

ANA CAROLINA VALERIO NADALINI

**O USO DE INDICADORES COM O APOIO DO  
GEOPROCESSAMENTO NA AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE  
PROTEÇÃO AMBIENTAL**

Trabalho Ambiental

Goiânia/GO  
2021

# **XXI COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS - GOIÂNIA/GO - 2021**

## **O USO DE INDICADORES COM O APOIO DO GEOPROCESSAMENTO NA AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL**

### **Resumo**

O objetivo deste trabalho é sugerir a possibilidade da aplicação de indicadores e o uso de dados espaciais através do geoprocessamento como instrumento que auxilie os trabalhos de avaliação em áreas de proteção ambiental, ao estabelecer uma metodologia que permita avaliar não só os aspectos econômicos, mas também os aspectos sociais e ambientais na região avaliada. Para a execução de trabalhos periciais em áreas de proteção ambiental, definiu-se a sequência de atividades em quatro etapas: levantamento das informações, definição dos indicadores socioambientais, sistematização das informações, e análise ambiental. Os resultados foram apresentados através de um estudo de caso de uma área desapropriada para implantação do Rodoanel, situada no município de Guarulhos/SP.

**PALAVRAS CHAVE: *indicadores ambientais; geoprocessamento; áreas de preservação permanente, SIG.***

# 1. INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial e o conseqüente aumento demográfico dos centros urbanos tem gerado grande pressão sobre os ecossistemas. As decorrências negativas do processo de urbanização são cada vez mais reconhecidas, como a piora da qualidade do ar e das águas, crescente redução de áreas verdes causando impermeabilização do solo e por conseqüência, enchentes e deslizamentos de terra, utilização indevida de mananciais, além de outros conflitos socioambientais.

Existe uma grande pressão social e de órgãos governamentais para gerar políticas públicas que possam fazer frente aos problemas ambientais e ao crescente aumento da parcela da população brasileira que vive nas cidades. Os ecossistemas estão sujeitos a distúrbios naturais e/ou antrópicos e sofrem mudanças em diferentes intensidades. Identificar o nível de degradação dos recursos naturais e incluí-los nas avaliações tradicionais é o grande desafio atual.

Diante deste contexto, onde os problemas ambientais têm gerado demandas judiciais cada vez mais complexas e como conseqüência, os trabalhos periciais precisam ser elaborados com maior rapidez, precisão e qualidade, com base em informações precisas que proporcionem agilidade no processo. A precisão pode ser melhorada com a utilização de informações de dados espaciais, quantificando e localizando as informações com o intuito de disponibilizar uma análise sobre a área em questão.

O termo Sistema de Informações Geográficas (SIG) refere-se àqueles sistemas que efetuam tratamento computacional de dados geográficos. Um SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e numa projeção cartográfica qualquer (MATSUSHITA, 2007). Os dados tratados em geoprocessamento permitem e facilitam a análise, gestão ou representação do espaço e dos fenômenos que nele ocorrem.

O meio ambiente requer uma abordagem holística principalmente nas questões envolvendo perícias ambientais cuja atividade exige uma prática multidisciplinar, além de estudos e pesquisas que possam fundamentar os trabalhos avaliatórios e periciais de responsabilidade no trato das questões ambientais. Neste sentido é necessário

que se conheça de maneira detalhada, aquilo que se está avaliando. O uso de indicadores possibilita o entendimento da realidade complexa e nas quais múltiplas variáveis do ambiente estudado são interdependentes, fazendo uma conexão lógica ao objeto ou processo que está sendo analisado devido à capacidade de quantificar e simplificar a informação.

Diante do exposto, a principal motivação deste trabalho é sugerir a possibilidade da aplicação de indicadores e o uso de dados espaciais através do geoprocessamento como instrumento que auxilie os trabalhos de avaliação em áreas de proteção ambiental, ao estabelecer uma metodologia que permita avaliar não só os aspectos econômicos, mas também os aspectos sociais e ambientais na região avaliada.

## **2. METODOLOGIA**

Resumidamente, para a execução de trabalhos periciais em áreas de proteção ambiental, definiu-se a sequência de atividades em quatro etapas, descritas a seguir:

1) Levantamento das informações: consistiu no levantamento e na seleção de informações disponíveis sobre a área de estudo e passíveis de utilização na elaboração dos indicadores socioambientais.

2) Definição dos Indicadores Socioambientais e das informações geradas: os indicadores foram elaborados a partir da seleção, quantificação e cruzamento de parâmetros físico-socioambientais.

3) Sistematização das informações: os dados disponíveis e/ou produzidos foram sistematizados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e gerados em três formas de processamento:

- armazenamento e/ou conversão de dados digitalizados;
- digitalização de cartas temáticas existentes;
- interpretação a partir de sensoriamento remoto (fotos aéreas e imagens de satélite).

4) Análise ambiental: consiste na integração e o cruzamento dos parâmetros selecionados para a avaliação da viabilidade ambiental do objeto de estudo.

Para aplicação da metodologia proposta, foi utilizado o estudo de caso de uma área urbana desapropriada para a construção do Rodoanel no estado de São Paulo, que permitiu definir indicadores de socioambientais relacionados à composição e disposição espacial do uso atual dos solos, diagnosticando a presença de explorações comerciais e coberturas florestais, integrando várias formas de dados, através da utilização de informações de geoprocessamento como instrumento de apoio.

## **2.1 Banco de dados**

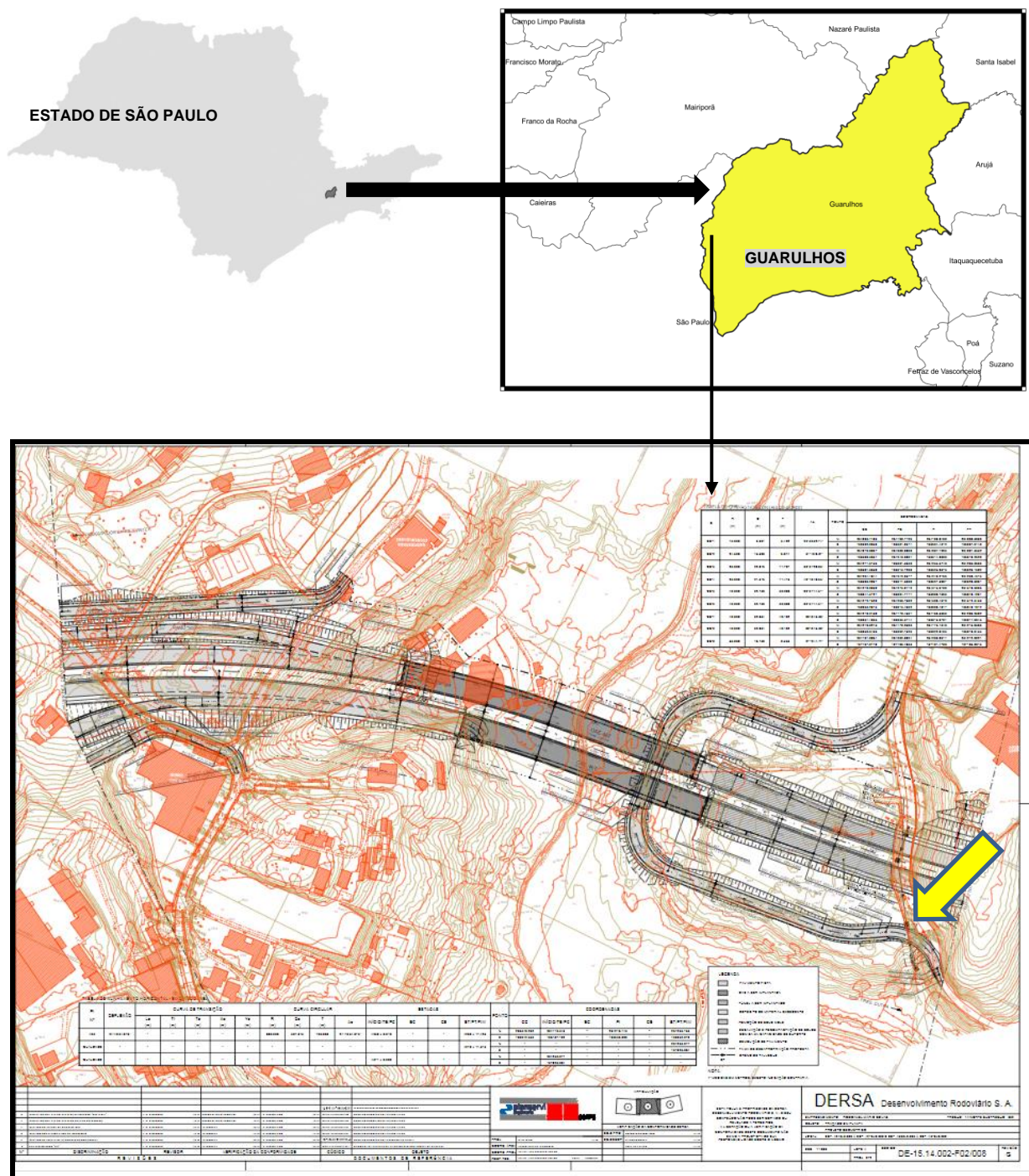
A delimitação espacial dos diferentes ecossistemas e usos do solo foi obtida nos bancos de dados disponibilizados pela Fundação SOS Mata Atlântica (SOSMA) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE que reúnem bases temáticas de recursos naturais do território nacional, no formato “*shapefile*”, e depois inseridas no Sistema de Informações Geográficas (GIS) através do software QGIS.

O uso do software livre (QGIS) como ferramenta básica para elaboração de diagnóstico físico e ambiental, juntamente com as ortofotos geradas a partir de fotografias aéreas, facilitou a interpretação dos resultados em campo, além de embasar tecnicamente as conclusões obtidas.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Caracterização do estudo de caso**

O município de Guarulhos, o segundo mais populoso do estado de São Paulo, fica distante 17 quilômetros da capital, localizado a nordeste desta, tendo como limite os municípios de Mairiporã e Nazaré Paulista (norte), Santa Isabel (nordeste), Arujá (leste), Itaquaquetuba (sudeste) e São Paulo (sudeste, sul, oeste e noroeste). A área objeto da desapropriação consiste em terreno irregular, sem benfeitorias, registrado na Matrícula nº 72.974 do 2º CRI de Guarulhos, Estrada do Cabuçu, sem número, Cabuçu, Guarulhos – SP (Fig. 01).



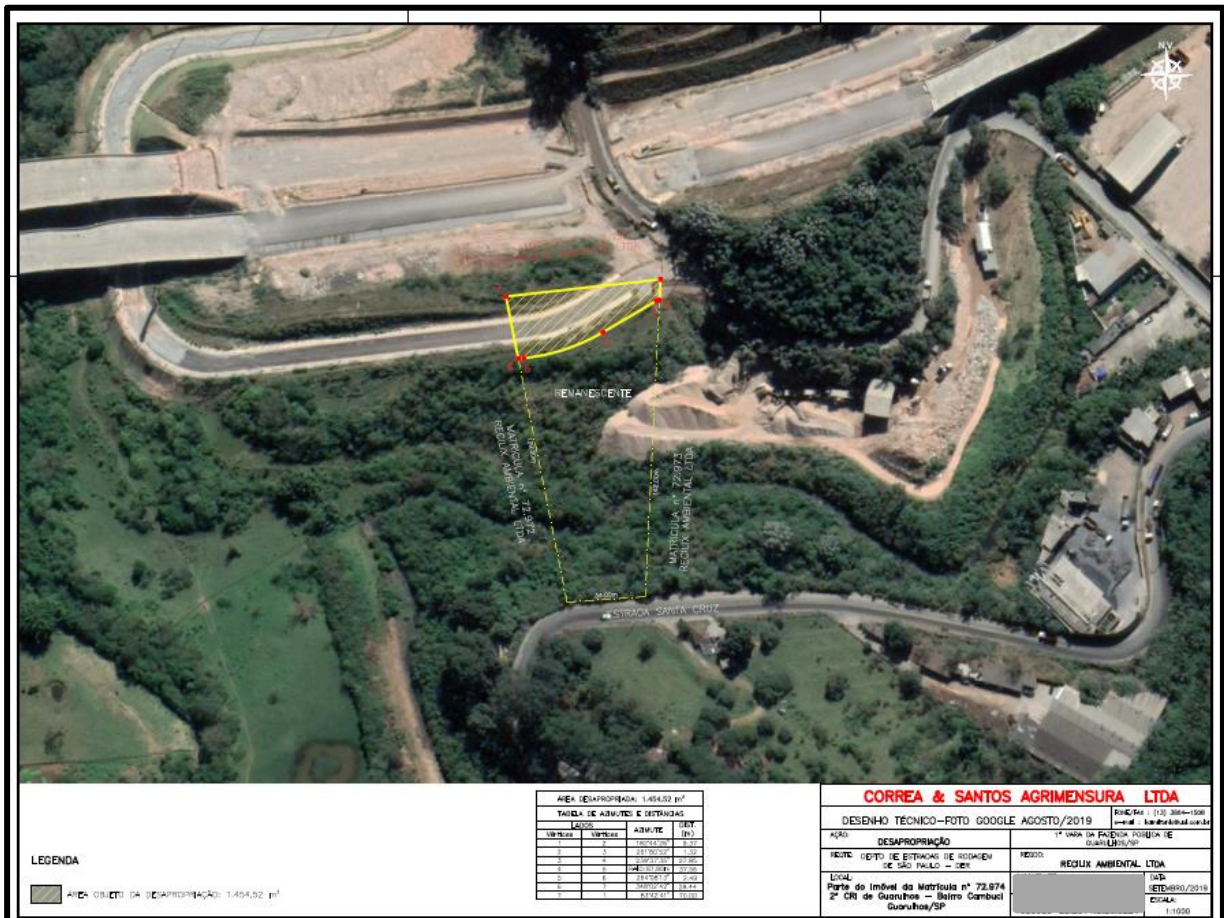


Figura 2: Vista aérea da área georreferenciada objeto do estudo.

Foi realizado o mapeamento da área objeto da desapropriação com relatório fotográfico georreferenciado, tendo sido plotada a área em questão e considerada uma área de influência do empreendimento. Estas áreas podem ser observadas na Figura 3.



**Figura 3:** Relatório fotográfico da área de influência da desapropriação.



## 3.2 Levantamento dos indicadores

O indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade. Diversos estudos têm sido realizados para demonstrar a importância do uso de indicadores como ferramenta de avaliação ambiental. Um dos estudos mais importantes sobre o tema foi realizado pelo Milenium Ecosystem Assesment – MEA (2005) que classificou os serviços ecossistêmicos em quatro categorias e foi adaptado por TEEB (2012), sendo eles:

- 1) serviços de provisão: serviços ecossistêmicos que combinados com capital manufaturado, humano e social produzem comida, lenha, fibras etc.;
- 2) serviços de regulação: combinados com os 3 capitais promovem controle das enchentes, regulação das águas, qualidade do ar, polinização e controle do clima;
- 3) serviços culturais: fornecem recreação, identidade cultural, estética da paisagem entre outros benefícios culturais;
- 4) serviços de suporte: são caracterizados pelos processos básicos dos ecossistemas como formação dos solos, ciclagem de nutrientes e provisão de habitat. São os serviços necessários para manter os 3 primeiros serviços.

Ao ser selecionado um indicador e/ou ao construir um índice, tal como quando se utiliza um parâmetro estatístico, ganha-se em clareza e operacionalidade o que se perde em detalhe da informação. Os indicadores e os índices são projetados para simplificar a informação sobre fenômenos complexos de modo a melhorar a compreensão da questão, bem como facilitar a sua comunicação. De acordo com a classificação da Organisation for Economic Co-operation and Development - OECD, publicado em 1994 e revisado em 1998, os indicadores ambientais podem ser sistematizados pelo modelo Pressão--Estado-Resposta (PER), que recomenda a adoção de três grupos de indicadores:

- a) Pressão - caracterizam as pressões sobre os sistemas ambientais e podem ser traduzidos por indicadores de emissão de contaminantes, eficiência tecnológica, intervenção no território e de impacte ambiental;
- b) Estado - refletem a qualidade do ambiente num dado horizonte espaço/tempo; são por exemplo os indicadores de sensibilidade, risco e qualidade ambiental;

c) Resposta - avaliam as respostas da sociedade às alterações e preocupações ambientais, bem como à adesão a programas e/ou à implementação de medidas em prol do ambiente; podem ser incluídos neste grupo os indicadores de adesão social, de sensibilização e de atividades de grupos sociais importantes.

Em resumo, os indicadores escolhidos devem ser relevantes e efetivos, além de precisos e aplicáveis. A escolha dos indicadores deve ainda obedecer a alguns critérios os quais estão elencados na tabela a seguir.

TABELA 1 - PRINCIPAIS REQUISITOS PARA A SELEÇÃO DE INDICADORES

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fonte de informação</li> <li>• Confiabilidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relevância</li> <li>• Efetividade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidade</li> <li>• Acessibilidade</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forma de coleta</li> <li>• Validade científica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não redundância</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relação custo/benefício</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilidade às mudanças</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conformidade temporal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil interpretação e compreensão</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparabilidade</li> <li>• Conectividade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrangência geográfica</li> <li>• Conveniência de escala</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representatividade</li> </ul>

Fonte: Elaborado a partir de Santos, 2004 e Reyers *et al.*, 2012.

#### ✓ **Indicadores da área de estudo**

A Tabela 1 resume os principais indicadores levantados para a área objeto de estudo. Cada um dos indicadores foi classificado de acordo com as suas dimensões: ambiental, econômica e social. Os indicadores foram ainda correlacionados com os respectivos impactos ambientais: positivo ou negativo, e a definição da magnitude (previsão): baixa, média ou alta.

**Tabela 1:** Principais indicadores e impactos no meio socioeconômico e ambiental.

El.	DIMENSÕES	INDICADORES	Impacto	Nível do efeito
1	AMBIENTAL	Alteração da flora	negativo	baixo
2		Deslocamento e alteração comportamental da fauna	negativo	baixo
3		Degradação de APP	negativo	baixo
4		Contaminação do lençol freático	negativo	baixo
5		Modificação na topografia do terreno	negativo	baixo
6		Mudança da paisagem natural	negativo	médio
7		Perda de biodiversidade	negativo	baixo
8		Alteração na qualidade do ar	negativo	médio
9	ECONÔMICA	Geração de impostos	positivo	médio
10		Geração de empregos	positivo	baixo
11		Interferência no tráfego	negativo	médio
12		Transporte	positivo	alto
13	SOCIAL	Ocupações irregulares dentro da faixa de APP	N/t	-
14		Proximidade com área urbanizada - até 1 km	positivo	baixo
15		uso para pecuária/agricultura	negativo	baixo
16		Uso recreativo/turismo local	negativo	baixo
	N/t = não tem			

Fonte: Autores (2021) com base nas observações de campo e literatura científica.

Para definir os critérios de importância dos impactos tomou-se como base o tempo de duração do impacto, a magnitude (porte ou extensão do impacto) e experiência em situações similares anteriores. O que se observa é que a área não apresenta indicativo de presença de vegetação protegida por legislação, e se trata de uma região bastante antropizada e próxima de área urbana. Não foram observadas cultura ou pastagem no local.

### 3.2 Sistematização das informações

A Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006) e o Decreto nº 6.660/2008, que a regulamenta, determinam que a sua área de aplicação segue as delimitações estabelecidas em mapa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, considerando as formações florestais e ecossistemas associados que integram o bioma.

As principais formações florestais da Mata Atlântica são constituídas pelas florestas ombrófilas (em que não falta umidade durante o ano) e estacionais (em que falta umidade num período do ano), sendo que predominam as florestas estacionais semidecíduais (em que 20 a 50 % das árvores perdem as folhas no período seco do ano), e as florestas ombrófilas densas e mistas (com araucária). Em ambos os conjuntos florestais ocorrem, em menor proporção, as florestas estacionais decíduais (em que mais de 50% das árvores perdem folhas no período seco).

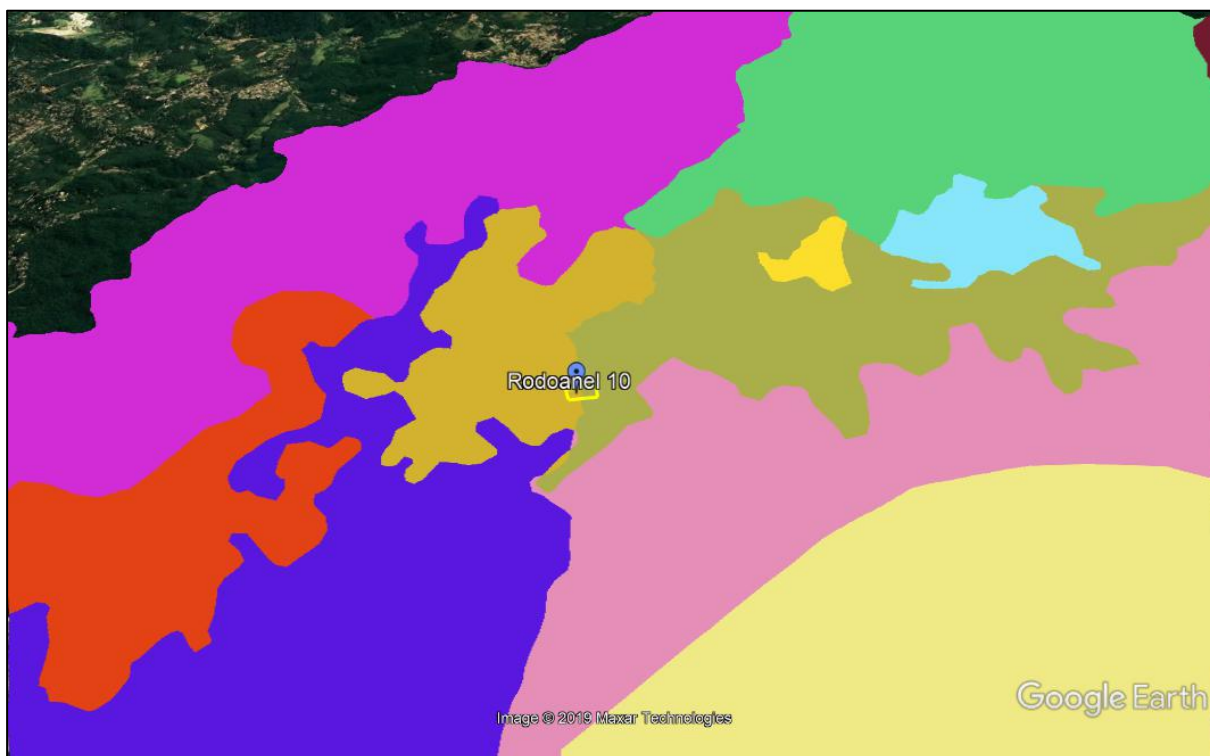
De acordo com IBGE, a Floresta Ombrófila Densa se caracteriza por árvores com até 40 m de altura, densa vegetação arbustiva, composta por samambaias, arborescentes, bromélias e palmeiras. A Floresta Ombrófila Mista é caracterizada por uma rica mistura florística na qual se destacam as duas únicas coníferas brasileiras, a *Araucária angustifolia* e o *Podocarpus lambertii*, com presença exclusiva do Planalto Meridional Brasileiro, em terrenos acima de 500/600 metros de altitude, apresenta disjunções em pontos mais elevados das serras do Mar e da Mantiqueira.

Ainda, de acordo com a legislação ambiental, especificamente o Novo Código Florestal – Lei 12.651/2012, há o disciplinamento das Áreas de Preservação Permanente - APP, no art. 1º-A cujo tema é tratado principalmente nos artigos 4º a 9º e 61-A a 65:

Art. 3º II - Área de Preservação Permanente - APP: 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;

Segundo Garcia (2014), o método de superposição de mapas auxilia na formulação e visualização do uso do solo local e serve de base comparativa entre eles, além de possibilitar a avaliação de impactos cumulativos e sinérgicos. A utilização mais cada vez mais frequente do uso de sistemas de informações geográficas (SIG), vem ampliando o emprego deste método.

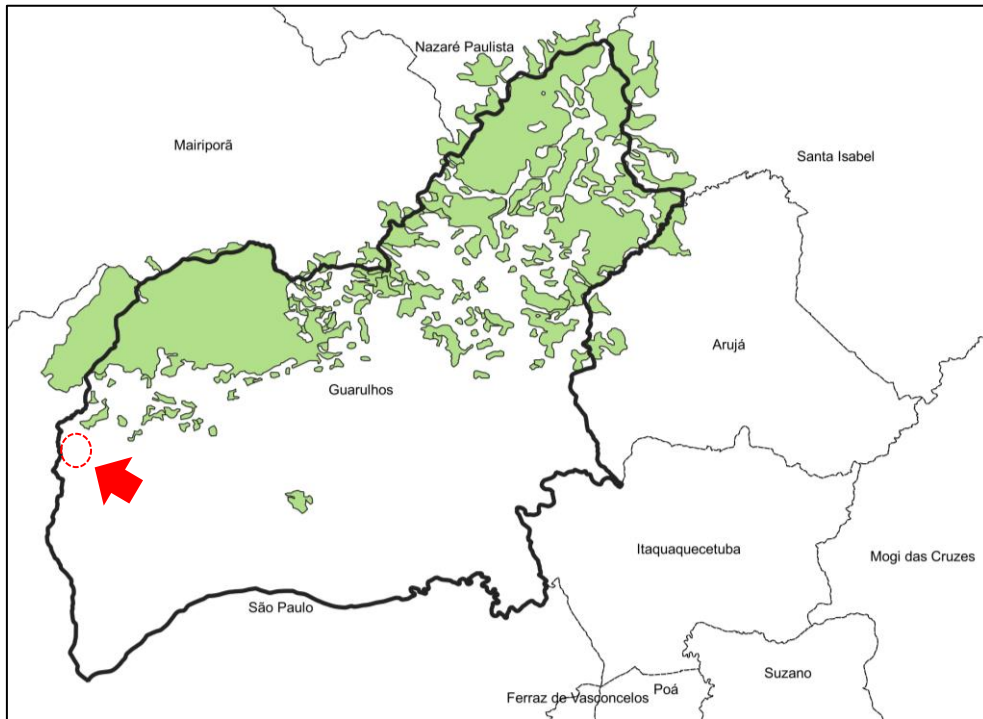
Buscou-se então os bancos de dados das duas instituições (IBGE e SOS Mata Atlântica) para verificação das composições vegetais que poderiam estar sobrepostas à referida área, que deram origem às Figura 4 e Figura 5.



**Figura 4:** Indicação da área desapropriada e a classificação do IBGE/BDIA (Banco de Dados de Informações Ambientais) de acordo com o tipo de vegetação e ocupação.

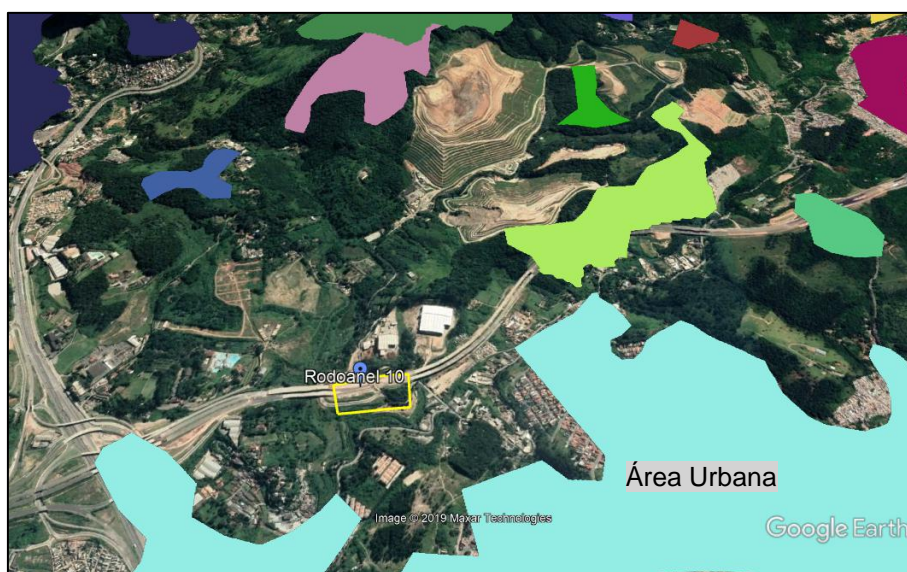
A Figura 4 apresenta o mapeamento da vegetação na região em questão e considera a caracterização da cobertura do solo do território nacional, com ênfase na distribuição regional das fitofisionomias de vegetação natural com base no Banco de Dados de Informações Ambientais do IBGE. Todas as áreas coloridas representam que, no passado (ocupação pretérita) eram ocupadas por florestas ombrófilas densas, mas que atualmente são áreas antrópicas dominantes e com grande influência urbana, ocupadas por vegetação secundária sem palmeiras.

O mapeamento das áreas de preservação permanente foi obtido no banco de dados da Fundação SOS Mata Atlântica, cujo estudo juntamente com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais realizou o detalhamento do mapeamento de feições costeiras naturais florestais e não florestais, incluindo as feições de carcinicultura, salina e dunas no Brasil (Figura 5).



**Figura 5:** Geoprocessamento dos arquivos “*shapefiles*” no software QGIS para identificação das áreas de mata (verde) pela SOS Mata Atlântica, no Município de Guarulhos. A indicação em vermelho indica a localização da área em questão.

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, estão representadas as informações do Atlas dos Remanescentes Florestais elaborado pela Fundação SOS Mata Atlântica e sobrepostas com a imagem aérea da região, onde os remanescentes de mata atlântica da região analisada estão representados em colorido, e verifica-se que não há espécies na área desapropriada.



**Figura 6:** Foto aérea da região e da área desapropriada com sobreposição dos “*shapefiles*”

obtidos no banco de dados da SOS Mata Atlântica, com indicação de área urbana (em azul) e as demais representam área de mata atlântica.

### **3.2 Análise da viabilidade ambiental**

A natureza coletiva do meio ambiente impõe ao Poder Público o dever de orientar o uso dos recursos naturais em níveis tais que venham a garantir o fornecimento de serviços ambientais atuais equivalentes para as gerações futuras.

No entanto, promover o crescimento econômico juntamente com a proteção ao meio ambiente não é uma tarefa fácil e são necessários instrumentos que possam contribuir para a compatibilização entre as atividades antrópicas e a capacidade do meio em suportá-las, maximizar a qualidade de vida das populações humanas e minimizar os impactos ambientais negativos, observados os padrões de qualidade previamente estabelecidos.

A análise da viabilidade ambiental de um empreendimento se dá pela abordagem holística do meio ambiente, ou seja, o meio físico, o meio biótico e o meio antrópico. Sob essa ótica foi feita a análise do empreendimento em tela e determinada sua viabilidade ambiental, embasada pelos itens anteriores, ou seja, através da caracterização física e socioambiental da área, do levantamento de indicadores socioambientais e análise das informações obtidas no geoprocessamento.

Neste sentido, a área objeto do estudo de caso não apresenta nenhuma característica de remanescentes florestais protegidos por legislação, e não provoca nenhum dano ambiental adicional do que daquele já existente no local, por ser uma área antropizada.

## **5. CONCLUSÕES**

Através das informações apresentadas neste trabalho, podemos concluir que a utilização de dados espaciais obtidas através de geoprocessamento em conjunto com o levantamento de indicadores são ferramentas úteis para interpretar a realidade de um sistema. Os indicadores já são vistos como alternativas válidas e importantes utilizados nas decisões políticas, estratégicas e empresariais de países e podem ser aplicados nos casos de avaliações ambientais trazendo maior agilidade e precisão aos trabalhos periciais.

Além disso, uma mudança dos paradigmas tradicionais presentes nas avaliações se faz necessária para que também sejam abarcados os aspectos sociais, culturais e ambientais, e não somente o aspecto econômico.

O levantamento de indicadores, na etapa que precede a análise ambiental, mostra-se como uma ferramenta válida na medida que captam as dimensões sociais, econômicas e ambientais e representam as relações de causa e efeito, especificando os âmbitos que compõe o meio, ou seja, o natural, o antrópico, o institucional, o econômico e o social. E a utilização de imagens em conjunto com o SIG trazem maior credibilidade aos aspectos observados em campo.



## REFERÊNCIAS

BESSA JR., O. MÜLLER, A. C. M. **Indicadores Ambientais Georreferenciados para a Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba**. Rev. Paran. Desenv., Curitiba, n. 99, p. 105-119, jul./dez. 2000.

GARCIA, K. C. **Avaliação de impacto ambiental**. Curitiba: InterSaberes, 2014.

MILARÉ, E. **Direito do ambiente: doutrina, jurisprudência, glossário**. São Paulo: Editora dos Tribunais, 2007.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). **Ecosystems and human well-being: Synthesis**. Island Press, Washington, DC, 2005.

MATSUSHITA, M. S. **Aplicação de Indicadores de Sustentabilidade com Apoio do Geoprocessamento: O caso da Microbacia Santa Bárbara**. In: V Encontro de Economia Paranaense - ECOPAR, 2007, Curitiba - PR. V Encontro de Economia Paranaense - ECOPAR, 2007.

REYERS, B.; BIDOGLIO, G.; O'FARRELL, P.; SCHUTYSER, F. **Measuring Biophysical Quantities and the Use of Indicators**. In: KUMAR, P. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economics Foundations. Routledge, Abingdon and New York, 2012.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina dos textos, 2004.