

## **ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA OBRA DO TRECHO NORTE DO RODOANEL MÁRIO COVAS ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO E IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Camila Lie Miyazaki (IC) e Sergio Vicente Denser Pamboukian (Orientador)

**Apoio: PIBIC Mackenzie**

### **RESUMO**

Toda obra de engenharia apresenta consequências, tanto positivas como negativas, no meio físico, biótico e antrópico, tornando-se indispensável o domínio de processos para diagnósticos desses, de maneira que, a partir dos resultados obtidos a alternativa mais eficiente e conveniente seja escolhida. Tendo isto em vista, o presente estudo tem como objetivo aplicar técnicas de geoprocessamento para desenvolver uma série de mapas que permita confrontar os dados apresentados no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Trecho Norte do Rodoanel Mário Covas, necessário para seu licenciamento. Para tanto, utilizou-se um Sistema de Informações Geográficas na elaboração de mapas dos impactos ambientais no meio biótico com base em três cenários: o projeto fornecido no EIA de 2010, a atualização de 2014, disponibilizada pela empresa responsável após início da obra, e a situação durante sua execução em 2016. Após a análise e comparação dos dados adquiridos para cada caso (tais como área desmatada, área desmatada sobre Áreas de Preservação Permanente, Parque Estadual da Cantareira e Horto Florestal) e, ainda, a partir do cálculo dos índices de concordância, dois a dois, verificou-se que devido às alterações no trajeto exibido no EIA, houve divergências entre este e o executado. Concluiu-se que o cenário atual se assemelha mais com a atualização de 2014, que já contemplava essas mudanças.

**Palavras-chave:** Estudo de Impacto Ambiental, Geoprocessamento, Rodoanel Mário Covas.

### **ABSTRACT**

Every engineering work has consequences, some positive, some negative, on the physical, biotic, and anthropic environment, making indispensable the command of its diagnosis processing, which in turn assures the most efficient and convenient alternative is chosen and used. As a means to that, this study aims to develop a series of maps, using Geoprocessing tools, allowing a comparison between data presented in the Environmental Impact Statement (EIS), needed to acquire the license for the North Section of Rodoanel Mário Covas. Therefore we made use of a Geographical Information System to elaborate maps of the Rodoanel impact in the biotic environment, based in three scenarios: the project published in the 2010 EIS, the 2014 updated version, presented by the responsible company after the beginning of construction, and the situation during its execution, in 2016. After analyzing and comparing the acquired data for each case (such as deforested area, deforested area on Permanent

Preservation Areas, Parque Estadual da Cantareira and Horto Florestal) and computing the index of correspondence of each pair, we have come to the conclusion that due to changes on the path proposed in the EIS, there were discrepancies between it and the performed work. In conclusion, the present scenario is much more similar to the updated version of 2014, which already carried these changes.

**Keywords:** Environmental Impact Statement, Geoprocessing, Rodoanel Mário Covas.

## 1. INTRODUÇÃO

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 001 (BRASIL,1986) é a responsável por estabelecer quais atividades modificadoras do meio ambiente necessitam apresentar o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para o seu licenciamento, sendo o Rodoanel Mário Covas uma dessas atividades.

Quando se trata do estado de São Paulo, o mais populoso do país com 44,4 milhões de habitantes, dos quais 12 milhões concentrados no município de São Paulo (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2015), é inevitável se deparar com o problema da mobilidade urbana. A decisão tomada pelas três esferas de poder (União, Estado de São Paulo e Prefeitura do Município de São Paulo), de construir o Rodoanel, em 1997, teve como objetivo atenuar esse problema na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) (DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S/A, 2010).

O Trecho Norte do Rodoanel Mário Covas, iniciado em 25 de fevereiro de 2013, terá 44 km de extensão. Fará interligações com o Trecho Oeste, na altura da Av. Raimundo Pereira de Magalhães, no município de São Paulo, com o Trecho Leste, na Rodovia Presidente Dutra, Arujá, ambos já em operação e com o Aeroporto Internacional de Guarulhos e a Rodovia Fernão Dias. Após sua conclusão, será possível ordenar o tráfego de passagem para o entorno da RMSP, de forma a desafogar os sistemas viários locais, principalmente a Marginal Tietê, que apresentará redução de 23% do volume diário médio de caminhões, segundo dados da empresa responsável pelo empreendimento, Desenvolvimento Rodoviário S/A (DERSA) (2010).

A obra em questão gerou discussões desde o início de seu planejamento, principalmente por sua localização, próxima à Serra da Cantareira, uma das maiores florestas urbanas do mundo, região de nascentes e cursos d'água, importante remanescente da Mata Atlântica da RMSP, e parte da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo (RBCVSP), assim declarada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), em 1994 (SÃO PAULO, 2016a).

O trajeto escolhido, ao Sul da Serra da Cantareira, apesar de ser o de menor impacto, apresenta intervenções significativas sobre a vegetação da área, visto que 14,7% das áreas de vegetação nativas e 30,9% das áreas antropizadas com vegetação associada se localizam em Áreas de Preservação Permanentes (APPs). Tais dados foram obtidos, baseados na delimitação das APPs considerando os cursos d'água e nascentes constantes nas cartas topográficas da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A (EMPLASA), e segundo

as Leis Federais Nº 4.771/1965 e 303/2002 e Lei Municipal Nº 4.566/1994 (Guarulhos) (CONSÓRCIO JGP; PRIME, 2010).

A Engenharia Civil está constantemente vinculada ao meio ambiente, uma vez que suas atividades resultam em impactos irreversíveis. Assim, cabe ao engenheiro fazer uso das tecnologias disponíveis para estudo e avaliação desses impactos para que seus resultados sejam contemplados na elaboração e execução do projeto. Tendo isso em vista, no presente trabalho desenvolveu-se a análise dos impactos ambientais causados pela obra do Rodoanel, nos lotes 2 e 3, por meio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Um Sistema de Informações Geográficas (SIG) viabilizou a elaboração de uma coletânea de mapas das áreas de interesse e, posteriormente, a quantificação destas, de forma a simular a realização de um EIA.

### **1.1. Objetivos**

O principal objetivo deste trabalho é, por meio das técnicas de geoprocessamento, desenvolver uma coleção de mapas que permita a análise dos impactos ambientais causados pela obra do Trecho Norte do Rodoanel Mário Covas, de maneira a realizar uma comparação entre as informações apresentadas pela empresa DERSA e as reais condições.

Os objetivos específicos são:

- delimitar a área de estudo no software QGIS e efetuar o traçado dos lotes 2 e 3 do Rodoanel;
- gerar mapas que permitam identificar áreas de interesse como Área de Preservação Permanente (APP), Área de Influência Indireta (AII), Área de Influência Direta (AID), Área Diretamente Afetada (ADA), área de supressão vegetal, área de supressão vegetal sobre APPs, Horto Florestal e Parque Estadual da Cantareira (PEC).
- efetuar comparação entre os resultados obtidos através do EIA, o relatório atualizado de 2014 e as imagens atualizadas da região, obtidas pelo Google;
- avaliar os impactos ambientais da construção do Rodoanel.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Nesta seção serão expostos os conceitos e critérios que foram abordados no estudo, tais como APP, Áreas de Influência, Geoprocessamento, *Web Map Service* (WMS), Sensoriamento Remoto e Classificação Supervisionada, além de uma pequena introdução ao Horto Florestal.

### **2.1. Área de Preservação Permanente**

Área de Preservação Permanente é, segundo a Lei Federal nº 12.651:

[...] área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas [...] (BRASIL, 2012)

No caso dos percursos d'água presentes no local de estudo foi determinada, pela Resolução CONAMA nº 303 (BRASIL, 2002), Art. 3º, que “a área situada em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima de trinta metros [...]” constitui a APP.

## **2.2. Áreas de Influência**

As Áreas de Influência são um dos aspectos que devem ser apresentados no EIA, segundo a Resolução CONAMA nº 001 (BRASIL, 1986). Os critérios de delimitação dessas áreas, utilizados para o desenvolvimento do presente estudo, foram fornecidos pela DERSA, conforme classificação abaixo.

### **2.2.1. Área de Influência Indireta**

A AII compõe-se pelos territórios dos seguintes municípios:

- Guarulhos, Arujá, Itaquaquetuba e Santa Isabel;
- São Paulo, zona norte, incluindo as Subprefeituras ao norte da Marginal Tietê: Perus, Pirituba, Freguesia do Ó/Brasilândia; Casa Verde/Cachoeirinha, Santana/Tucuruvi, Vila Maria/Vila Guilherme e Jaçanã/Tremembé;
- Mairiporã, Caieiras, Franco da Rocha, Francisco Morato, Cajamar e Santana de Parnaíba (CONSÓRCIO JGP; PRIME, 2010).

### **2.2.2. Área de Influência Direta**

A AID consiste na “[...] faixa variável, de no mínimo 1.000 metros de cada lado do eixo escolhido, de maneira a permitir a avaliação de impactos e medidas diretamente atribuíveis ao empreendimento” (CONSÓRCIO JGP; PRIME, 2010).

### **2.2.3. Área Diretamente Afetada**

A ADA compreende

[...] toda a faixa de intervenção direta das obras, mesmo quando fora da faixa de domínio, até um ponto a 5 metros do *off-set* de cortes, 10 metros da base das saias de aterro, e 10 metros do limite do acostamento em trechos que se desenvolvem na cota do terreno natural; todas as áreas de apoio externas à faixa de domínio já pré-definidas, como as áreas de bota-fora e empréstimo, incluindo os eixos viários de interligação entre as áreas de apoio e a faixa de domínio (CONSÓRCIO JGP; PRIME, 2010).

### 2.3. Horto Florestal

O Parque Estadual Alberto Löfgren, mais conhecido como Horto Florestal, foi a primeira área de conservação estabelecida no estado de São Paulo. Localizado na encosta da Serra da Cantareira, faz parte da zona de amortecimento e área junta ao PEC (SÃO PAULO, 2017).

### 2.4. Geoprocessamento

O geoprocessamento é a área do conhecimento que analisa dados espaciais, através de técnicas matemáticas e computacionais. O SIG é uma ferramenta, composta por hardware, software e dados geográficos, que realiza o tratamento computacional de informações geográficas e recupera informações fundamentadas em suas características alfanuméricas e em sua localização espacial. Portanto, há a necessidade de se trabalhar com dados georreferenciados, ou seja, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica (RUFINO; FACUNDO, 2014). Existem diversos formatos de imagens georreferenciadas, como: GeoTiff, Dxf, Shape, entre outras.

O SIG trabalha com camadas (*layers*) que podem conter diferentes informações, tanto qualitativas como quantitativas. A manipulação desses *layers* ocorre de maneira dinâmica, dando liberdade ao usuário de sobreposição e combinação dos mesmos de acordo com seu interesse. Existem dois tipos diferentes de camadas, matricial (*raster*) e vetorial (*shapefile*). A primeira é composta por *pixels*, como exemplo as imagens de satélite, já a segunda é formada por feições, tais como pontos, linhas e polígonos. Cada feição pode estar também ligada a um ou mais atributos, organizados e dispostos na Tabela de Atributos. Além da função citada anteriormente, a Tabela de Atributos disponibiliza a Calculadora de Campo, que opera utilizando uma gama de expressões de lógica, permitindo a criação de novos atributos, como área, perímetro, etc.

O QGIS, SIG empregado para realizar o presente estudo, oferece a opção de instalar complementos (*plugin*) que expandem seus recursos, como o *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), Georreferenciador GDAL e *OpenLayers*.

### 2.5. Web Map Service

O *Web Map Service* é um formato que permite solicitar o acesso a mapas georreferenciados de um ou mais bancos de dados mediante o uso de um endereço (URL). O usuário ainda pode selecionar as camadas que serão exibidas e definir o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC). A EMPLASA, o Google e o Bing são exemplos de empresas e institutos que oferecem esse serviço (PAMBOUKIAN, 2012b).

## 2.6. Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto é uma técnica para obtenção de informações sobre objetos a partir de dados coletados por instrumentos sem um contato direto. Isso se dá através do registro, por sensores remotos, da energia refletida ou emitida pelos elementos, segundo o conceito da Radiação Eletromagnética em diferentes comprimentos de onda (bandas) (MORAES, 2002). Por meio das combinações das bandas consegue-se ressaltar determinadas áreas de interesse.

## 2.7. Classificação Supervisionada

A classificação supervisionada é um recurso de extração de informações em imagens com o fim de reconhecer padrões e objetos homogêneos. Esse processo simplifica e agiliza o processo de identificação de regiões de ocorrência de vegetação, água, terra exposta, urbanização, etc. Para tal, o usuário deve determinar as Áreas de Treinamento ou Regiões de Interesse (ROI – *Region Of Interest*), ou seja, selecionar as amostras representativas de cada classe (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2017).

Existem duas maneiras para criar as ROIs, por um algoritmo de crescimento de região ou manualmente, definindo-se um polígono que delimita a área. Para um melhor resultado, deve ser definida uma grande quantidade de ROIs (PAMBOUKIAN, 2012a).

## 3. METODOLOGIA

No desenvolvimento de todos os mapas foram aplicadas as mesmas técnicas e critérios para a comparação dos dados obtidos. O SRC adotado em todos os mapas foi o SIRGAS 2000 / UTM zona 23S (EPSG:31983).

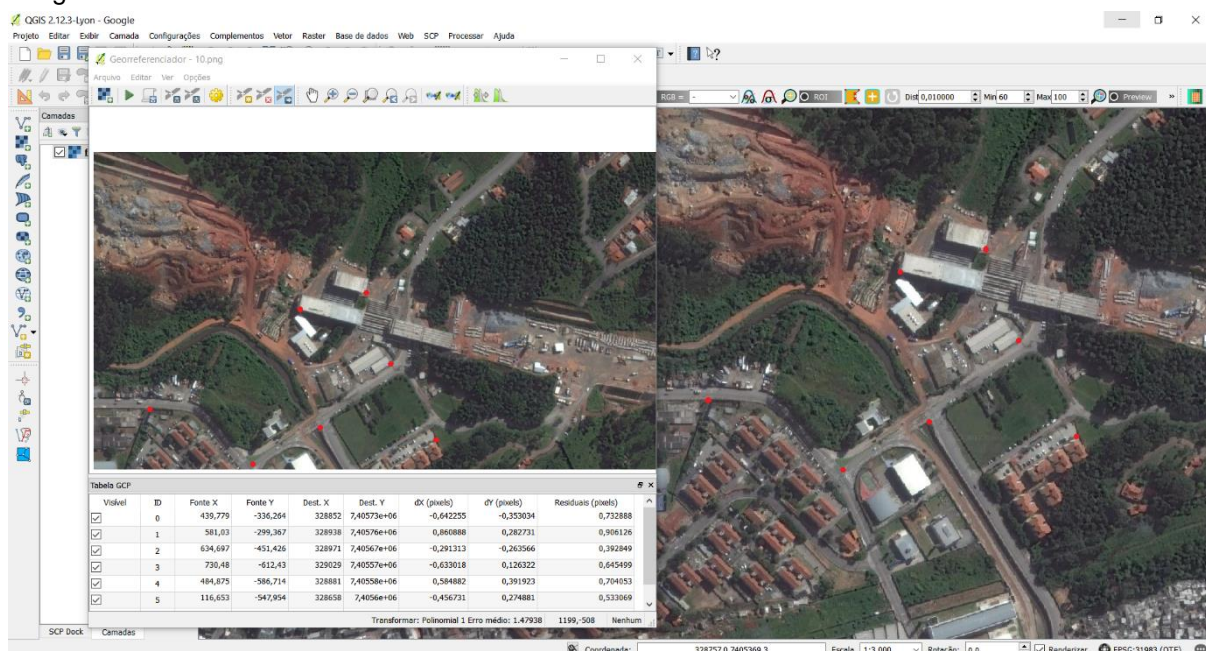
As imagens utilizadas como base da situação atual foram extraídas no formato PNG com o uso de um complemento do QGIS chamado *OpenLayers*, tendo como servidor o *Google Maps* (GOOGLE INC, 2016). Como o QGIS só permite uso de arquivos georreferenciados, essas imagens tiveram que ser georreferenciadas por meio do *plugin* Georreferenciador GDAL.

Nesta etapa utilizou-se o WMS do *Google Earth*, adquirido do material disponibilizado pela página Processamento Digital (2015), para a determinação dos pontos de controle, correspondentes aos pontos vermelhos na Imagem 1. Ao se determinar os pontos de controle são atribuídas coordenadas geográficas à imagem PNG.

Durante o processo, uma tabela é construída automaticamente pelo complemento na qual são organizadas as coordenadas da imagem fonte e sua correspondente coordenada da imagem destino. Além disso, também é indicado o deslocamento nas direções x e y entre as coordenadas selecionadas e as coordenadas ajustadas e o deslocamento direto, residual. Por

meio desses valores, é possível manter controle sobre a qualidade do procedimento, sendo desejável um valor próximo de zero. Concluído o processo, as imagens ficaram em formato GeoTiff.

Imagem 1 – Processo de determinação dos pontos de controle para georreferenciamento de uma imagem.



Fonte: O autor, por meio do WMS (PROCESSAMENTO DIGITAL, 2015) e imagens do Google Inc (2016).

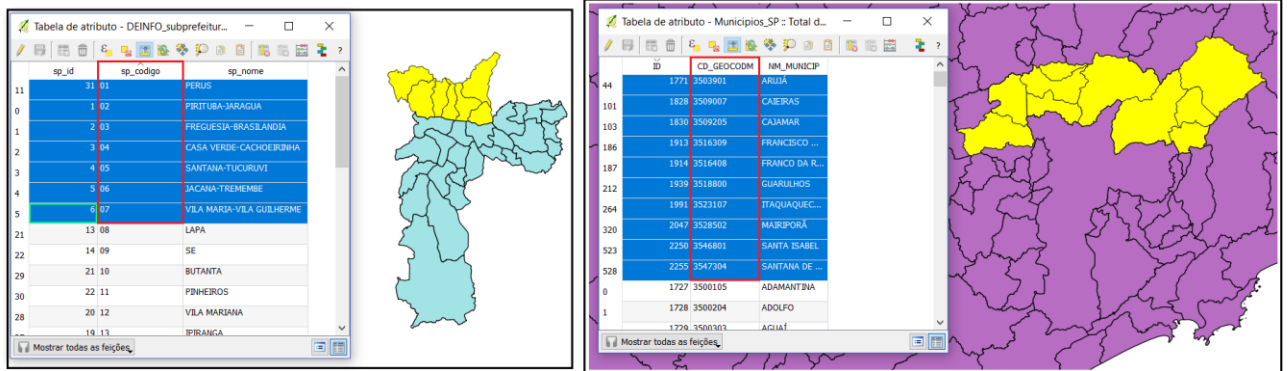
Os mapas do EIA e da atualização de 2014 também passaram pelo mesmo processo, tendo como referência para obtenção dos pontos de controle a ortofoto de 2010, fornecida pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (2010). Todo o novo material georreferenciado foi aplicado na elaboração de diferentes camadas, tais como o eixo do traçado, a AID, a ADA e cursos d'água.

A All foi delimitada através do filtro dos *shapefiles* dos municípios de São Paulo e das subprefeituras de São Paulo, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016) e pela Prefeitura de São Paulo (SÃO PAULO, 2016c), respectivamente. Para tal, deve-se conhecer algum tipo de identificação de cada feição que se pretende manter, o que pode ser obtido pela Tabela de Atributos, como destacado na Imagem 2. Foram utilizados os códigos da coluna "CD\_GEOCODM", para os municípios e "sp\_codigo", para as subprefeituras. Uma vez anotados os códigos, seguiu-se com o filtro, por meio de uma expressão de filtragem "SUBSTR", que mantém no *layer* apenas as feições indicadas, como ilustrado na Imagem 3.

Para a determinação das AIDs, fez-se uso da ferramenta de análise espacial, *buffers*. Já as ADAs foram desenhadas manualmente no QGIS, utilizando-se os mapas do EIA, de 2014 e de 2016.

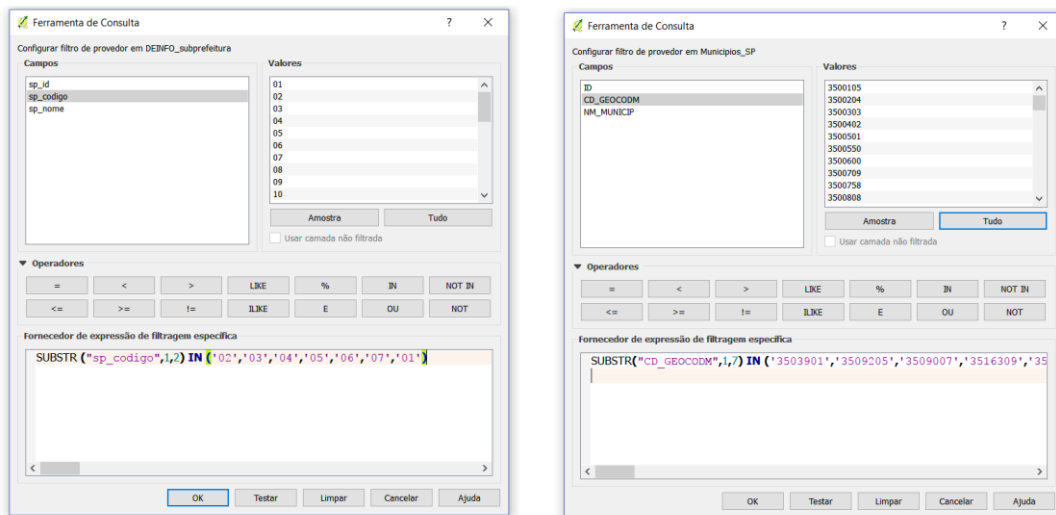


Imagem 2 – Consultando a Tabela de Atributos para identificar as feições relevantes.



Fonte: O autor, através dos *shapefiles* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016) e Prefeitura de São Paulo (SÃO PAULO, 2016c).

Imagem 3 – Determinar a expressão de filtragem, usando os dados extraídos da Tabela de Atributos.



Fonte: O autor.

Para determinar as APPs, primeiramente, foi criada uma camada vetorial de linhas dos cursos d’água da região de estudo, utilizando-se como base os mapas do EIA para realizar manualmente seus traçados. Por fim, foi realizada a delimitação das faixas de preservação permanente pela ferramenta buffers, segundo especificação das leis vigentes.

O método para identificar as áreas de supressão vegetal devido à execução da obra consiste no comparativo entre a vegetação antes do início da obra e as ADAs. Para tal, foi produzido um *layer* vetorial de polígonos, tendo como base a ortofoto obtida pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (2010), e manualmente foram delimitadas as áreas com vegetação, demonstradas na Imagem 4, na cor azul. Em seguida, realizou-se a intersecção entre as áreas da nova camada criada e das ADAs das três situações.

Utilizando as camadas de áreas de supressão vegetal, foram realizadas intersecções, duas a duas, para obter as áreas iguais entre elas e, posteriormente, calcular os índices de

concordância. O índice de concordância é o quociente entre a área em comum e o somatório das áreas distintas e em comum.

Imagem 4 – Criação dos polígonos correspondentes às áreas de vegetação em 2010, antes do início da obra.



Fonte: O autor, através da ortofoto fornecida pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (2010).

Na página GeoSampa (SÃO PAULO, 2016b), foram obtidos arquivos *shapefile* das áreas verdes da cidade de São Paulo. Para adquirir apenas as áreas correspondentes ao Horto Florestal e ao PEC, utilizou-se novamente o filtro “SUBSTR”. Realizando a intersecção com todas as áreas desmatadas disponíveis, obteve-se as áreas desmatadas especificamente nessas localidades. Realizando o mesmo método, foram determinadas as áreas de desmatamento sobre as APPs.

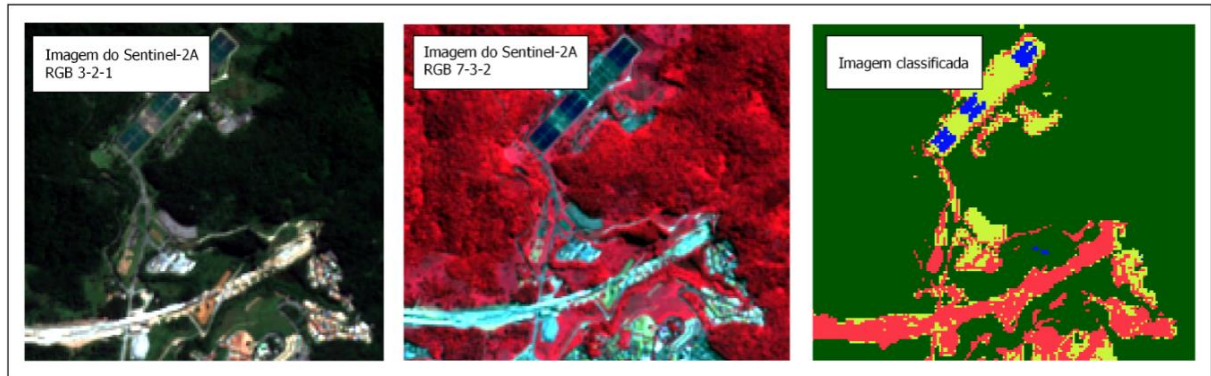
Uma vez que todas essas *layers* foram produzidas, seguiu-se a criação dos mapas através de sobreposição de camadas. Tanto para o mapa segundo o EIA como o mapa de 2014, foram utilizadas como arquivo *raster* a ortofoto de 2010. Já para o mapa atual, as imagens inicialmente georreferenciadas do *Google Maps*. Finalmente, a partir do Compositor de Impressão pôde-se adicionar nesses mapas elementos como título, escala, legenda, entre outros.

Como a produção do mapa da ADA de 2016 foi feita manualmente, o sensoriamento remoto e a classificação supervisionada serviram como parâmetro para verificação de sua precisão. As imagens de satélite manipuladas foram obtidas do satélite *Sentinel 2A* (COPERNICUS, 2016).

Depois de coletadas as imagens, elas passaram pelo pré-processamento do SCP, para melhorar a qualidade das imagens obtidas e os resultados da classificação passaram pelos processos de conversão de radiância para reflectância e cortes. Em seguida criou-se

uma *bandset* com as bandas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8A, 11 e 12. Para melhor visualização foi definida a combinação de bandas RGB 7-3-2, como mostrado na Imagem 5.

Imagem 5 – Classificação supervisionada.



Fonte: O autor, através de imagens do Sentinel 2A (COPERNICUS, 2016).

Posteriormente, foram determinados as ROIs para 4 classes: água, construção, solo exposto e vegetação, nas cores azul, amarelo, vermelho e verde, respectivamente. O SRC permite também verificar a qualidade das amostras por meio de gráficos de assinaturas espectrais e realizar a visualização prévia (*preview*) da classificação em fragmento da imagem para, assim, gerar um *raster* da imagem inteira.

#### 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Por meio da criação dos mapas e da manipulação das diversas camadas geradas, realizou-se a análise quantitativa das áreas que foram previstas e as que foram realmente desmatadas, de forma a revelar a verdadeira concordância entre o projeto e a execução da obra.

##### 4.1. Traçado do lote 3

Em 2014, a empresa responsável pelo empreendimento disponibilizou mapas com traçado modificado em sua página (DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S/A, 2014), tendo a alteração ocorrida no lote 3, destacada no Mapa 1. Segundo a empresa (SERVIÇO DE INFORMAÇÃO AO CIDADÃO - DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S/A, 2016), a mudança se deu por razões técnicas de geometria e por questões ambientais, de maneira a preservar os lagos de recreação do Clube da Sabesp, além da paisagem local da Serra da Cantareira.

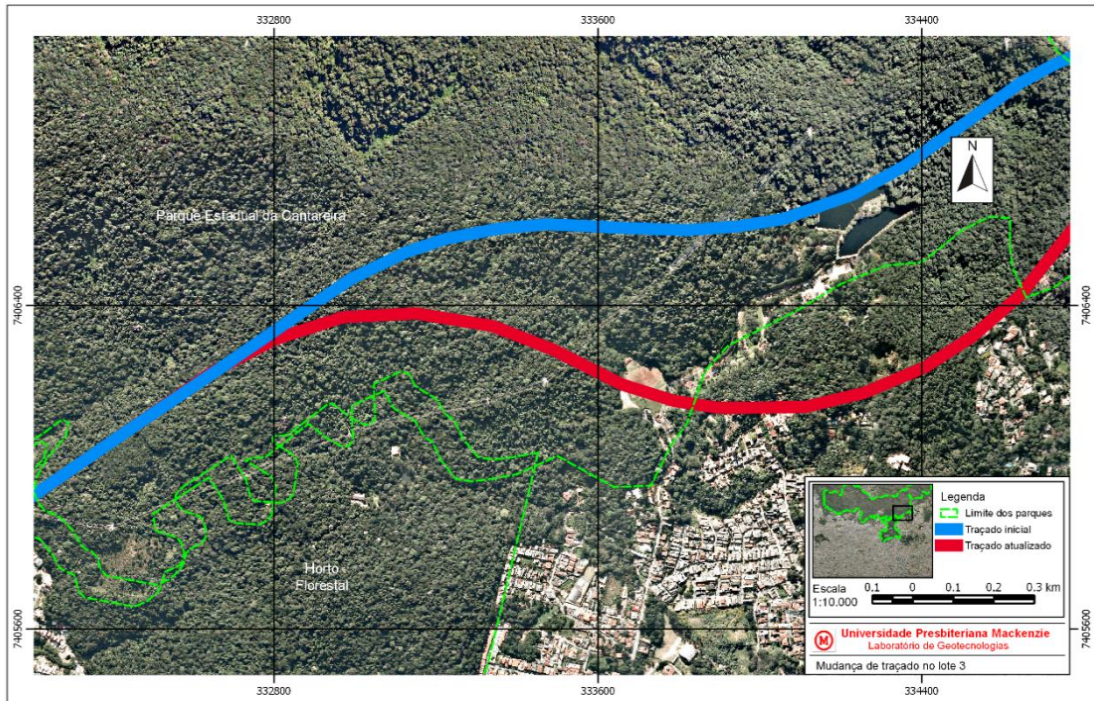
##### 4.2. Verificação da ADA de 2016 pela classificação supervisionada

A classificação supervisionada apresentou-se como uma técnica alternativa para desenvolver o estudo característico de uma região, no caso, a delimitação da ADA. Por meio desta, conseguiu-se discriminar as áreas por amostras, sendo a área de solo descoberto correspondente à área de interesse. Verificou-se que há diferenças entre os dois métodos



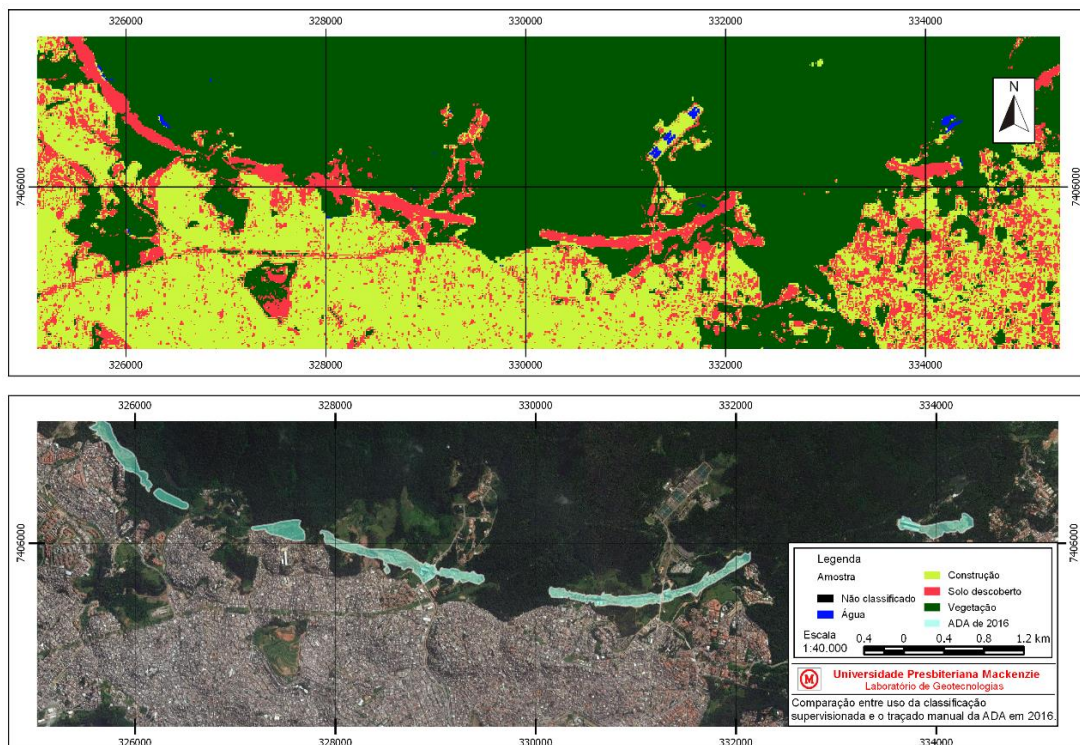
empregados, pois no caso da classificação supervisionada, a ADA ocupou uma área maior, como se observa no Mapa 2.

Mapa 1 – Mudança de eixo do traçado no lote 3 do Trecho Norte do Rodoanel Mário Covas.



Fonte: O autor, a partir dos mapas fornecidos pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (2010), pelo GeoSampa (SÃO PAULO, 2016b) e pelo Desenvolvimento Rodoviário S/A (2010, 2014).

Mapa 2 - Comparação entre resultados obtidos pela classificação supervisionada e pelo desenvolvimento manual da ADA de 2016.



Fonte: O autor, com base nas imagens do Sentinel -2A (COPERNICUS, 2016) e do Google Inc (2016).

Isso ocorreu, porque as imagens do Google e do *Sentinel*, visivelmente, retratavam momentos diferentes da obra. Como não há documentação do exato momento em que a imagem disponibilizada pelo Google foi capturada, não se pode garantir a igualdade do momento de registro das imagens, mas é evidente que a imagem do *Sentinel*, do dia 13 de setembro de 2016, é a mais recente, já que a outra foi adquirida em agosto do mesmo ano.

### **4.3. Supressão vegetal**

Pelos Mapas 3, 4 e 5 é possível distinguir entre as áreas que foram previstas (2010 e 2014) e as realmente desmatadas. Utilizando a Calculadora de Campo, foram obtidos os seguintes valores: 39,2 ha, 43,4 ha e 39,3 ha, respectivamente. Note-se que os valores encontrados para o Mapa 3 e Mapa 5 foram semelhantes, embora esperando-se que a correspondência fosse maior entre os Mapas 4 e 5, já que estes levaram em conta o mesmo traçado. Essa diferença pode ser justificada pelas divergências observadas na comparação da limitação da ADA, mostrada no Mapa 2.

#### **4.3.1. Supressão vegetal sobre APPs**

Os resultados obtidos das áreas desmatadas em APPs foram: 9,1 ha segundo traçado do EIA, 7,7 ha com base na atualização de 2014 e 6,2 ha no cenário atual, representando 23,06%, 17,87% e 15,75%, respectivamente, da área de supressão vegetal.

#### **4.3.2. Supressão vegetal sobre PEC e Horto Florestal**

Como exposto na seção de metodologia, os limites da PEC e do Horto Florestal foram obtidos na página GeoSampa. Entretanto, visualmente foi constatada que tanto a localização quanto as dimensões dos limites que serviram como base para o EIA realizado pela DERSA não eram compatíveis com o *shapefile* fornecido pela Prefeitura de São Paulo. Assim, optando-se por utilizar este último, diferentemente do que foi apresentado pela empresa, foram detectadas áreas de desmatamento sobre a PEC, sendo estas de 1,8 ha no Mapa 3, 1,6 ha no Mapa 4 e 2,0 ha no Mapa 5.

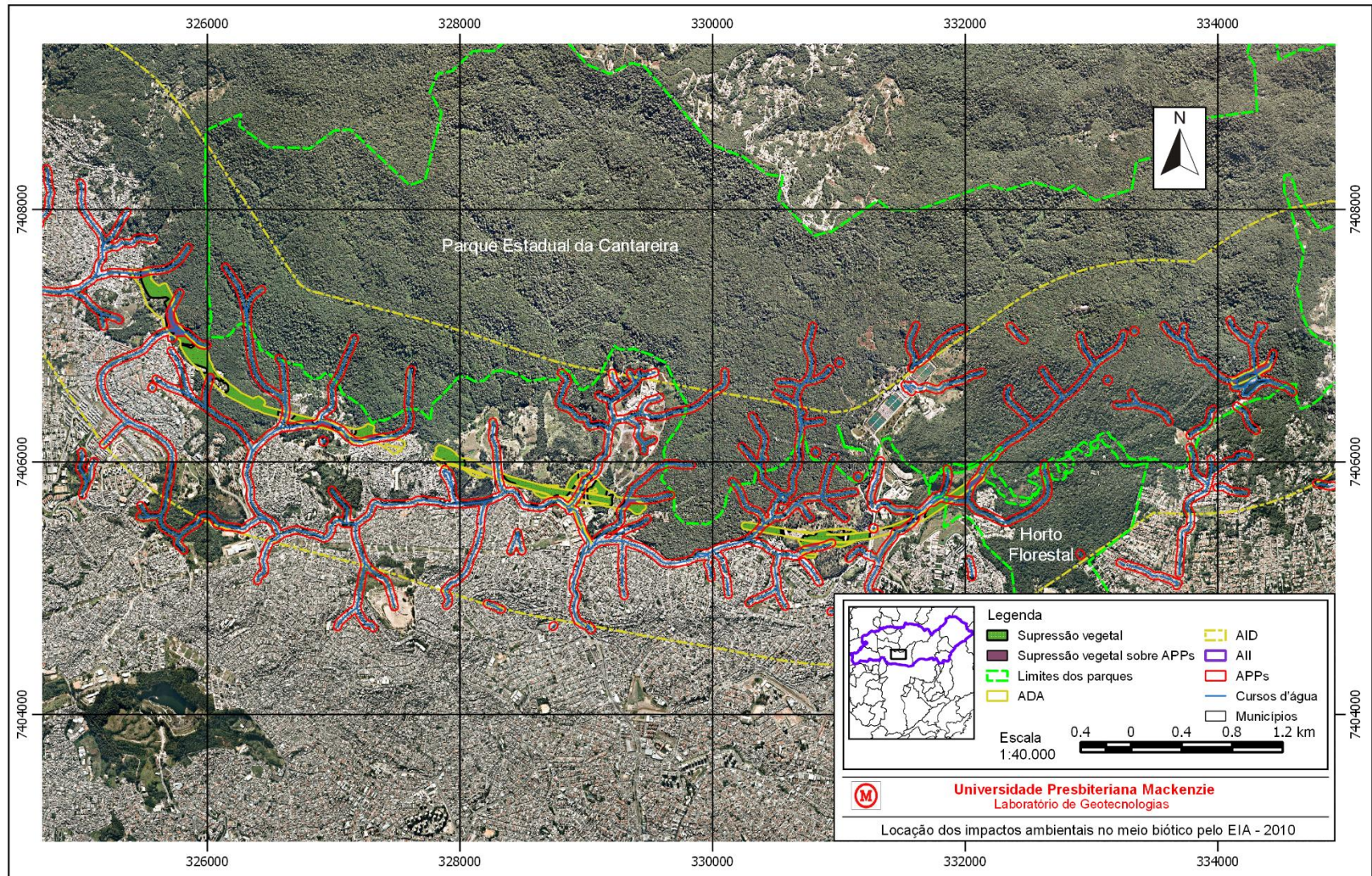
Foram também contabilizadas as áreas de supressão sobre o Horto Florestal, como mostrado pelo Mapa 6. Através do mapa desenvolvido segundo o EIA foram 2,2 ha, pelo mapa de 2014, 2,9 ha e 3,0 ha, pelo mapa de 2016.

### **4.4. Confronto entre mapas**

Após desenvolvimento e análise dos mapas dos três quadros, tornou-se viável a comparação entre eles. Concluiu-se que os Mapas 4 e 5 apresentaram as maiores semelhanças, 73% de concordância em relação à área de desmatamento. Já na comparação entre o Mapa 3 e o 4, o índice foi de 48%, e entre o Mapa 3 e o 5, o índice cai para 44%.



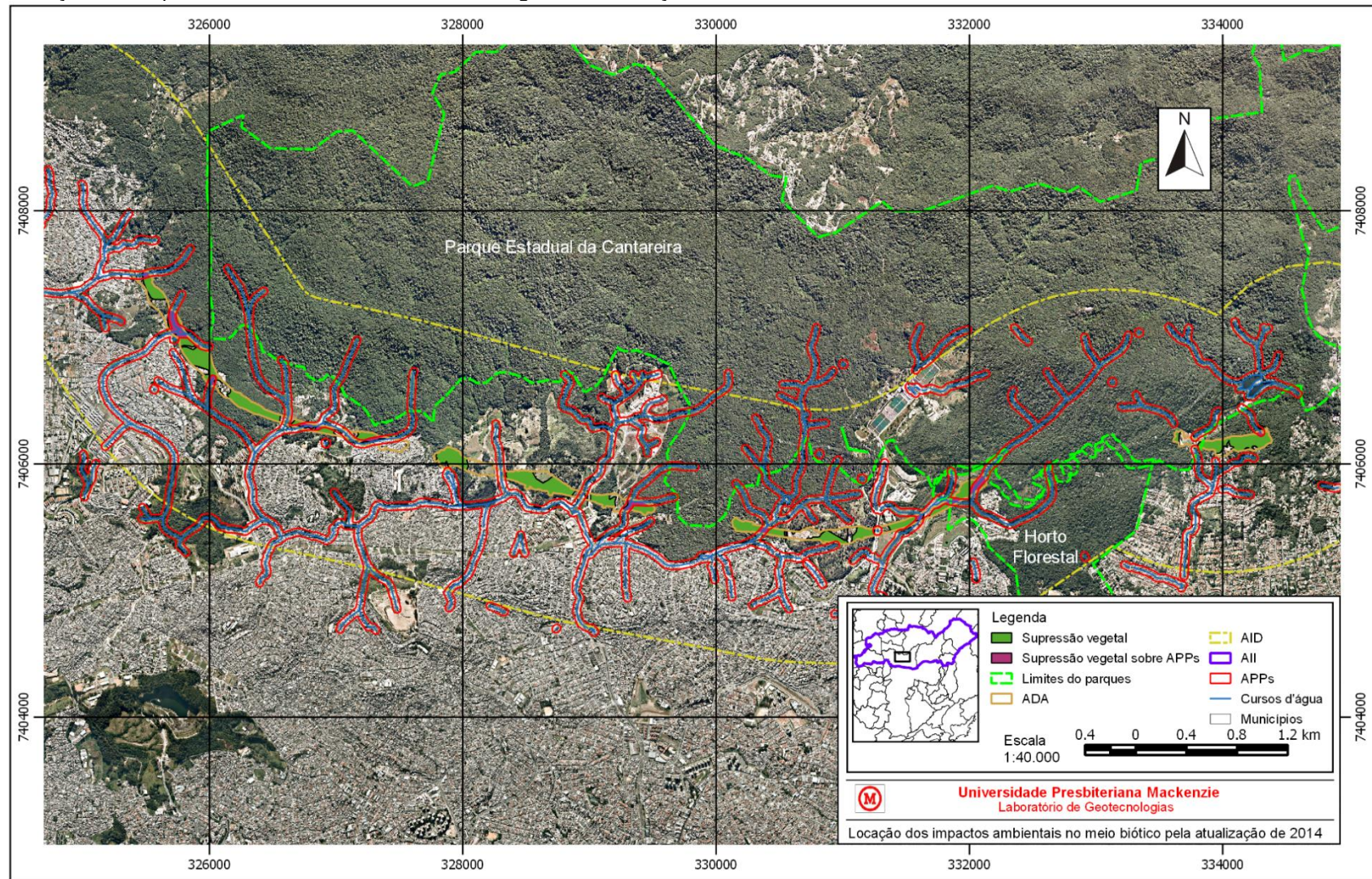
Mapa 3 – Locação dos impactos ambientais no meio biótico previstas pelo EIA – 2010.



Fonte: O autor, segundo imagens da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (2010), do GeoSampa (SÃO PAULO, 2016b), da Prefeitura de São Paulo (SÃO PAULO, 2016c) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016) e dados do EIA (CONSÓRCIO JGP; PRIME, 2010).



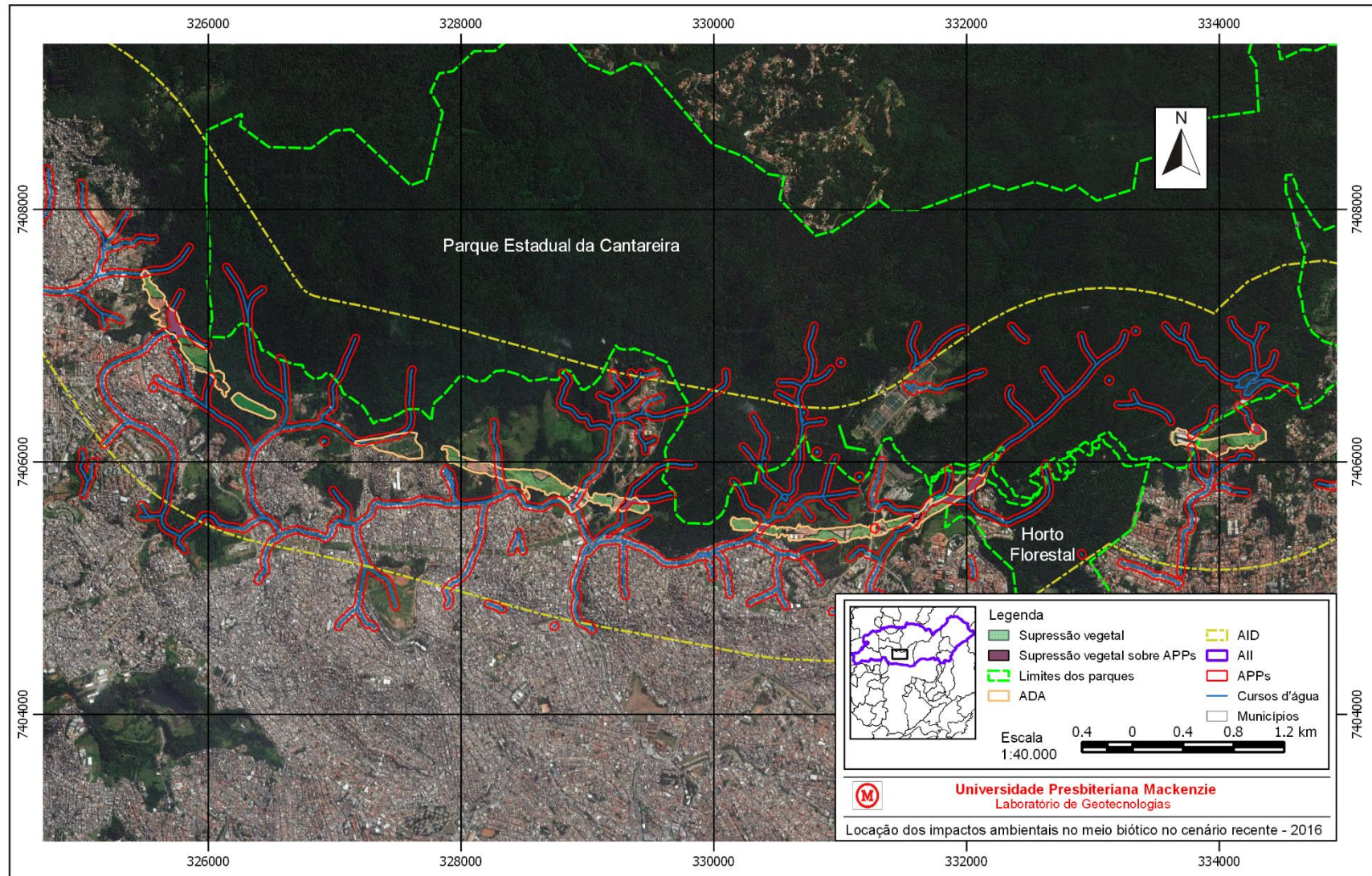
Mapa 4 – Locação dos impactos ambientais no meio biótico segundo atualização de 2014.



Fonte: O autor, a partir de imagens da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (2010), do GeoSampa (SÃO PAULO, 2016b), da Prefeitura de São Paulo (SÃO PAULO, 2016c) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016) e dados fornecidos pelo Desenvolvimento Rodoviário S/A (2014).



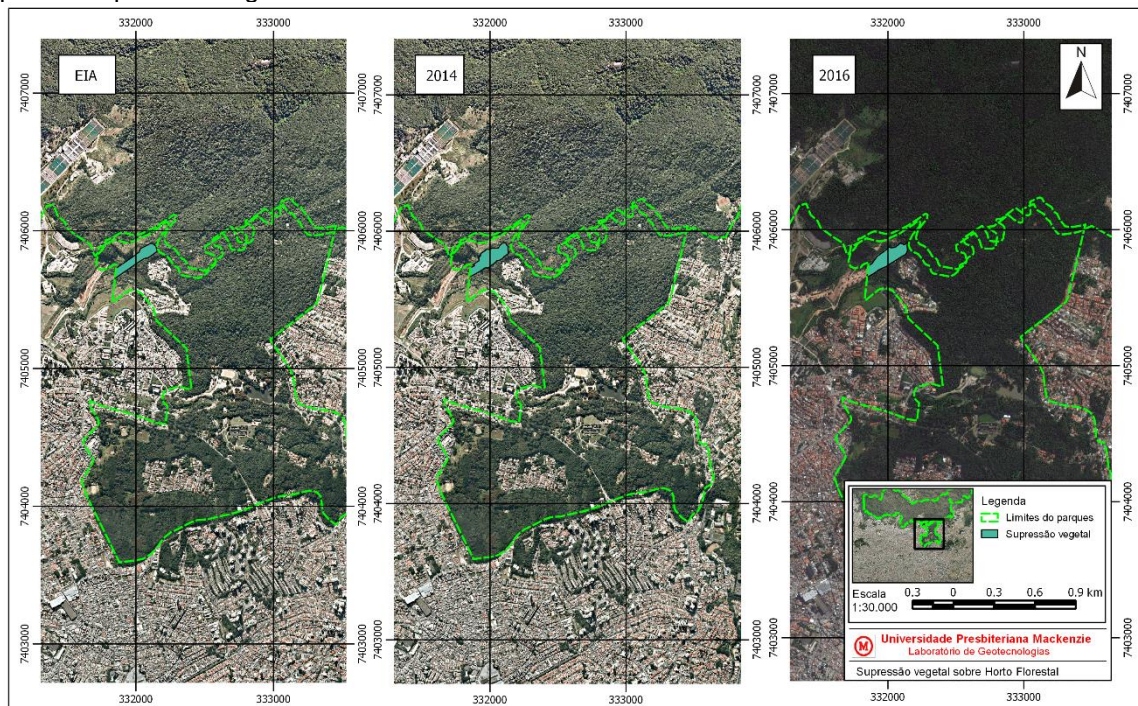
Mapa 5 – Locação dos impactos ambientais no meio biótico no cenário recente – 2016.



Fonte: O autor, a partir das imagens do Google Inc (2016), do GeoSampa (SÃO PAULO, 2016b), da Prefeitura de São Paulo (SÃO PAULO, 2016c) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016).



Mapa 6 – Supressão vegetal sobre Horto Florestal.



Fonte: O autor, com base em informações do Desenvolvimento Rodoviário S/A (2014) e do EIA (CONSÓRCIO JGP; PRIME, 2010) e nas imagens da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (2010), do Google Inc (2016).

Pode-se justificar os resultados obtidos principalmente pelo fato de que os mapas mais recentes foram fundamentados segundo o mesmo trajeto. Além disso, inicialmente previu-se a construção de um acesso à Av. Inajar de Souza, no lote 2, descartado na atualização de 2014.

A igualdade entre os Mapas 4 e 5 poderia ser maior se a análise tivesse sido realizada com a obra em um estágio mais avançado, de maneira que ficasse mais fácil e nítida a delimitação da ADA por meio das imagens de satélite, uma vez que os dados obtidos segundo a atualização de 2014 são referentes ao empreendimento concluído.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas de geoprocessamento viabilizaram a manipulação e interpretação das informações necessárias para o desenvolvimento do presente estudo. Assim, os objetivos foram alcançados, gerando mapas que permitem a análise dos impactos ambientais no meio biótico gerados pela obra do Rodoanel Mário Covas, de modo a possibilitar a comparação entre projeto e execução.

Constatou-se que o Estudo de Impacto Ambiental apresentado pela DERSA para o seu licenciamento foi elaborado com base em um traçado e com características diferentes do que atualmente podem ser verificados, resultando em um baixo índice de concordância.

Dessa forma, os resultados apresentados no EIA não correspondem à verdadeira situação nos lotes em questão.

## 6. REFERÊNCIAS

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. *Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 21 abr. 2016.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. *Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. *Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa*. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 15 jul. 2017.

CONSÓRCIO JGP; PRIME. *Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Rodoanel Norte*. Consórcio JGP e Prime engenharia. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.dersa.sp.gov.br/Oportunidade/Oportunidade.aspx?id=16>>. Acesso em: 7 mar. 2016.

COPERNICUS. *Copernicus Open Access Hub*. [s.l.], 2016. Disponível em: <<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>>. Acesso em: 16 de out. 2016.

DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S/A (DERSA). *Rodoanel Norte*. 2010. Disponível em: <<http://www.dersa.sp.gov.br/Empreendimentos/GrupoEmpreendimento.aspx?idGrupo=2>>. Acesso em: 24 mar. 2016.

DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S/A (DERSA). *Comunicação: Biblioteca*. 2014. Disponível em: <<http://www.dersa.sp.gov.br/comunicacao/biblioteca/>>. Acesso em: 28 set. 2016.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A. (EMPLASA). *Ortofotocartas*. São Paulo, 2010. Escala 1:25.000.

GOOGLE INC. *Google Maps*. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-23.5508866,-46.6555887,4260m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 17 ago. 2016

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Resolução nº 4, de 26 de agosto de 2015. *Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 ago. 2015. Seção 1, p. 69. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=28/08/2015&jornal=1&pagina=98&totalArquivos=248>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Downloads*. Disponível em: <<http://downloads.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 22 out. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Tutorial de Geoprocessamento. *Classificação de imagens*. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>>. Acesso em: 16 jul. 2017.

MORAES, E. C. *Fundamentos de Sensoriamento Remoto*. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002. Disponível em: < [http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1\\_ECMoraes.pdf](http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1_ECMoraes.pdf) >. Acesso em: 23 abr. 2016.

PAMBOUKIAN, S. V.D. *Classificação Supervisionada*. Tutorial. [São Paulo], Universidade Presbiteriana Mackenzie, Laboratório de Geotecnologias, [2012?a]. Disponível em: < [http://labgeo.mackenzie.br/fileadmin/LABGEO/Curso/09.\\_Aula\\_09/0901.\\_Classificacao\\_supe\\_rvisionada.pdf](http://labgeo.mackenzie.br/fileadmin/LABGEO/Curso/09._Aula_09/0901._Classificacao_supe_rvisionada.pdf) >. Acesso em: 18 jul. 2017.

PAMBOUKIAN, S. V. D. *Serviços WMS*. Tutorial. [São Paulo], Universidade Presbiteriana Mackenzie, Laboratório de Geotecnologias, [2012?b]. Disponível em: <[http://labgeo.mackenzie.br/fileadmin/LABGEO/Curso/08.\\_Aula\\_08/0809.\\_Servicos\\_WMS\\_1.pdf](http://labgeo.mackenzie.br/fileadmin/LABGEO/Curso/08._Aula_08/0809._Servicos_WMS_1.pdf)>. Acesso em: 18 jul. 2017.

PROCESSAMENTO DIGITAL. *Trabalhando com o OpenLayers: Salvar Imagem, Fixar Projeção, Exportar Mapa e acessar Serviço WMS*. [s.l.], 2015. Disponível em: <[http://www.processamentodigital.com.br/wp-content/uploads/2016/01/QGIS28\\_Trabalhando\\_com\\_o\\_OpenLayers.pdf](http://www.processamentodigital.com.br/wp-content/uploads/2016/01/QGIS28_Trabalhando_com_o_OpenLayers.pdf)>. Acesso em: 31 ago. 2016.

RUFINO, I. A. A.; FACUNDO, I. D. C. *Noções de Sistemas de Informação Geográfica*. ATECEL/UNESCO, João Pessoa. 2004. Capítulo 2.

SÃO PAULO (Estado). Sistema Ambiental Paulista. *Parque Estadual da Cantareira*. Disponível em: < <http://www3.ambiente.sp.gov.br/parque-da-cantareira/sobre-o-parque/> >. Acesso em: 22 abr. 2016a.

SÃO PAULO (Estado). Governo do Estado de São Paulo. *Horto Florestal: O Parque e a Cidade*. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/hortoflorestal/o-parque-e-a-cidade/>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

SÃO PAULO (Município). *GeoSampa*. Disponível em: <[http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/\\_SBC.aspx](http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx)>. Acesso em: 20 out. 2016b.

SÃO PAULO (Município). *Dados Geoespaciais*. Disponível em: <[http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/urbanismo/dados\\_estatisticos/index.php?p=160798](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/urbanismo/dados_estatisticos/index.php?p=160798)>. Acesso em: 22 out. 2016c.

SERVIÇO DE INFORMAÇÃO AO CIDADÃO- DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S/A. *SICSP - Solicitação de Informação*. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por < noreplysic@sp.gov.br > em 30 nov. 2016.

**Contatos:** liemiyazaki@hotmail.com e sergio.pamboukian@gmail.com