadas de decisão. Ou seja, nesses casos, o TCU não utilizou imagens de satélites, mas avaliou as imagens utilizadas ou a forma de contratação adotada pelo jurisdicionado. Abaixo são listados os casos e a frequência encontrada em que foi possível fazer uma classificação temática da finalidade das contratações. Essa classificação temática gerou a relação abaixo, que especifica as respectivas quantidades encontradas.

- avaliação da legalidade na contratação, incluindo lançamento de satélites (18);
- avaliação e monitoramento de desmatamentos e queimadas (13);
- avaliação do clima (5);
- avaliação e elaboração de projetos de obras civis (3);
- elaboração de estudos ambientais e processos de licenciamento (3);
- monitoramento de embarcações pesqueiras (2);
- avaliação de projetos de irrigação (2);
- avaliação da segurança hídrica do semi-árido (1);
- monitoramento do nível das barragens (1);
- fiscalização de obras de linha de transmissão (1);
- mapeamento da movimentação nos portos (1).

De forma a tentar exemplificar os tipos de processos que tratam dos temas descritos acima, a seguir são apresentados 5 processos que se referem, respectivamente, às 5 temáticas mais frequentes.

A auditoria realizada no âmbito do processo TC 008.834/2012-1 teve como objetivo avaliar algumas ações do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). Dentre elas, houve a avaliação da necessidade de dispensa de licitação na contratação de uma fundação para a prestação de serviços técnicos especializados de operação e manutenção dos sistemas e equipamentos do Centro de Rastreamento e Controle de Satélites (CRC).

No processo TC 008.223/2015-7 onde foi abordado o desmatamento em terras indígenas foi realizado um diagnóstico sistêmico pelo TCU na Fundação Nacional do Índio (Funai). A Funai tem como missão primordial garantir a posse plena e o usufruto exclusivo dos recursos naturais aos indígenas ocupantes do território, conforme previsão

do artigo 231 da Constituição Federal. É constante o risco da ocorrência de invasões no território indígena em busca de exploração irregular das riquezas minerais e florestais. Foi identificado pelo TCU no referido processo que a invasão das terras para desmatamento pode ser facilmente identificada por imagens de satélites, sendo que o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Inpe fornece as informações ao Ibama que as repassa à Funai, quando se trata de desmatamento ocorrido em terra indígena.

No processo TC 029.389/2013-5 tem-se um exemplo da utilização de imagens de satélites para avaliação do clima. Foi identificado pela equipe de auditoria que o INPE, por meio de parceria, fornece informações ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) referentes à previsão de descargas atmosférica assim como à detecção de queimadas. Essas informações são utilizadas para a prevenção de blecautes e melhoria da eficiência no fornecimento de energia elétrica, ao permitir, por exemplo, a utilização de equipamentos reservas ou linhas alternativas existentes.

Na auditoria realizada no DNIT no âmbito do processo 014.919/2010-9 foi identificado que, em virtude da utilização de imagens de satélites do Google Earth no projeto executivo foi possível verificar a necessidade de readequação das redes de drenagem com novos bueiros, o que não estava previsto no projeto original. Desta forma, as imagens contribuíram para a elaboração de um projeto que fosse mais adequado à situação encontrada.

O processo 008.622/2009-0 trata de um levantamento realizado na Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf) em que foi verificada a utilização de imagens de satélites pelo referido órgão para requerer a Licença de Operação (LO) de determinado empreendimento junto ao órgão ambiental competente. No caso em questão, a solicitação da LO atrasou em virtude da demora no recebimento das imagens de satélites contratadas, ocasionada pelas más condições meteorológicas, que impediram a captação das imagens dentro das especificações exigidas pelo órgão ambiental.

5.2 Utilização de imagens de satélites nos processos no Tribunal de Contas da União referentes a obras

Nos demais processos analisados (48), ocorreu a utilização de imagens de satélites pelo próprio TCU.

A tabela 1 apresenta a quantidade e o percentual dos processos que tiveram utilização de imagens de satélites pelos auditores do TCU, sendo divididos em processos que tiveram relação com auditoria de obras e os que não tem relação com essa temática.

Tabela 1 – Processos com utilização de imagens de satélites pelo TCU

Número de processos	% de processos	Tipo dos Processos selecionados
39	81,3	Utilização de imagens de satélites pelo TCU em obras
9	18,8	Utilização de imagens de satélites pelo TCU em outras situações
48	100	Total

Conforme tabela 1, em 18,8% dos processos que tiveram a utilização de imagens de satélites pelo Tribunal de Contas da União, os auditores utilizaram imagens de satélites para verificar situações tais como: evidenciar o desmatamento em determinada área, apresentar o relevo de um local, mostrar a localização de determinado imóvel, apontar o local de captação de água e, ainda, para mostrar a movimentação de navios em determinado porto.

Apesar desses 9 processos apresentarem evidências elaboradas por servidores do TCU relacionadas a imagens de satélites, como não são processos que tiveram relação com qualquer tipo de obra, elas não serão detalhadas pelo fato de não fazerem parte do objeto de estudo. De qualquer forma, é importante ressaltar que, além das diversas secretarias de controle externo do TCU ligadas diretamente ao acompanhamento de obras federais, outras unidades estão utilizando imagens de satélites no acompanhamento de programas governamentais em outras áreas, principalmente voltadas ao meio ambiente e agricultura.

Estudos comprovam a viabilidade da utilização de imagens de satélites na detecção de focos de incêndio e de áreas queimadas podendo, inclusive, subsidiar decisões de órgãos governamentais, defesa civil e corpo de bombeiros no combate ao fogo (GRANEMANN; CARNEIRO, 2009); (PEREIRA et al., 2012).

O sensoriamento remoto tem se tornado muito importante na identificação de queimadas, inclusive em nível mundial, uma vez que possibilita a obtenção de dados precisos e confiáveis, permitindo, ainda, a elaboração de mapas de risco de incêndios em unidades de conservação além da prevenção e controle de incêndios em áreas de vegetação (GRANEMANN; CARNEIRO, 2009).

Assim, efetivamente 39 processos apresentaram a temática de auditoria de obra. Primeiramente foi realizada uma divisão temporal para que fosse possível avaliar a frequência de utilização das imagens de satélites nas auditorias de obras ao longo dos anos no TCU. Para isso, foram relacionados todos os 39 processos no gráfico seguinte mostrando a evolução ao longo dos anos.

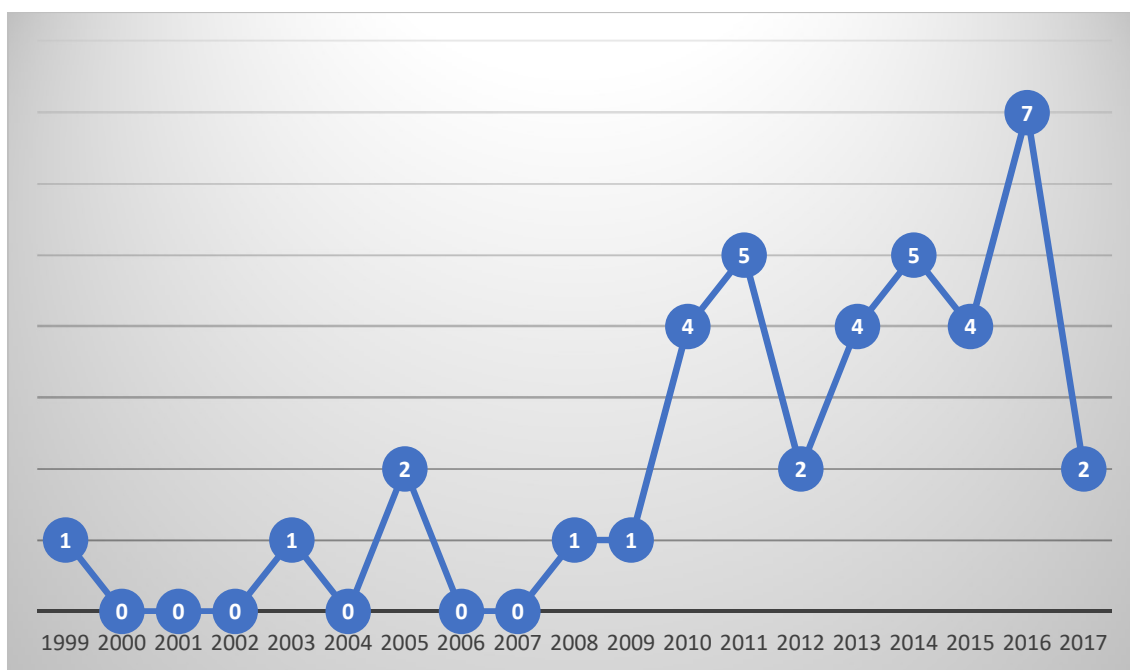


Figura 6: Número de fiscalizações realizadas pelo TCU com a utilização de imagens de satélites

É possível notar que houve uma concentração maior de utilização de imagens de satélites nos anos mais recentes. 69,2% dos processos que tiveram a utilização de imagens de satélites em obras foram desenvolvidos entre 2011 a 2016 e, em 2016, ocorreu a maior concentração, com 17,9% do total. Como era de se esperar, com o avanço tecnológico ao passar dos anos, ocorreu um incremento na quantidade de ações de controle que utilizaram imagens de satélites.

Apesar do ano de 2017 ainda não ter terminado quando foi gerada a pesquisa (27/11/2017), alguns fatores podem ter ajudado na redução desse indicador. É possível que muitos processos do ano de 2017 pudessem estar em revisão nos gabinetes de autoridades. Ainda, o baixo percentual apresentado pode ser reflexo de uma possível redução na quantidade de obras auditadas. Isso porque o Fiscobras 2017, julgado recentemente em 8/11/17 pelo Plenário do Tribunal de Contas da União, consolidou 94 fiscalizações de empreendimentos de infraestrutura no Brasil (BRASIL, 2017). Essa é a

menor quantidade de fiscalizações consolidadas na história do Fiscobras, iniciada em 1997, sendo que, em 2016, esse número foi de 126 (BRASIL, 2016b).

Outro fator que pode ter contribuído para essa diminuição na quantidade de processos no TCU com utilização de imagens satélites pode ter sido a diminuição das obras executadas pelo governo federal nos últimos anos em decorrência de contingenciamento. Em março de 2017, o governo anunciou uma redução de 45,3%, equivalente a R\$10,5 bilhões nas obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) (ESPOSITO, 2017). Com a diminuição das obras, as auditorias acabam se restringindo, muitas vezes, a análise de editais, projetos ou auditorias operacionais, o que pode ter diminuído a necessidade de utilização de imagens de satélites.

Além da classificação dos 39 processos por ano de auditoria, avaliou-se também se houve a necessidade de visita dos auditores às obras, mesmo com a presença de imagens de satélites. Em 20 casos (51,3%), a visita não foi necessária. A tabela 2 apresenta a listagem completa de todos os 39 processos.

Os processos foram classificados ainda pelo motivo principal da utilização das imagens de satélites: mostrar a localização da obra, mostrar a execução da obra ou para comprovar um achado de auditoria. Além disso foi identificado em cada um desses processos se houve visita *in loco* da equipe do TCU.

Tabela 2 - Listagem dos 39 processos que trataram de obras

	Processo TCU	Objeto da fiscalização	Utilização de imagem de satélites para	Houve visita pelo TCU?
1	008.989/2016-8	Controle de inundações e recuperação ambiental São Gonçalo/RJ	1. mostrar a localização da obra	sim
2	013.303/2012-0	Obra de drenagem urbana município de Campo Grande/MS	1. mostrar a localização da obra	sim
3	006.166/2012-1	Construção do viaduto Vila Rica - BR 356/MG	1. mostrar a localização da obra	sim
4	015.176/2010-0	Const. de unidades habitacionais em Jaboatão dos Guararapes/PE	1. mostrar a localização da obra	não
5	006.923/2010-0	Execução de saneamento em assentamentos no Estado do Acre	1. mostrar a localização da obra	sim
6	009.412/2003-9	Execução de obras na BR-470/RS	1. mostrar a localização da obra	sim
7	003.901/2004-3	Restauração de rodovias federais no Estado do RS	1. mostrar a localização da obra	sim
8	008.044/1999-6	Execução do contorno noroeste de Goiânia/GO	1. mostrar a localização da obra	não
9	021.573/2016-6	Ferrovia Transnordestina	2. mostrar a execução da obra	não
10	010.501/2016-9	Sistema de abastecimento de água Araci Norte/BA	2. mostrar a execução da obra	não

11	026.925/2006-2	Contorno rodoviário Coronel Fabriciano/MG - BR-381	2. mostrar a execução da obra	não
12	028.278/2012-7	Recuperação e melhoria de estrada em Barbalha/CE	2. mostrar a execução da obra	não
13	003.137/2014-7	Controle de inundações dos rios Iguaçú/Botas e Sarapuí no RJ	2. mostrar a execução da obra	não
14	016.369/2010-6	Construção de trecho rodoviário na BR-230/PA	2. mostrar a execução da obra	sim
15	000.274/2010-0	Ampliação do sistema de abastecimento de água em Rio Branco/AC	2. mostrar a execução da obra	sim
16	006.515/2013-4	Construção de sistema de esgotamento sanitário em Aiuaba/CE	2. mostrar a execução da obra	não
17	020.318/2009-2	Construção de ponte sobre o Rio Cocó em Fortaleza/CE	2. mostrar a execução da obra	sim
18	009.072/2010-1	Implantação de sistema de coleta de esgoto em Barra do Garças/MT	2. mostrar a execução da obra	não
19	008.869/2011-1	Duplicação e restauração BR 101/AL	2. mostrar a execução da obra	sim
20	006.064/2011-6	Implantação do sistema de esgotamento sanitário em Floriano/PI	2. mostrar a execução da obra	sim
21	006.171/2009-9	Expansão do campus da Unifesp Diadema/SP	2. mostrar a execução da obra	sim
22	006.028/2008-4	Execução de obras na BR-163/PA	2. mostrar a execução da obra	não
23	015.144/2002-3	Definição de indicadores de gestão ambiental	2. mostrar a execução da obra	sim
24	023.288/2006-0	Construção de hospital em Cruzeiro do Sul/AC	3. comprovar achado de auditoria	sim
25	017.592/2011-9	Urbanização de favelas em Heliópolis/SP	3. comprovar achado de auditoria	sim
26	035.261/2015-3	Concessão de exploração do aeroporto de Salvador/BA	3. comprovar achado de auditoria	não
27	026.596/2015-6	Obras de Infraestrutura em Santarém-PA (TC014.089/2009-2)	3. comprovar achado de auditoria	sim
28	019.749/2014-7	Avaliação de rodovias com muitos acidentes (BA, ES, MG, SC)	3. comprovar achado de auditoria	sim
29	001.073/2014-1	Implantação de escolas para educação básica - FOC FNDE	3. comprovar achado de auditoria	não
30	004.068/2015-7	Restauração e melhoramento da BR-158/MT no município de Nova Xantina/MT	3. comprovar achado de auditoria	sim
31	014.089/2009-2	Execução de infraestrutura urbana em Santarém/PA	3. comprovar achado de auditoria	sim
32	006.550/2011-8	Execução de contorno ferroviário de Campo Belo/MG	3. comprovar achado de auditoria	não
33	000.279/2010-2	Construção de conjunto habitacional - Fortaleza/CE	3. comprovar achado de auditoria	não
34	029.510/2011-2	Construção do Porto de Maués/AM	3. comprovar achado de auditoria	sim
35	002.509/2011-3	Fornecimento de trilhos para ferrovia integração oeste-leste (FIOL)	3. comprovar achado de auditoria	não
36	007.112/2010-6	Construção do contorno rodoviário de Boa Vista/RR	3. comprovar achado de auditoria	sim
37	000.335/2010-0	Ampliação do sistema de esgotos sanitários em Cariacica/ES	3. comprovar achado de auditoria	não
38	010.824/2010-3	Construção do anel rodoviário de Belo Horizonte/MG	3. comprovar achado de auditoria	não
39	011.611/2010-3	Sistema de abastecimento de água em Serra do Ramalho/BA	3. comprovar achado de auditoria	não

A tabela 3, a seguir, destaca a quantidade de processos e seu percentual conforme a utilização de imagens de satélites.

Tabela 3 – Classificação dos processos que tiveram a utilização de imagens de satélites pelo TCU

Número de processos	% de processos	Utilização de imagens de satélites para
8	20,5	1. mostrar a localização da obra
15	38,5	2. mostrar a execução da obra
16	41,0	3. comprovar achado de auditoria
39	100	Total

De forma a exemplificar como o TCU utilizou as imagens de satélites, alguns casos concretos serão descritos a seguir. Foram selecionados 9 casos e serão apresentados nesta sequência: 2 casos em que a imagem foi utilizada para mostrar a localização da obra, 2 casos que serviram para apresentar a execução da obra e 5 casos onde foi evidenciado algum achado de auditoria.

No processo TC 000.274.2010-0, que trata de auditoria no sistema de abastecimento de água na cidade de Rio Branco/AC, a equipe de auditoria foi ao local e verificou que ocorreu uma alteração no trajeto da adutora em relação ao previsto no projeto. Contudo, tal alteração teria sido benéfica pois evitou transtornos referentes ao trânsito de veículos na principal via de acesso de Rio Branco/AC. A figura 7 foi utilizada para mostrar a localização da obra.

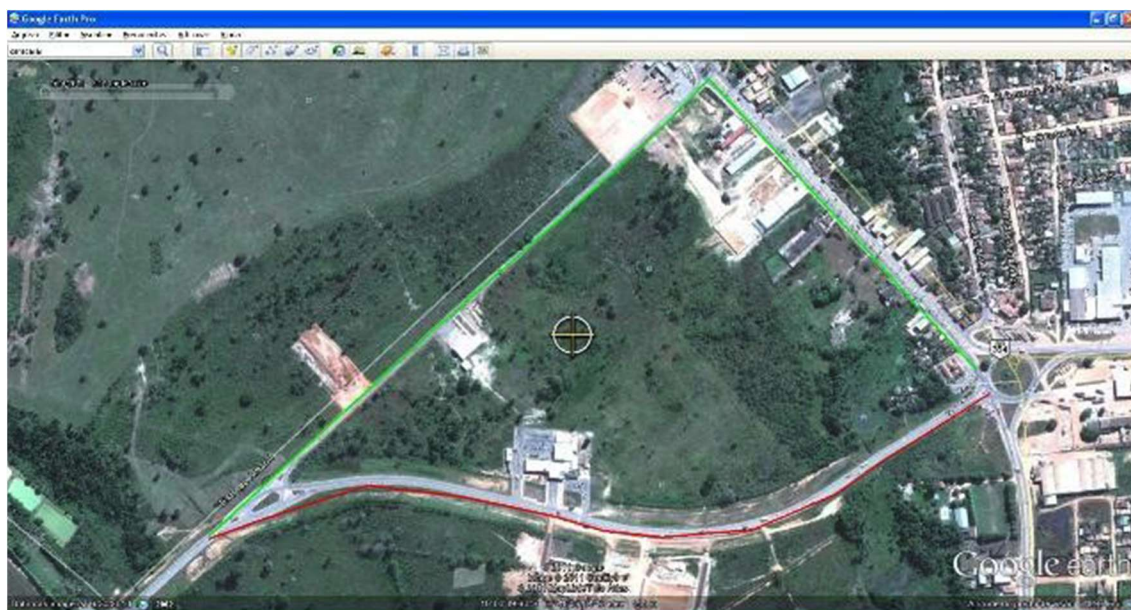


Figura 7: Local da adutora no projeto (linha verde) e o executado (linha vermelha).
Fonte: Processo TC 000.274.2010-0.

O processo 006.166/2012-1 teve como objetivo auditar a construção de rodovias federais no estado de Minas Gerais. A figura 8 mostra uma imagem de um trecho da BR-040/MG, que mostra a Variante Viaduto das Almas (existente) e Variante Viaduto Mário Rocha Martins (novo trecho construído). A construção da nova variante objetivou a redução de acidentes na região. A figura foi utilizada para mostrar a localização da obra. Houve visita *in loco* da equipe de auditoria.

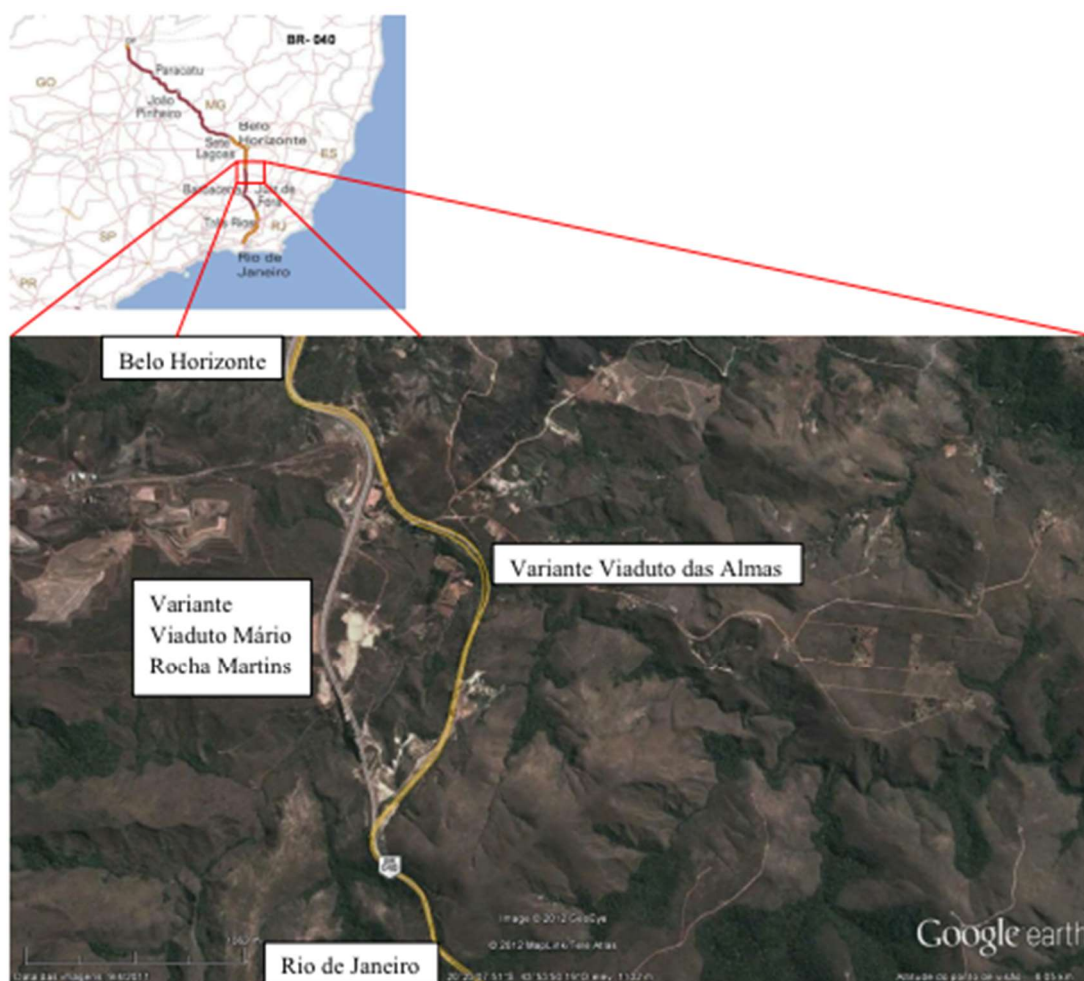


Figura 8: Representação da localização da obra. Fonte: Processo TC 006.166/2012-1.

A figura 9, uma imagem de satélite obtida por meio do Google Earth, em 9 de abril de 2011, apresenta um talude com seis bermas, o que estaria em conformidade com o *as built* (projeto conforme executado) e a verificação *in loco* (Relatório de Fiscalização 170/2012). Entretanto, avaliou-se que o perfil medido e pago foi maior que o efetivamente executado.

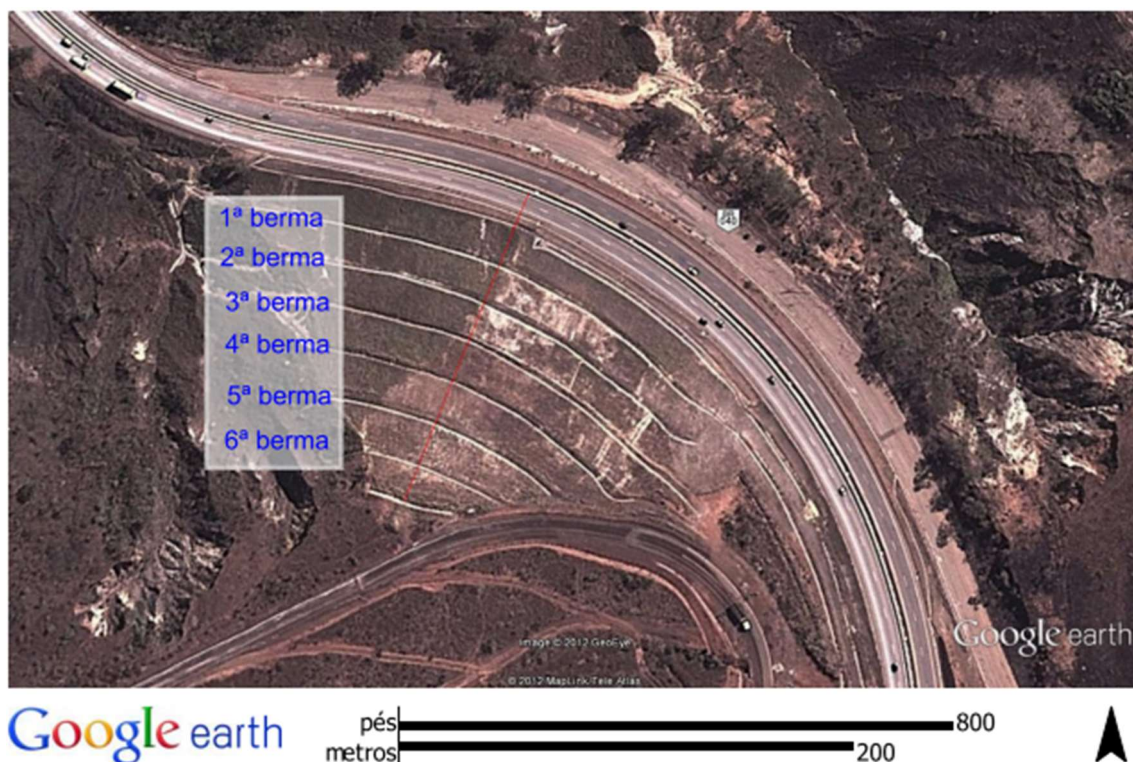


Figura 9: Imagem de satélite obtida por meio do Google Earth, realizada em 9 de abril de 2011 onde é possível visualizar o talude construído com seis bermas. Fonte: Processo TC 006.166/2012-1.

Na Figura 10 é possível observar o perfil do terreno apresentado pela equipe de auditoria que teve como base as dimensões coletadas *in loco* e a documentação consultada, onde mostra a estimativa do índice de irregularidade, o que acarretou um superfaturamento estimado da ordem de R\$2,5 milhões (jan/2010). A irregularidade deveu-se basicamente ao pagamento maior dos serviços de escavação, carga e transporte (ECT). Para quantificar o dano, a equipe de auditoria comparou o perfil do terreno, conforme verificado nos arquivos enviados pela empresa supervisora e confirmado *in loco*, com os arquivos constantes da planilha de medição.

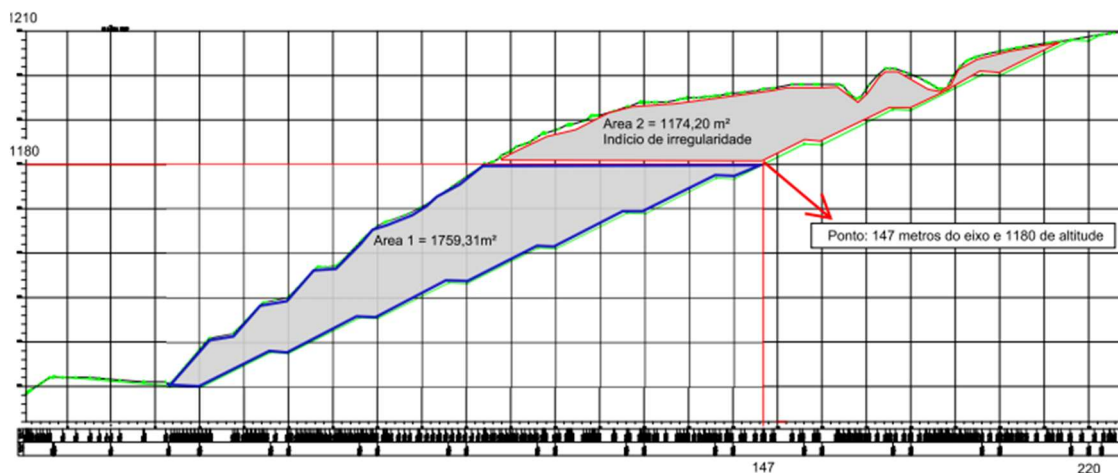


Figura 10: Perfil do terreno apresentado pela equipe de auditoria mostrando as 6 bermas conforme apresentado na figura 9. Fonte: Processo TC 006.166/2012-1.

Como resultado, foi determinado ao DNIT que providenciasse documentação comprobatória da correção e compensação dos valores medidos e pagos indevidamente, fazendo incluir relatório conclusivo na instrução de prestação de contas anual da autarquia (Processo TC 006.166/2012-1). No caso em estudo, é possível que com a obtenção das imagens de satélites antes do início da construção e após o termino dos serviços, fosse possível estimar o volume de material transportado na obra.

O processo 028.278/2012-7, trata de um convênio realizado entre o Instituto Brasileiro de Turismo (Embratur) e a Prefeitura Municipal de Barbalha/CE cujo objeto foi a recuperação e melhoria, com pavimentação asfáltica, de uma estrada de 10,9km de extensão. A imagem de satélite foi utilizada para comprovar que houve a execução da obra com pavimentação asfáltica.



Figura 11: Foto constante da peça 10 do processo 028.278/2012-7 onde mostra a execução de pavimentação asfáltica.

O processo TC 020.318/2009-2 trata de fiscalização da construção de ponte sobre o Rio Cocó, localizada no município de Fortaleza/CE. A figura 12 exibe uma foto apresentada em um relatório da Controladoria Geral da União e que foi utilizada pelo TCU, a qual mostra a execução da obra e evidencia a impossibilidade de fazer a transposição do rio Cocó. Essa análise influenciou o cálculo do dimensionamento da quantidade de veículos a serem utilizados no empreendimento. A figura 13 mostra uma imagem do Google Earth em dezembro de 2017, em que é possível constatar a ponte já construída. Também houve visita *in loco* da equipe de auditoria.

No relatório da CGU foi consignado que, após inspeção física no canteiro de obras nos dias 4 e 10 de fevereiro de 2010, verificou-se que o canteiro foi executado em desacordo com o previsto na planilha orçamentaria, acarretando pagamento maior deste item.

Além disso, na visita em campo, foi constatada uma subcontratação irregular do serviço de pavimentação que estava sendo executado por empresa diversa da que constava do Contrato 12/2009, fruto da Concorrência Pública 99/2009.

Foi possível constatar ainda que a empresa supervisora não registrou a subcontratação irregular e atestou a medição de serviços em desacordo com o projeto executivo. A visita em campo pelos servidores foi fundamental para a constatação dos

achados. Somente com a utilização de imagens de satélites não teria sido possível constatar as irregularidades descritas.

Dentre algumas das irregularidades relatadas nesse processo, a execução irregular do canteiro de obras poderia ser identificada com a utilização de imagens de satélites.



Figura 12: Imagem da obra de arte especial da Travessia do Rio Cocó, ligação da Praia do Futuro com a Praia da Sabiaguaba, Ceará (2009). Fonte: TC 020.318/2009-2.



Figura 13: Imagem mostrando a Ponte da Sabiaguaba, sobre o Rio Cocó, Ceará (2017).
Fonte: Google Earth em 10/12/2017.

No processo 003.137/2014-7, imagens de satélites foram utilizadas para mostrar que algumas obras de urbanização previstas nas margens de Rio Sarapuí não foram executadas. Foram realizadas diversas análises por meio de imagens de satélites em todo o trecho previsto para a realização das intervenções e ainda no local destinado ao bota-fora. Ressalta-se ainda que o TCU não aceitou a alegação do auditado de que não houve inspeção *in loco* de equipe de auditoria do Tribunal e as imagens de satélites utilizadas no processo foram aceitas como evidência (Acórdão 1212/2015).

No processo 001.073/2014-1 foram utilizadas imagens de satélites para verificar as dimensões do terreno onde seria construída uma creche no município de Águas Lindas de Goiás/GO. Ressalta-se que, apesar da prefeitura ter declarado ao FNDE que o terreno era adequado, a imagem foi suficiente para verificar que o terreno não tinha as dimensões mínimas para a implantação da creche e não houve a necessidade de visita *in loco*. O TCU recomendou ao FNDE que utilize imagens de satélites no acompanhamento de suas obras.

No processo 000.279/2010-2 foi utilizada imagem do Google Earth pelo TCU. A foto, juntamente com o *street view* e a reportagem de jornal local serviram como evidência para derrubar uma alegação do auditado, o que fez com que a distância de transporte do material de aterro fosse recalculada para um valor menor que a utilizada pela construtora.

O processo 029.510/2011-2 trata de obras no Porto Fluvial de Maués no Amazonas. A figura 14 mostra uma imagem do Google Earth em que é identificado o referido porto. A imagem foi uma das evidências utilizadas que caracterizaram que, em 7/7/2016, os serviços que estavam previstos e pagos não foram executados, caracterizando antecipação de pagamentos.

Na visita da equipe de auditoria à obra, foi possível identificar o pagamento indevido de 133 toneladas de aço naval que constavam da planilha orçamentária e que, no entanto, não foram utilizadas na construção das pontes móveis do cais flutuante. A irregularidade foi detectada pela equipe de auditoria ao verificar as dimensões das pontes móveis que tiveram sua largura alterada de 8m para 6m sem a consequente redução do quantitativo de aço a ser pago. Além da largura, outros itens não foram executados conforme o projeto, tais como elementos estruturais projetados para ficarem abaixo da passarela e alguns itens de segurança previstos que não foram executados.

Ressalta-se, contudo, que conforme foi publicado no estudo de Necsoiu *et al* (2017), com imagens de alta resolução é possível identificar com precisão a largura de rodovias e, com isso, irregularidades como a constatada, referente à largura das pontes móveis do cais flutuante.

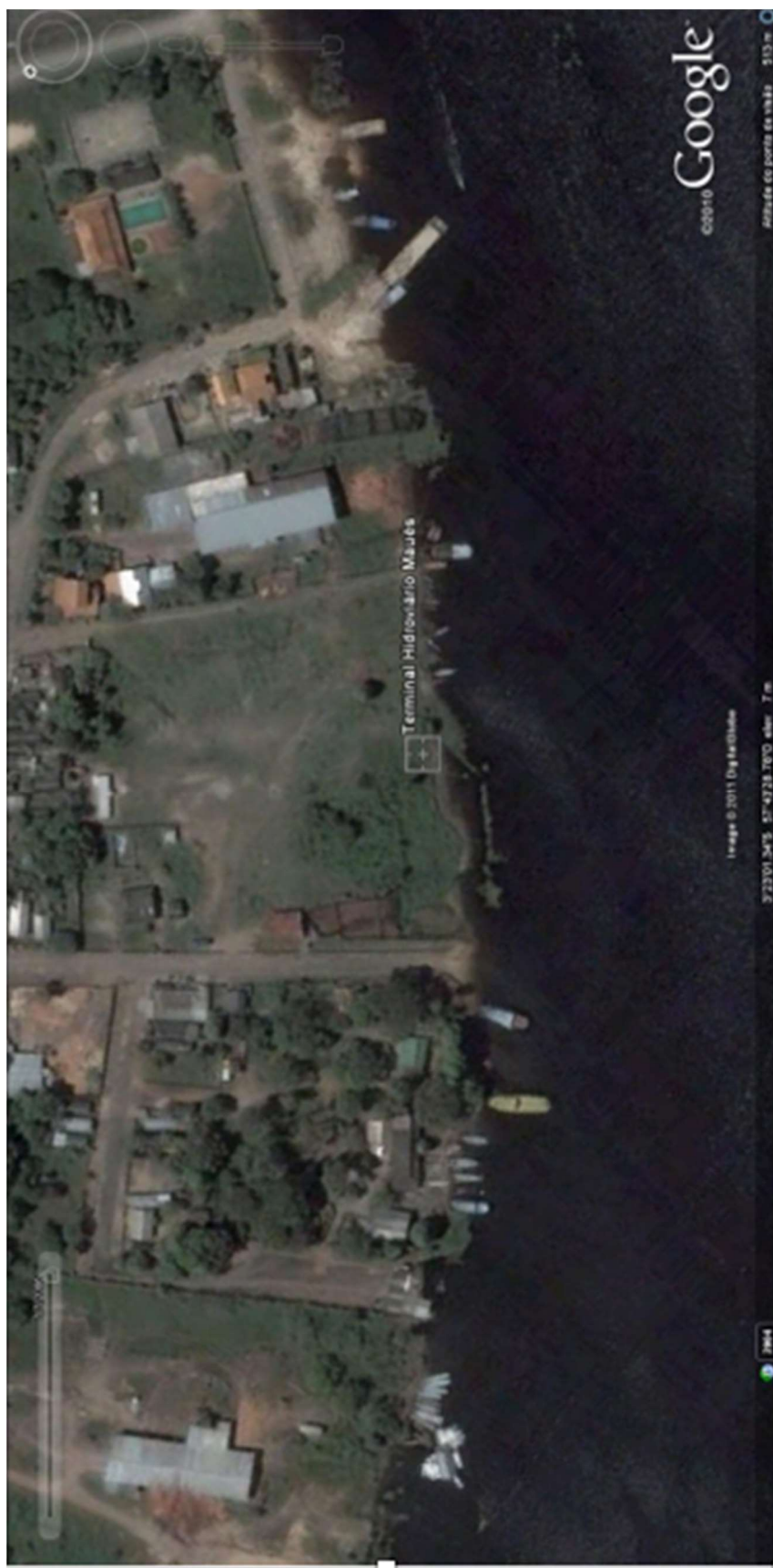


Figura 14: Imagem do *google earth* mostrando o porto fluvial de Maués, localizado no estado do Amazonas. Fonte: TC 029.510/2011-2.

O último processo que será abordado é o TC 014.089/2009-2, que tratou de fiscalização solicitada pela Comissão de Meio Ambiente, Defesa do Consumidor e Fiscalização e Controle do Senado Federal sobre obras de infraestrutura urbana no município de Santarém/PA. A figura 15 foi utilizada no referido processo para subsidiar a análise referente a indício de pagamento de serviço de aterro não executado assim como a indício de adiantamento de pagamento no serviço de contenção de aterro. Além do Google Earth foi utilizada a ferramenta *Google SketchUp* (normalmente utilizada para criação de modelos tridimensionais no computador).

Os indícios de superfaturamento por pagamento de serviços não executados, foram apontados inicialmente pela Secex/PA por meio de levantamento expedito em campo e confirmados pela SecobEnergia a partir do uso de imagens de satélites.

Na figura 15 foi realizada a sobreposição da maquete eletrônica (realizada no Google Sketch) sobre a imagem de satélite datada de 24/11/2009 que apresenta onde teriam ocorrido medições de serviços não executados (superfaturamento).

De forma a corroborar o superfaturamento encontrado, foram solicitadas informações adicionais aos responsáveis. Outros documentos foram analisados, tais como: memórias de cálculos de movimentação de terra, perfis topográficos com as seções transversais relativas aos serviços de aterro e compactação além de cópias das planilhas como detalhamento dos quantitativos faturados. Os documentos encaminhados corroboraram as informações constantes da maquete eletrônica à figura 15, já preparada pela equipe de auditoria.



Figura 15: Sobreposição da maquete eletrônica realizada no *Google SketchUp* por equipe técnica do TCU sobre a imagem de satélite em 24/11/2009, Santarém/PA. Fonte: TC 014.089/2009-2.

A imagem acima com a área delimitada pela linha amarela representa as seções transversais em que o auditado alegou ter ocorrido a execução do serviço de aterro e compactação. A área delimitada pela linha azul corresponde às áreas onde a equipe de auditoria identificou *in loco* a movimentação de terra. A diferença entre as duas áreas foi identificada como sendo o superfaturamento de serviços de aterro e compactação.

Para confirmar a irregularidade, o TCU solicitou apoio ao Instituto Nacional de Criminalística da Polícia Federal, por meio do Acórdão 1710/2013-TCU-Plenário, para que confirmasse os achados de auditoria. Com isso, atendendo a requisição do TCU, após medição *in loco* com equipe de topografia os peritos da Polícia Federal confirmaram os volumes encontrados pela equipe de auditoria do TCU e, por consequência, o superfaturamento encontrado.

Foram demonstradas inconsistências entre os volumes pagos e executados de aterro, cuja diferença alcançava, em termos de quantidades, 210.583 m³ e, em termos financeiros, o valor de R\$ 5.050.658,96.

Neste processo, a maquete eletrônica elaborada pela equipe de auditoria do TCU foi determinante para identificar e facilitar a visualização dos achados apresentados. Ressalta-se que o superfaturamento encontrado inicialmente com base nas imagens de satélites foi confirmado tanto pela documentação encaminhada pelos responsáveis assim como pela perícia da Polícia Federal solicitada pelo próprio TCU por meio de acórdão. Esse é um caso em que o quantitativo de volume executado foi identificado por meio de

imagens de satélites e, posteriormente, confirmado por meio de análise documental e por visita no local da obra.

Nos casos em que se faz necessária a verificação da qualidade dos serviços ou da quantidade utilizada de determinados materiais, é fundamental a verificação *in loco* pelos auditores. Isso é o que está inclusive pacificado pelo Tribunal de Contas da União. A seguir está a transcrição da jurisprudência que trata desse assunto:

“A apresentação de fotografias de imagens de satélite, como as do Google Earth, pode comprovar as dimensões da obra, mas não é suficiente para comprovar a qualidade dos serviços e a quantidade dos materiais empregados.”

Ao analisar a jurisprudência do TCU acima, é citado, a título de exemplo, as imagens do Google Earth. Essas imagens não são consideradas de alta resolução, o que significa dizer que, ao utilizar imagens de alta resolução, é possível obter resultados diferentes na análise das imagens. Diversos estudos propõem a utilização de imagens de alta resolução na identificação da qualidade de rodovias (HAGHIGHATTALAB *et al.*, 2010) (YAMAGUCHI; SAJI, 2012) (NECSOIU *et al.*, 2017).

A utilização de imagens de satélites pode ser constatada na avaliação da geometria ou do traçado de uma rodovia que, em muitos casos, é uma das principais causas de acidentes rodoviários, conforme Zubair e Ghazal (2016). O estudo ainda demonstra ganho na economia de recursos, além da redução no número de acidentes fatais causados por problemas nos traçados das rodovias.

Em países que sofrem a influência de terremotos, estudos já demonstram a viabilidade na utilização de imagens de satélite para uma rápida análise da qualidade das rodovias após a ocorrência de tremores, essenciais para o transporte de suprimento e ajuda a população afetada pelo desastre (HAGHIGHATTALAB *et al.*, 2010) (YAMAGUCHI; SAJI, 2012).

Ainda, Necsoiu *et. al* (2017) afirmam que é possível a utilização de imagens de satélite para avaliar a qualidade de rodovias. O estudo indica a possibilidade de constatar a presença de rachaduras com a utilização de imagens de alta resolução. A técnica foi sugerida inclusive para utilização em casos onde a presença *in loco* para avaliação da rodovia é difícil como, por exemplo, em situações de tráfego intenso de veículos.

5.3 Opções de contratação para aquisição de imagens

Na grande maioria dos processos analisados em que foi indicado a fonte da imagem de satélite utilizada pelos auditores do TCU, foi apontada a utilização de imagens do Google Earth. Isso ocorreu em 89% dos casos. Os satélites utilizados pelo Google com maior acervo são os da série Landsat (*Land Remote Sensing Satellite*) (GOOGLE, 2017). A série Landsat teve início em 1972 e o mais recente lançamento ocorreu em 2013 com o Landsat 8. Uma das características é justamente ser gratuita e possuir uma definição de 30 metros de pixel (ENGESAT, 2017).

Contudo, existem outras opções de imagens de satélite no mercado, como as do WorldView-3 por exemplo, consideradas de alta resolução pelo fato da definição poder chegar a 30 cm de pixel (ENGESAT, 2017). A resolução de uma imagem de satélite é definida pelo tamanho dos pixels individuais de cores que a compõem. Quanto menor o tamanho do pixel, melhor a definição e mais detalhes podem ser visualizados e, desta forma, possibilitar uma maior ampliação das imagens antes que os limites dos pixels possam ser percebidos.

A seguir é possível observar uma imagem de satélite em alta resolução feita pelo satélite WorldView-3 com resolução de 70 cm onde é comparada com outra imagem do mesmo satélite com resolução de 30 cm (Figuras 16 e 17). As duas imagens relacionadas são semelhantes, mas ao aproximar as imagens, é possível identificar as diferenças entre elas.



Figura 16: Imagem do satélite *World View 3*, colorido, com 70cm de resolução, mostrando a área urbana de Santo Antônio das Missões - RS (Fonte: Engesat, 2017)



Figura 17: Imagem do satélite *World View 3*, colorido, com 30cm de resolução, mostrando a área urbana de Santo Antônio das Missões - RS (Fonte: Engesat, 2017)

Desde 2013, o Governo Federal já discute a contratação de aquisição de imagens de satélite para toda a administração pública federal (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2017). Em 2016, como forma de tentar centralizar as compras no governo federal e reduzir os custos de aquisição pelo compartilhamento e volume de imagens contratadas, o Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (MP) contratou imagens de satélites para toda a administração pública através das atas de registro de preços 01/2015 e 02/2015 (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2016).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) também já realiza desde 1988 o monitoramento por satélites do desmatamento na Amazônia Legal e os dados coletados são utilizados para o estabelecimento de políticas públicas na região amazônica. O INPE capta imagens Landsat, gratuitamente, desde os anos 70 de todo o território brasileiro através de uma antena localizada na cidade de Cuiabá (MT). Para a função a que se destina, os satélites da classe Landsat com resolução de 20 a 30 metros, já são suficientes (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2017).

A forma mais tradicional de contratação é a que é realizada por demanda, como é o caso da ata de registro de preços já mencionada, utilizada pelo Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. O órgão que solicita as imagens deve indicar as coordenadas e a contratada fornece a imagem em alta definição com base nos parâmetros solicitados. O preço é definido basicamente por km² de *download* (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2016).

Outra forma para aquisição de imagens de satélites foi lançada em julho de 2014 e permite que o contratado navegue na plataforma *on-line* via browser e tenha acesso ao histórico do banco de dados das diversas imagens satélites do local avaliado em baixa resolução. Ao navegar, o usuário pode pagar um valor inferior ao cobrado pelo *download* mas, se precisar, pode selecionar o local para fazer *download* de área selecionada em alta resolução (DIGITALGLOBE, 2017). Para avaliar qual tipo de contratação seria mais vantajoso para cada usuário, as empresas que comercializam as imagens fazem um levantamento das necessidades no qual tentam identificar o mais adequado.

Segundo informações coletadas junto ao representante da Digitalglobe, o custo do km² de *download* de uma imagem de satélite pode ficar por menos de R\$50,0/km² podendo chegar a valores abaixo de R\$25,0/km² a depender da quantidade contratada e da forma de utilização.

A título de exemplo, a figura 18 a seguir mostra um trecho da ferrovia transnordestina com dimensões aproximadas e 1km x 150m (área de 0,15km²). Considerando o custo médio de R\$50,0/km², a imagem custaria cerca de R\$7,50.



Figura 18: Imagem mostrando trecho da ferrovia transnordestina (Fonte: TCU)

A figura 19 mostra um trecho da BR-381/MG auditada pelo TCU, onde foi iniciada a construção de um túnel. A figura abaixo tem dimensões aproximadas de 900m x 500m (área de 0,45km²). Considerando o custo médio de R\$50,0/km², a imagem custaria cerca de R\$22,50.



Figura 19: Imagem mostrando trecho da BR-381-MG (Fonte: TCU)

5.4 Avaliação do custo de visita *in loco*

A Secretaria de Gestão de Pessoas (Segep) efetua anualmente o cálculo do custo de um auditor por dia de trabalho e informa o resultado apurado à Secretaria-Geral de Controle Externo (Segecex). O resultado é obtido pela divisão das despesas de pessoal com auditores ativos pelo número de auditores ativos. Para o ano de 2017, conforme consulta ao sistema Planejar (<https://contas.tcu.gov.br/ords/f?p=planejar>), de acesso restrito aos servidores do TCU, o custo de um auditor por dia de trabalho, ou simplesmente um HD (homem-dia), foi de R\$1.600,00.

Ainda em consulta ao Sistema Planejar, tem-se o custo estimado de R\$450,00 para as diárias que são pagas aos servidores, que podem variar, dependendo se forem pagas a servidores de nível médio ou superior e, ainda, conforme a função comissionada percebida pelo servidor.

Para estimar o tempo de uma auditoria de obras (Fiscobras) foram analisadas as portarias de fiscalização publicadas em 10 BTCUs Administrativo Normal (Boletim do Tribunal de Contas da União) entre os meses de abril a junho de 2017. Essa época foi escolhida por ser normalmente um período com maior intensidade de viagens para cumprimento do prazo para a finalização do Fiscobras. O tempo médio encontrado para as inspeções foi de 4,5 dias.

Para estimar o custo das passagens aéreas, foram utilizadas as informações constantes no site do TCU (<http://portal.tcu.gov.br/transparencia/viagens/>). Foi calculado o custo médio dos deslocamentos ocorridos entre os meses de abril e junho de 2017 referentes a fiscalizações. A média obtida para 77 viagens foi de R\$1.235 por viagem (ida e volta).

Na tentativa de estimar o custo médio de uma fiscalização em que houve deslocamento de um servidor para realizar visita *in loco*, foram adotados os seguintes pressupostos:

- necessidade de utilização de 4,5 diárias, conforme já demonstrado;
- inclusão do custo de passagens aéreas.

Com base nesses dados coletados e no pressuposto apresentado, foi estimado o custo médio de um servidor que viaja para uma fiscalização como sendo de R\$ 10.460,00 conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Estimativa do custo de um auditor em uma fiscalização com visita *in loco*

Tipo	Planejado
Custos HD (4,5xR\$1.600,00 ⁽¹⁾)	R\$7.200,00
Diárias (4,5xR\$450,00 ⁽¹⁾)	R\$2.250,00
Passagens ⁽²⁾	R\$1.235,00
Total	R\$10.460,00

(1) Fonte: Sistema Planejar do TCU

(2) Média do custo de 77 passagens aéreas entre abril e junho de 2017. Fonte: <http://portal.tcu.gov.br/transparencia/viagens/>.

Esse valor calculado pode ser comparado com os custos de aquisição de imagens de satélite. A decisão de utilizar imagens de satélite ou realizar a visita no local da obra deverá ser tomada na avaliação de cada fiscalização.

5.5 Comparação do custo de aquisição de imagens de satélite com o custo de visita *in loco*

Muitas vezes as viagens em uma fiscalização são realizadas com o intuito primordial de verificação da qualidade do gasto público e a execução de determinado empreendimento. Dependendo do que se deseja avaliar, é possível realizar grande parte do trabalho com auxílio de imagens de satélite. Apesar da aparente facilidade na utilização de imagens de satélites, faz-se necessária a realização de uma análise econômica para a utilização dessa nova tecnologia.

É importante ressaltar, contudo que, ao visitar um empreendimento, o auditor poderá verificar outras situações que não são passíveis de verificação por meio de uma imagem de satélite (interior de edificações, túneis, qualidade do material, análise documental no local da obra, avaliação de ensaios realizados *in loco* etc). Portanto, a decisão de realizar a visita à obra deve ser tomada à luz do escopo da auditoria em questão.

Mas há que se levar em conta que existem diversas situações como as expostas neste trabalho em que é possível a coleta de evidências úteis sem a presença de um auditor na obra. Avaliações acerca da dimensão de terrenos, grau de execução de obras, localização de jazidas, entre outras podem ser realizadas remotamente, a partir de imagens de satélites. Além disso, essas imagens podem ser muito úteis em diferentes fases de uma fiscalização. Elas podem ser utilizadas desde a seleção do objeto de auditoria, durante o planejamento e execução ou até em um eventual monitoramento.

Nas situações em que a presença do auditor no local da obra se dá primordialmente para coleta de imagens, é possível efetuar a comparação do custo de visita à obra com o custo de aquisição de imagens de satélite para avaliação do empreendimento.

Para a realização dessa comparação, algumas premissas foram consideradas: a) o valor de R\$50,0/km² do custo de aquisição da imagem de satélite e b) o valor aproximado de R\$10.000,00 por visita à obra realizada por auditor. Com isso, é possível afirmar que, em média, o custo de uma fiscalização de 4,5 dias equivaleria ao custo de imagens de satélite de alta resolução que somariam 200km² de área. Se considerarmos 2 auditores, essa área saltaria para 400 km².

Novamente, os resultados dos cálculos aqui expressos são apenas uma primeira avaliação da viabilidade de utilização de imagens de satélites em fiscalizações no TCU. Busca-se fornecer um parâmetro que subsidie a decisão da equipe de auditoria. Porém, a escolha dos procedimentos de coleta de dados deve levar em conta as peculiaridades e necessidades de cada caso.

Não é demais lembrar que é possível realizar avaliações dessas imagens de satélites em datas pretéritas e, com isso, avaliar, por exemplo, o andamento e a evolução de um empreendimento ao longo dos anos ou se determinada jazida foi realmente explorada como previsto em projeto.

5.6 Projetos em andamento no TCU relativos a imagens de satélites

Independentemente da contratação pelo Tribunal de Contas da União de imagens de satélites para suporte ao trabalho finalístico de controle externo da administração pública, existem outros projetos em andamento na área de geoprocessamento que merecem destaque.

Está em vigor uma parceria entre o Tribunal de Contas da União e o Laboratório de Sistemas de Informações Espaciais da Universidade de Brasília (LSIE/UnB), formalizada através de um convênio. O objetivo é avaliar o uso de imagens de satélite de alta definição em auditoria de obra ferroviária (Transnordestina) e também nas obras do canal de transposição do Rio São Francisco (Processo TC 007.655/2016-9). A unidade técnica do TCU que está à frente do trabalho é a responsável por fiscalizações de obras em portos, rios, canais e ferrovias.

Nessa pesquisa estão sendo desenvolvidas técnicas e metodologias voltadas para aplicação em atividades de Controle Externo focadas principalmente no

acompanhamento de obras ferroviárias. É importante ressaltar, contudo, que essas técnicas e modelos metodológicos também poderão ser utilizados em fiscalizações de outras modalidades de obras públicas, bem como em outras atividades de Controle Externo (Processo TC 007.655/2016-9).

Inicialmente, a equipe do LSIE/UnB realizou levantamento com diversos fornecedores de imagens de satélites existentes no mercado (gratuitos e comerciais). Por meio de testes realizados em imagens dos diversos satélites cujo acesso é gratuito, avaliou-se que as imagens do Landsat eram as melhores no quesito temporalidade, pois essa base possui um acervo de imagens que remonta à década de 70. Contudo, um fator limitante para sua utilização é a definição gráfica de pixel que varia de 15 a 30 metros, restringindo sua aplicação para grandes áreas ou regiões onde não se necessita um melhor detalhamento (Processo TC 007.655/2016-9).

Durante a pesquisa, foi avaliado todo o percurso da ferrovia Transnordestina e também trecho do canal da transposição do Rio São Francisco. Foram identificados, ainda, diversos padrões de potenciais irregularidades e também identificadas diferentes aplicações de avaliação de obras. As irregularidades encontradas não serão aqui listadas, pois até o presente momento (dezembro de 2017) ainda não ocorreu o julgamento deste processo pelo Plenário do TCU e, por isso, essas informações ainda não podem ser disponibilizadas.

Outro projeto que está em curso é a parceria entre o TCU e a GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). A GIZ trabalha na cooperação internacional com diversos países em busca do desenvolvimento sustentável. Um dos projetos apoiados pela GIZ no TCU é o desenvolvimento da ferramenta de AME (Análise Multicritério Espacial) nas fiscalizações. O objetivo principal da AME é considerar as diversas variáveis existentes em uma tomada de decisão, de forma a determinar prioridades e recomendações.

O trabalho ainda em curso permitirá combinar a técnica AME juntamente com os sistemas de informação geográfica (SIG) e pode ser utilizada para, por exemplo, verificar o traçado mais adequado de determinada rodovia ou ferrovia ou, ainda, a localização ideal de um hospital ou escola baseado no público que ela pretende atender.

Apesar de não ser papel do TCU atuar na tomada de decisão que cabe aos gestores, compete aos órgãos de controle verificar as razões que embasaram o processo de tomada de decisão. E essa ferramenta pode ser muito útil por possibilitar a redução do

subjetivismo nas tomadas de decisão, na medida em que propõe a aplicação de regras matemáticas que atribuem pesos às variáveis que constem no projeto.

5.7 Oferta de cursos na área de análise de imagens de satélite

No período de 6 a 8 de fevereiro de 2018 o Instituto Serzedello Corrêa (ISC) do TCU ofertou pela primeira vez um curso voltado para o planejamento e execução de auditorias com o uso de geotecnologias. O curso foi voltado para servidores do TCU e teve como objetivo possibilitar ao auditor reconhecer as situações em que seria possível a aplicação de geotecnologias a fiscalizações, examinar as potencialidades e identificar quando essa tecnologia pode ser utilizada no planejamento e na execução de auditorias (<https://contas.tcu.gov.br/pls/apex/f?p=portal:detalhe:::::V:151737>).

Outro curso com o mesmo objetivo está previsto para o mês de abril de 2018. A capacitação de mais servidores pretende alavancar a utilização de imagens de satélites pelas unidades técnicas do TCU durante as fiscalizações.

5.8 Limitações na utilização de imagens de satélites

A utilização de imagens de satélites possui diversas vantagens como as já identificadas neste trabalho. Contudo, é óbvio que só será possível a sua utilização para verificação de locais onde seja possível a captação de imagens por satélites, de tal forma que avaliação de locais protegidos tais como interior de edificações ou de túneis são situações onde as imagens de satélites não poderão ser usadas.

Permanecem ainda as limitações de ordem técnica. Alguns satélites têm cobertura limitada e nem sempre será possível adquirir imagens de qualquer região em datas pretéritas. Ainda, imagens podem ser de difícil visualização caso ocorra a presença de nuvens. Caso a presença de nuvens prejudique a visualização, será necessária a procura de imagens do local a ser avaliado de datas próximas à desejada.

Existem ainda avaliações que só são possíveis na presença do auditor na obra tais como: exame da qualidade do material utilizado, análise documental da obra, avaliação dos ensaios realizado *in loco* entre outras.

Com isso, é importante que o planejamento de uma fiscalização contemple essas limitações e eventuais riscos de uma não obtenção da imagem em virtude de ausência de cobertura na data programada.

6. CONCLUSÃO

Ao avaliar os processos em que ocorreu a utilização de imagens de satélites, foi possível constatar que, em alguns casos, os jurisdicionados do TCU já estão utilizando esse tipo de imagem em suas defesas. Desta forma, é importante que sejam definidos pelo TCU os critérios de utilização e de aceitação de imagens de satélites de forma a tentar padronizar o tratamento a ser dado às evidências da espécie.

Na pesquisa efetuada também foi possível diagnosticar que o Poder Executivo já utiliza as imagens de satélites no acompanhamento de programas e ações governamentais. Nesse sentido, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) tem um papel importante ao fornecer imagens a diversos órgãos para esse tipo de verificação.

Foi identificado, ainda, que o TCU já utiliza imagens de satélite em muitas de suas fiscalizações. As imagens utilizadas são, normalmente, gratuitas e de baixa resolução. Apesar disso, muitas fiscalizações puderam ser realizadas somente com a utilização e análise desse tipo de imagem.

Em alguns casos não foi necessária a presença do auditor no local da obra, pois a imagem trouxe elementos suficientes para o que se desejava verificar. Em outras obras auditadas, foi possível observar as limitações intrínsecas à utilização das imagens de satélites, que não permitem, por exemplo a avaliação da qualidade do material empregado na obra.

Como pode ser comprovado nos processos avaliados, é possível a identificação de algumas características de um empreendimento somente com a utilização de imagens gratuitas. Contudo, imagens de alta resolução trazem novos desafios e possibilidades nas fiscalizações pelos órgãos de controle. Essas imagens com maior nitidez são comercializadas de diversas maneiras. A forma de contratação varia conforme a utilização de cada órgão e essa avaliação deve ser efetuada em cada caso.

A incorporação das imagens de satélites às rotinas de fiscalização do Tribunal deverá levar ao aumento da expectativa de controle junto aos auditados, na medida em que saberão que, em qualquer momento, será possível a obtenção de imagens satélite para verificação de qualquer fase do empreendimento, inclusive relacionadas a datas pretéritas. Isso aumenta sobremaneira a possibilidade de detecção de diversos tipos de fraudes, tais como a de antecipação de despesa, utilização de jazida diferente da prevista em projeto, entre outras. É importante destacar ainda a possibilidade de utilização de

imagens de satélites na verificação de empreendimentos em locais remotos ou de difícil acesso além é claro de auditorias em diversas áreas como, por exemplo, na área ambiental.

Além do TCU, outros órgãos de controle como a CGU ou tribunais de contas estaduais poderão utilizar esse tipo de ferramenta como evidência nos trabalhos. As imagens de satélites podem ser utilizadas ainda em outras áreas como em perícias judiciais ou levantamentos diversos.

Entretanto, no âmbito do TCU, ainda não existe normatização ou padronização para o uso de imagens de satélites. Essa normatização deverá fomentar e regular a utilização do recurso tecnológico em todas as situações que se mostrarem adequadas, o que deverá propiciar economia de recursos governamentais ora despendidos, muitas vezes, com visitas *in loco* desnecessárias.

Por todo o exposto, é importante que possa ser ofertado treinamento adequado para as equipes de fiscalização, de forma a possibilitar que se sintam aptas a avaliar adequadamente a pertinência e as vantagens da utilização de imagens de satélite.

Por fim, destaca-se o ineditismo do presente trabalho na medida em que não foi encontrado na pesquisa realizada na base de dados da Capes nenhum trabalho de pesquisa que tratasse de auditoria com a utilização de imagens de satélites.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. A. DE; SELEME, R.; NETO, J. C. Rodovia Transoceânica: uma alternativa logística para o escoamento das exportações da soja brasileira com destino à China. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 2, p. 351–368, 2013.

BARTHOLOMEU, D. B.; FILHO, J. V. C. Impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras: um estudo de caso. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, p. 36, 2008.

BRASIL. Emenda Constitucional 95, de 15 de dezembro de 2016. . 2016 a.

CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO. **Portal da Transparência**. Disponível em: <http://www.portaltransparencia.gov.br/PortalSubFuncoes_Detalhe.asp?Exercicio=2017&codSubFuncao=782>. Acesso em: 27 nov. 2017.

CNT. **Modal Rodoviário**. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Modal/modal-rodoviario-cnt>>. Acesso em: 17 nov. 2017a.

CNT. Transporte rodoviário: desempenho do setor, infraestrutura e investimentos. **CNT**, n. 67, 2017b.

CNT; SEST; SENAT. Pesquisa CNT de Rodovias 2017: relatório gerencial. **Pesquisa CNT de rodovias 2017: relatório gerencial.**, v. 1, p. 406, 2017.

DIGITALGLOBE. **DigitalGlobe Basemap**. Disponível em: <<https://www.digitalglobe.com/products/digitalglobe-basemap>>. Acesso em: 11 dez. 2017.

DNIT. **DNITGeo – Geotecnologias Aplicadas**. Disponível em: <<http://dnit.gov.br/planejamento-e-pesquisa/planejamento/dnitgeo-2013-geotecnologias-aplicadas-1>>. Acesso em: 14 dez. 2017.

DNIT. **Aplicações do Geoprocessamento na Caracterização Topográfica da Infraestrutura de Transportes**. Disponível em: <<http://dnit.gov.br/planejamento-e-pesquisa/planejamento/dnitgeo-2013-geotecnologias-aplicadas-1>>. Acesso em: 14 dez. 2017.

ENGESAT. **WorldView-3**. Disponível em: <<http://www.engosat.com.br/imagem-de-satelite/world-view-3/>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

ESPOSITO, I. R. **Com contingenciamento, PAC reduz 45% do orçamento para 2017**. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2017-07/com-contingenciamento-pac-perde-45-do-orcamento-para-2017>>. Acesso em: 19 dez. 2017.

FILHO, R. E. A. Turbulência no aerolevanteamento. **Info Geo**, v. 1, n. 14, p. 36–39, 2000.

FONTES, L. C. A. DE A. **Levantamentos Aerofotogramétricos Aplicados À**

Topografia Fundamentos De Aerofotogrametria. Salvador. 2005.

GALLIS, R. B. DE A. et al. Extração semi-automática de rodovias em um par de imagens aéreas digitais utilizando geometria epipolar e programação dinâmica. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 12, n. 1, p. 19–35, 2006.

GOOGLE. **Google Earth Engine.** Disponível em: <<https://earthengine.google.com/datasets/>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

GRANEMANN, D. C.; CARNEIRO, G. L. MONITORAMENTO DE FOCOS DE INCÊNDIO E ÁREAS QUEIMADAS COM A UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 55–62, 2009.

HAGHIGHATTALAB, A. et al. Post-earthquake road damage assessment using region-based algorithms from high-resolution satellite images. **Haghighattalab, A.;** **Mohammadzadeh, A.;** **Valadan Zoej, M.J.;** **Taleai, M.**, v. 7830, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **PRODES - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite.** Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

INTOSAI. ISSAI 3100 - Orientações sobre Conceitos Centrais para Auditoria Operacional. . 2010.

ISHIBASHI, R.; POZ, A. P. D. Extração automática de segmentos lineares de rodovias em imagens de resoluções variadas. p. 352–372, 2009.

JÚNIOR, J. I. F.; NÓBREGA, R. A. DE A.; OLIVEIRA, L. K. DE. Modelagem de dados geográficos para definição de corredores alternativos no rododnel da região metropolitana de Belo Horizonte: cenários comparativos. **Revista do TCU**, v. 137, p. 71–80, 2016.

JÚNIOR, O. A. DE C.; GUIMARÃES, R. F. G.; GOMES, R. A. T. O Potencial de dados de sensoriamento remoto na fiscalização de obras públicas. **Revista do TCU**, v. 137, p. 81–96, 2016.

KUMAR, M. et al. Road Network Extraction from High Resolution Multispectral Satellite Imagery Based on Object Oriented Techniques. **ISPRS Annals of the Photogrammetry**, v. II, n. 8, p. 107–110, 2014.

LEITÃO, A. J. **Obras públicas: artimanhas & conluios.** 4. ed. São Paulo: Liv. e Ed. Universitária de Direito, 2013.

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

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto.** Campo Grande, MS: Editora UNIDERP, 2006.

LOPES, A. DE O. **Superfaturamento de obras públicas**. São Paulo: Livro Pronto Editora, 2011.

LOPES, E. P. Características do Transporte Rodoviário de Carga – TRC: infraestrutura logística e estrutura de mercado. **Revista CNA Brasil**, p. 4–9, 2015.

LOPES, E. P. MILHO NO NORDESTE EM TEMPOS DE ESTIAGEM: COMO A LOGÍSTICA E INFRAESTRUTURA GARANTIR O. **Revista CNA Brasil**, p. 1–9, 2016.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing - Uma Orientação Aplicada**. 3a. ed. Porto Alegre: Art Med, 1999.

MIRANDA, A. C. DE O.; MATOS, C. R. DE. Potencial uso do BIM na fiscalização de obras públicas. **Revista do TCU**, v. 1, n. 133, p. 22–31, 2015.

MIRNALINEE, T.; DAS, S.; VARGHESE, K. An Integrated Multistage Framework for Automatic Road Extraction from High Resolution Satellite Imagery. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, v. 39, n. 1, p. 1–25, 2011.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Planejamento discute aquisição de imagens de satélite**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2013/11/planejamento-discute-aquisicao-de-imagens-de-satelite>>. 2013. Acesso em: 12 dez. 2017.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Imagens de satélites auxiliam no planejamento da administração pública**. Disponível em: <<http://www.planejamento.gov.br/assuntos/assuntos-economicos/noticias/imagens-de-satelites-auxiliam-no-planejamento-da-administracao-publica>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

NECSOIU, M. et al. Using TerraSAR-X satellite data to detect road age and degradation. **Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering**, v. 10188, 2017.

PEREIRA, A. A. et al. VALIDAÇÃO DE FOCOS DE CALOR UTILIZADOS NO MONITORAMENTO ORBITAL DE QUEIMADAS POR MEIO DE IMAGENS TM. **CERNE**, v. 18, n. 2, p. 335–343, 2012.

PEREIRA, F. D. Imagens Orbitais de Alta Resolução. **Info Geo**, p. 73, 2000.

POZ, A. P. D. Extração De Feições Rodoviárias Em Imagens Digitais: Metodologias Desenvolvidas Pelo GP-F&VC. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 11, n. 2, p. 179–199, 2005.

POZ, A. P. D.; GALLIS, R. D. A.; SILVA, J. F. C. DA. Extração semi-automática de rodovia baseada em um par estéreo de imagens aéreas em otimização por programação dinâmica no espaço-objeto. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 16, n. 2, p. 189–209, 2010.

ROCHA, R. et al. **UTILIZAÇÃO DE IMAGENS ORBITAIS E AÉREAS NO ESTUDO DA**

OCUPAÇÃO E PLANEJAMENTO URBANO. [s.l.: s.n.].

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 3a. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

SARAIVA, A. M. et al. Reformas Fiscais no Brasil: uma análise da EC 95 / 2016 (Teto dos Gastos). v. 2017, p. 1–20, 2017.

SILVA, D. C. DA. Evolução da Fotogrametria no Brasil. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 3, n. 2, p. 81–96, 2015.

SINGH, P. P.; GARG, R. D. Automatic Road Extraction from High Resolution Satellite Image using Adaptive Global Thresholding and Morphological Operations. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, v. 41, n. 3, p. 631–640, set. 2013.

SOKOLOVA, N.; MORRISON, A.; HAAKONSEN, T. A. Public road infrastructure inventory in degraded global navigation satellite system signal environments. **Journal of Geodetic Science**, v. 5, n. 1, p. 9–17, 2015.

SOUZA, A. D. DE. **Modelo de controle para obras de esgotamento sanitário utilizando sistema de informações geográficas**. [s.l.] Universidade Federal de Pernambuco, 2016.

TEMBA, P. **Fundamentos da Fotogrametria**. Belo Horizonte. 2000.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Sistema Geo-Obras TCEMG**. Disponível em: <<http://portalgeoobras.tce.mg.gov.br/>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Portaria-TCU n. 82. . 2012.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Fiscobras 2017: Consolidação das fiscalizações realizadas pelo trinunal para atender o disposto na Lei n. 13.408/2016 - diretrizes para elaboração e execução da Lei Orçamentária de 2017**. Disponível em: <<http://contas.tcu.gov.br/portaltextual/PesquisaFormulario>>. Acesso em: 24 nov. 2017a.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **TCU promove debate sobre a EC nº 95**. Disponível em: <<http://portal.tcu.gov.br/imprensa/noticias/tcu-promove-debate-sobre-a-ec-n-95.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2017b.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Fiscobras 2017**. P.24, 2017.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Fiscobras: 20 anos**. Brasília: TCU, Secretaria-Geral de Controle Externo, 2016.

VERSIGNASSI, A. **Que satélites há hoje orbitando a Terra? Para que servem?** Disponível em: <<https://mundoestranho.abril.com.br/ciencia/que-satelites-ha-hoje-orbitando-a-terra-para-que-servem/>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

YAMAGUCHI, K.; SAJI, H. Analysis of road damage after a large-scale earthquake using satellite images. **Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering**, v. 8524, 2012.

ZUBAIR, S.; GHAZAL, L. Evaluating the Road Safety Design through High ResolutionSatellite Image: A Case Study of Karachi Metropolitan. **MATEC Web of Conferences**, v. 81, p. 6, 2016.