

DETECÇÃO DE MUDANÇAS NAS ÁREAS CONSTRUÍDAS DA AP4/RIO DE JANEIRO, ENTRE 2000 E 2015

Change Detection in the Built Areas from Ap4 / Rio De Janeiro, Between 2000 and 2015

Detección de Cambios en las Áreas Construidas de Ap4 / Rio De Janeiro, entre 2000 y 2015

Vandré Soares Viegas
Universidade Federal do Rio de Janeiro
v.vegas18@gmail.com

João Vitor Freitas Pereira Abrantes Marques
Universidade Federal do Rio de Janeiro
joaovitor.fpam@gmail.com

Ana Paula de Oliveira
Universidade Federal do Rio de Janeiro
oliveira.apdo@gmail.com

Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza
Universidade Federal do Rio de Janeiro
elizabethmfr@gmail.com

Artigo submetido em 24/10/2018 e aceito para publicação em 27/11/2018

DOI: 10.12957/tamoios.2018.37969

RESUMO

Com o advento das técnicas de sensoriamento remoto, há um grande número de ferramentas que podem contribuir diretamente para a análise do ambiente urbano modificado, já que a expansão de uma determinada área ocupada, bem como sua ocupação, pode ser facilmente detectada através de imagens de satélite. O objetivo desta pesquisa é avaliar as mudanças ocorridas na Área de Planejamento 4 - no Rio de Janeiro, utilizando técnicas de Detecção de Imagem TM / LANDSAT para detectar alterações de cobertura do solo ocorridas no período de 2000 a 2015. As imagens foram submetidas a curvas específicas a resposta espectral dos alvos para verificar o ajuste das imagens. Por fim, o modelo GEOBIA foi gerado para a identificação de áreas urbanas, utilizando os descritores NDBI, NDWI e NDVI. Após a modelagem dos descritores e o mapeamento das áreas urbanas na AP 4, foi possível identificar mudanças e características sociais dos resultados.

Palavras-Chave: Detecção de Mudanças; GEOBIA; Áreas Urbanas

ABSTRACT

With the advent of remote sensing techniques, there are a large number of tools that can contribute directly to the analysis of the modified urban environment, since the expansion of a certain occupied area as well as its occupation can be easily detected through images of satellite. The objective of this research is to evaluate the changes occurred in Planning Area 4 - in Rio de Janeiro, using TM / LANDSAT Image Detection techniques to detect soil cover changes occurring in the period from 2000 to 2015. The images were submitted to specific curves with the spectral response of the targets to verify the adjustment of the images. Finally, the GEOBIA model was generated for the identification of urban areas, using the descriptors NDBI, NDWI and NDVI. After the modeling of the descriptors and the mapping of urban areas in the AP 4 it was possible to identify changes and social characteristics of the results.

Keywords: Change Detection; GEOBIA; Urban Areas

RESUMEN

Con el advenimiento de las técnicas de percepción remota, hay un gran número de herramientas que pueden contribuir directamente al análisis del ambiente urbano modificado, ya que la expansión de una determinada área ocupada, así como su ocupación, puede ser fácilmente detectada a través de imágenes de imágenes satélite. El objetivo de esta investigación es evaluar los cambios ocurridos en el Área de Planificación 4 en Río de Janeiro utilizando técnicas de Detección de Imagen TM / LANDSAT para detectar alteraciones de cobertura del suelo ocurridas en el período de 2000 a 2015. Las imágenes fueron sometidas a curvas específicas de la respuesta espectral de los blancos para comprobar el ajuste de las imágenes. Por último, el modelo GEOBIA fue generado para la identificación de áreas urbanas, utilizando los descriptores NDBI, NDWI y NDVI. Después del modelado de los descriptores y el mapeo de las áreas urbanas en la AP 4, fue posible identificar cambios y características sociales de los resultados.

INTRODUÇÃO

As áreas urbanas se caracterizam como um espaço bastante diversificado, em função da dinâmica espacial e social na qual se insere. Como estes ambientes estão em constantes modificações, compreender tais mudanças permite entender também como o processo de ocupação se deu, e de forma mais complexa como seu crescimento se dará. O Estado do Rio de Janeiro se caracteriza por uma estrutura física extremamente heterogênea, onde grandes maciços costeiros, morros e montanhas contrastam com a ocupação ao seu redor. A heterogeneidade do Estado vai até a formação social da população, que muitas vezes se distribui localmente em função das condições ambientais.

Com o advento das técnicas de Sensoriamento Remoto, há um grande subsídio de ferramentas que podem contribuir diretamente com a análise da mancha urbana modificada, visto que a expansão de certa área ocupada, assim como sua ocupação, pode ser facilmente detectada através de imagens de satélite (FLORENZANO, 2011). Além de contribuição para as políticas públicas e entendimento da própria cidade, iniciativas de mapeamento e monitoramento urbano de municípios como o Rio de Janeiro são essenciais para análises em escalas geográficas maiores. É nesse quesito que as mudanças ocorridas no Estado do Rio de Janeiro nos últimos 15 anos se tornam tão notável. A Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro representa uma das regiões mais modificadas de todo Estado, desde seu crescimento exponencial na década de 70. Esta corrida que já demonstrava seguir um ritmo bastante acelerado acabou tendo seu ápice, até então, com a chegada de grandes eventos a Cidade do Rio de Janeiro, começando com os Jogos Pan-americanos (2007), a Copa do Mundo (2014) e os Jogos Olímpicos e Paraolímpicos (2016).

O presente trabalho visa identificar as modificações ocorridas na Área de Planejamento 4 (AP 4) que engloba 19 bairros nas Regiões Administrativas da Barra da Tijuca, Jacarepaguá e Cidade de Deus, no Rio de Janeiro. Para isso, foi utilizada a técnica de detecção de mudanças em imagens TM/LANDSAT, para identificar as alterações na cobertura do solo ocorridas no período de 2000 a 2015, contribuindo com representações em forma de análises espaciais e estatísticas que amparem políticas públicas voltadas a ocupação e ao planejamento urbano.

METODOLOGIA

A metodologia de trabalho é dividida entre as etapas de pré-processamento, modelagem de mudanças, como explicitado na Figura 1.

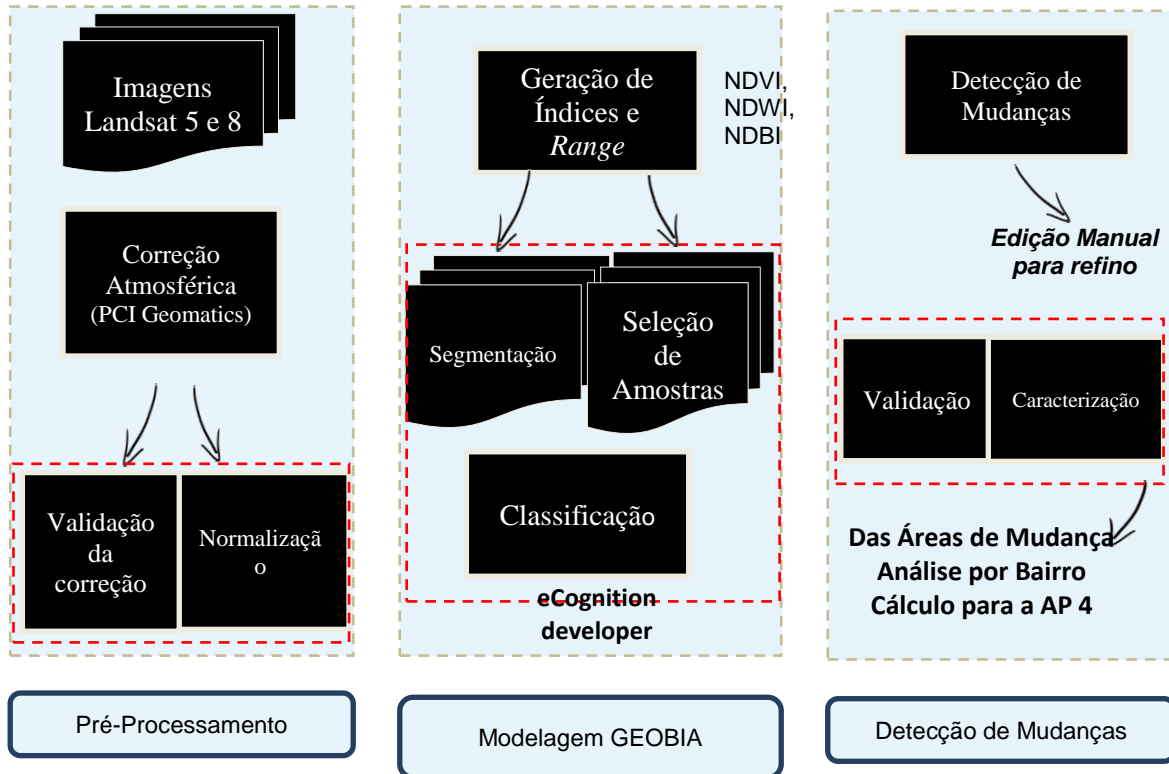


Figura 1 – Fluxograma de Trabalho

A metodologia desenvolvida, foi iniciada pela aquisição e processamento das imagens Landsat 5 e Landsat 8 a partir de download disponível no *United States Geological Survey* (USGS). As cenas foram escolhidas por períodos próximos, buscando-se equivalência sazonal e baixa presença de nuvens. Com relação ao pré-processamento das imagens, a primeira etapa consistiu na correção atmosférica das mesmas, visando atenuar os efeitos de espalhamento e absorção causados pela atmosfera, que podem alterar a resposta espectral dos alvos, principalmente quando se realiza um estudo multi-temporal (OLIVEIRA, et.al 2017).

O processo subsequente consiste na normalização radiométrica das imagens que já foram tratadas com relação aos componentes atmosféricos. Segundo Ponzoni (2000), o processo de normalização é uma técnica de calibração relativa que consiste na regressão linear entre imagens multiespectrais em uma série temporal em relação a uma imagem de referência. No presente trabalho, utilizou-se o Software livre R., optando pela distribuição de 300 pontos invariantes no recorte temporal espalhados pela cena, favorecendo a maior parte da região analisada, bem como seus entornos.

Com as imagens já corrigidas, iniciou-se o processo de classificação das imagens, visando a detecção de mudanças. Utilizando o software eCognition developer®, optou-se

pela separação das classes gerais (água e outros), visto que o interesse principal é mapear o que mudou entre as datas e avaliar as alterações ocorridas. A detecção de mudanças se deu a partir da subdivisão das classes mudança e não mudança e da diferenciação de áreas claras e escuras, pois os modelos aplicados acabam por detectar diferenças nas sombras como mudança, mas que de fato são apenas diferenças na iluminação do local, para eliminar estes problemas definiu-se a hierarquia de classes apresenta a Figura 2.



Figura 2 – Hierarquia de Classes visando a detecção de mudanças

Utilizando a abordagem **GEOBIA** (*Geographic Object-Based Image Analysis*) de classificação, a amostragem foi realizada, de acordo com a escolha de diferentes descritores, contudo ao adotar classes básicas preferiu-se seguir a criação de índices específicos individuais capazes de diferenciar os segmentos: urbano, vegetação e água.

Os descritores escolhidos foram os índices de diferença normalizada capazes de destacar os alvos escolhidos nas imagens, separados da seguinte forma: Índice de *Vegetação* por diferença Normalizada (**NDVI**), Índice de Diferença Normalizada da *Água* (**NDWI**) e Índice de *Áreas Construídas* por Diferença Normalizada (**NDBI**).

A partir dos cálculos destes índices, foi utilizada a ferramenta *Cell statistics no ArcGis 10.1*, (definindo como *range*) método que estima o valor de alcance que cada pixel representa entre os índices gerados a partir das imagens das 4 datas utilizadas, gerando 4 diferentes ranges para cada índice. A classe ‘*not_mudança*’ foi modelada com os descritores referentes a média da amplitude dos índices calculados, NDVI e NDWI, enquanto para a classe ‘*mudança*’ atribuiu-se a inversão da similaridade da classe ‘*not_mudança*’. Os gráficos dos descritores escolhidos são exibidos na Figura 3.

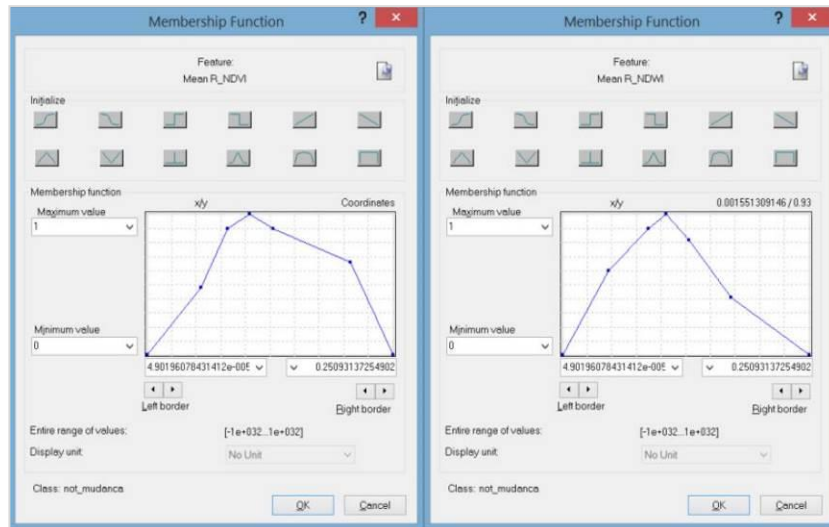


Figura 3 – Gráficos de Modelagem – NDVI e NDWI

Estes parâmetros se demonstraram como os mais adequados para diferenciação dos alvos nas imagens, englobando a vegetação, água e áreas antrópicas não agrícolas (área urbana, solo exposto e mineração, por exemplo). Vale a pena destacar a boa abrangência encontrada pelas bandas do infravermelho próximo (NIR), e também com resposta adequada da amplitude dos índices NDVI e NDWI. O mapeamento fora validado a partir de 150 pontos aleatórios na área de estudo, tendo como base as imagens do Google Earth para validação.

RESULTADOS

Utilizando a imagem de 2005, após a correção atmosférica, como referência para a normalização radiométrica, foi possível verificar que os alvos comparados nas diferentes imagens apresentaram respostas espectrais condizentes com o esperado e de acordo com a revisão bibliográfica.

Os gráficos foram elaborados em função dos níveis digitais (Eixo y) e os respectivos valores para cada banda (Eixo x), tanto para o sensor TM quanto para o OLI, foram utilizadas 6 bandas, excluindo as termais do Landsat 8. A Figura 4 ilustra o gráfico da validação da normalização radiométrica para a classe Vegetação. Como a classe analisada é extremamente homogênea, logo o gráfico de validação da mesma tende a se aproximar em todos os comprimentos de onda, a partir de tal, também é possível afirmar que o processo de normalização teve seu êxito.



Figura 4 – Validação da Normalização Radiométrica – Classe Vegetação

Para a classe “Urbano”, há uma maior diferenciação entre as imagens (Figura 5), fato apoiado pela alta heterogeneidade desta classe, principalmente pelas coberturas que as compõe e diferença entre datas espaçadas em 15 anos, mesmo assim esta é uma diferença pequena de ser observada, corroborando com a adequação das curvas também encontradas na classe vegetação. Ressalta-se que o mesmo comportamento gráfico, adequado, também fora obtido para a classe Água.

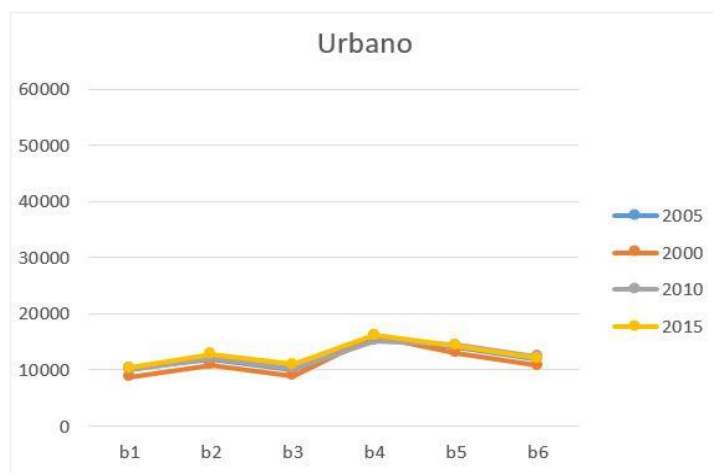


Figura 5 – Validação da Normalização Radiométrica – Classe “Urbano”

Em função da classificação feita, a detecção de mudanças foi bastante pertinente, como demonstrado na Figura 6. Através dos parâmetros utilizados na modelagem, a classificação final se demonstrou adequada, ilustrando visualmente as inúmeras mudanças ocorridas nos últimos anos na AP4.

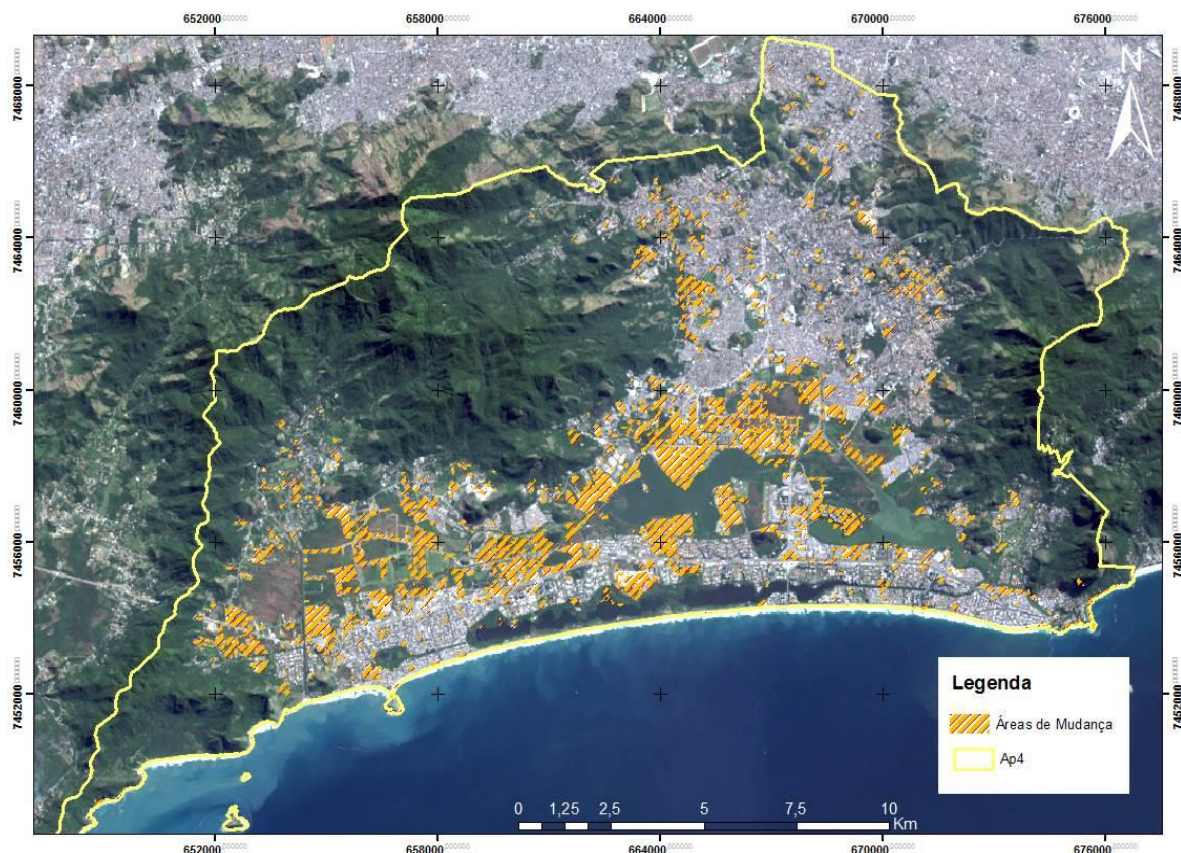


Figura 6 – Áreas de Mudanças na Ap4

Em toda AP 4, a área de mudança totalizou **28,50 km²**, seguindo alguns padrões. Por meio de transformações tabulares, é possível verificar a ocorrência de mudança particular de cada bairro da Área de Planejamento. As mudanças muitas vezes, ocorrem na interseção entre dois ou mais bairros, como demonstrado na Tabela 1. Optou-se por analisar somente aquelas ocorridas dentro de um único bairro, visto que se busca uma porcentagem de variação dentro de uma única localidade.

Alguns bairros agregam a maior parte das mudanças ocorridas, quando comparados a outros, por mais que seja natural, há uma direção clara desta expansão. Numa relação simples com a área total de mudança, foi possível identificar a porcentagem de alterações, demonstrando uma certa disparidade entre a transição dos 15 anos analisados, este questionamento instigou a ideia de relacionar as mudanças ocorridas com outros indicadores sociais, como rendimento, apoiado pelo fato de 4 bairros, sem interseção, agregarem aproximadamente 66% da alteração total da Área de Planejamento, como visto na Tabela 1. Incluiu-se a categoria Rendimento Nominal Médio, categoria que exclui moradores sem rendimento, os dados foram obtidos por meio do Armazém de Dados do Instituto Pereira Passos (IPP).

Tabela 1 – Porcentagem de Mudança por Bairro na AP 4

Bairro	Mudança (%)	Rendiment o Nominal Médio (R\$)	Bairro	Mudança (%)	Rendiment o Nominal Médio (R\$)
Anil	1%	1 500	Joá	1%	7 891
Barra da Tijuca	24%	6 835	Pechinha	0%	2 465
Camorim	2%	2 261	Praça Seca	1%	1 561
Cidade de Deus	0%	823	Recreio	22%	3 808
Curicica	0%	1 271	Tanque	1%	1 467
Freguesia	2%	2 673	Taquara	2%	1 769
Gardênia Azul	0%	1 069	Vargem Grande	4%	1 456
Grumari	0%	571	Vargem Pequena	4%	1 273
Itanhangá	1%	1 763	Vila Valqueire	0%	2 279
Jacarepaguá	20%	1 351	Em Interseção	14%	-

Um bom exemplo de indicador social inerente as mudanças é a Cidade de Deus, um aglomerado subnormal que possui a segunda menor renda por bairros da referida Área de Planejamento, só perdendo para Grumari. Contudo, segundo o Censo 2010 realizado pelo IBGE, os habitantes da Cidade de Deus neste ano contabilizavam 36.515 pessoas, já Grumari possui 167 habitantes na mesma data (IBGE). Além disso, a Área de Planejamento 4 que conta com 3 Regiões Administrativas (Barra da Tijuca, Jacarepaguá e Cidade de Deus) teve concentração de alterações distribuídas da seguinte forma, por *Região Administrativa*: 0% Cidade de Deus, 27 % Jacarepaguá e 58% Barra da Tijuca. Enquanto a distribuição de *Renda Nominal Média* por Região, conta com R\$ 823 Cidade de Deus, R\$ 1 793 Jacarepaguá e R\$ 4 682 Barra da Tijuca.

Em análise visual do mapeamento feito também é possível identificar a criação de muitos *shoppings centers*, condomínios de luxo, geralmente próximos a praias, obras provenientes do planejamento dos Jogos Olímpicos e infraestrutura como o BRT, o esquema ilustrado na Figura 7 exemplifica algumas das mudanças encontradas.

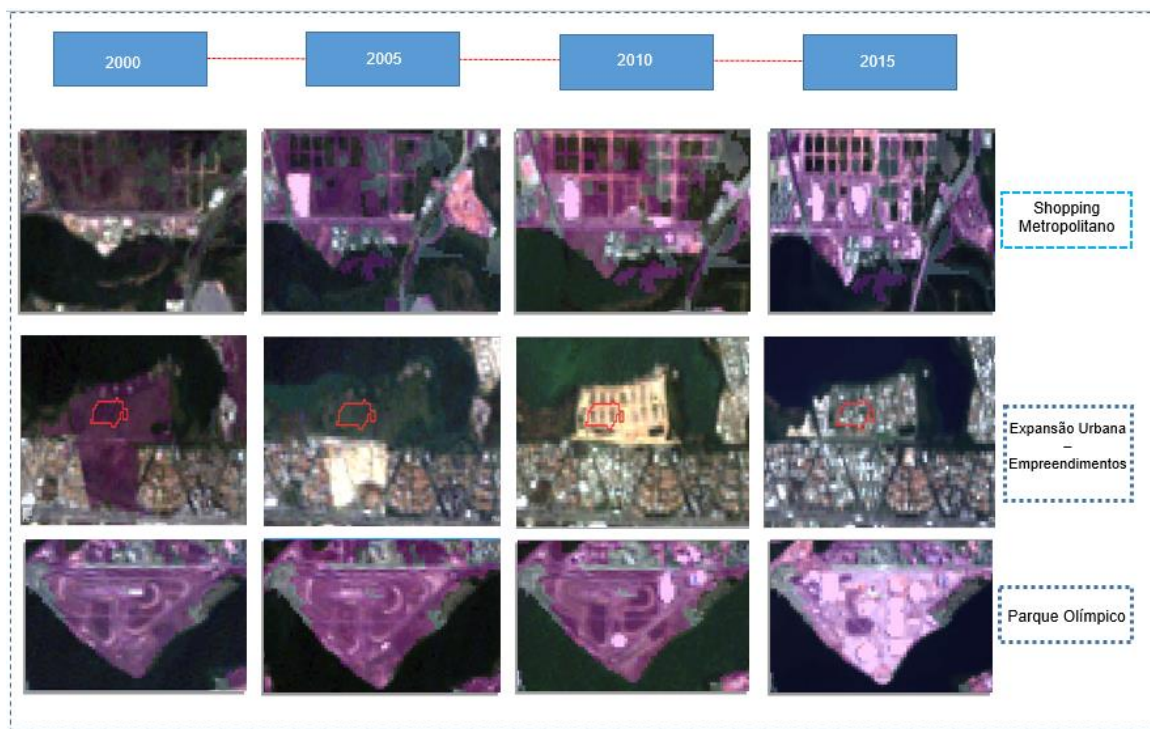


Figura 7 – Exemplos de Alterações ocorridas na AP 4

Com relação a validação do mapeamento, utilizando o ArcGis 10.3, foram distribuídos 150 pontos por toda a área de estudo, de forma que as classes de mudança e não mudança pudessem ser englobadas. Posteriormente, estes pontos foram exportados para o Google Earth, que pela função de alternância de anos nos possibilitou indicar quais áreas realmente mudaram, dos 150 pontos amostrais criados (Figura 8) 122 foram indicados como corretos, fornecendo uma exatidão de **81,3%**, um valor alto que indica um mapeamento adequado e que atende ao critério de precisão adotado no trabalho. Vale ressaltar que as classes de validação foram somente mudança e não mudança, o que engloba áreas verdes e antrópicas, já as mudanças em corpos hídricos foram consideradas apenas em sua extensão, caso tenha acontecido.

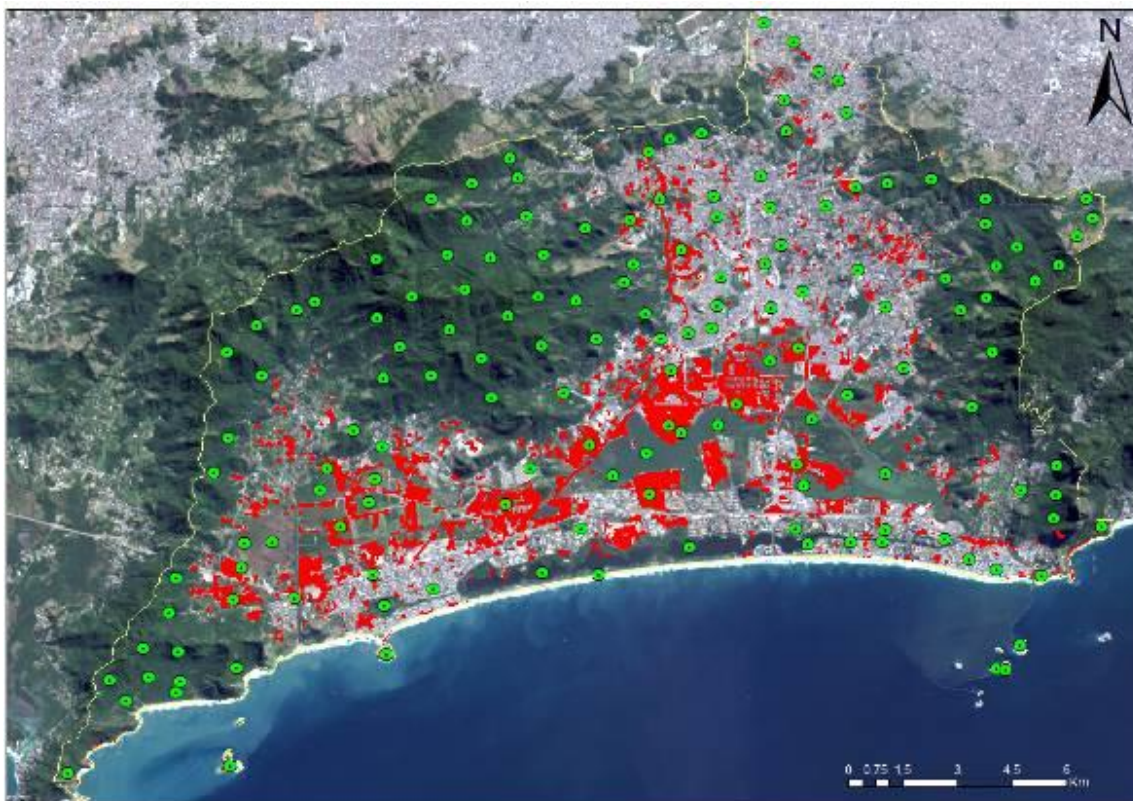


Figura 8 – Distribuição dos Pontos de Avaliação

CONCLUSÕES

Desde 1980, quando ocorreu uma grande explosão demográfica na Zona Oeste Carioca, mais especificamente na Barra da Tijuca, o Rio de Janeiro vem vivenciando uma expansão ainda mais intensa nos últimos anos, resultado de diversos investimentos e interesses de empreiteiras que encontraram uma área propensa a seus negócios, sem que haja a necessidade de explorar uma região com menor renda ou já totalmente urbanizada que não possibilite a construção de novos empreendimentos, com grandes espaços ociosos, a AP 4, há pouco tempo, ainda representava uma área relativamente não ocupada, em contraposição ao Centro da Cidade, por exemplo.

Especificamente, a Área de Planejamento 4 passou por inúmeras transformações, é bem verdade que desde a abertura da via expressa Avenida Governador Carlos Lacerda (Linha Amarela) em 1997, a facilidade de acesso para empreendimentos comerciais, tais como megacentros comerciais, shopping centers e outros fornecedores de serviços terminaram por substituir fortemente o uso comercial de indústrias, até mesmo a ocupação residencial tornou-se mais verticalizada, a partir dos anos 2000 houve uma expansão abrupta com a chegada de grandes eventos no município do Rio de Janeiro, como os jogos Pan-americanos que foi o precursor dos próximos, tão grandiosos, que a modificação na cobertura do uso do solo e o aumento demográfico, transformaram-se em grandes preocupações futuras.

Desde o plano de ocupação, realizado por Lúcio Costa em 1969, segundo a Prefeitura do Rio de Janeiro, a AP 4 registra um fantástico crescimento, verificado, sobretudo, na região administrativa da Barra da Tijuca que passou de 5.779 residentes em 1970 para 174.353 em 2000, numa variação de 2.917% em 30 anos. Com os dados do Censo de 2010 do IBGE é possível verificar que nos dois últimos censos (2000-2010), a Zona Oeste como um todo (abrange também a AP5), cresceu cerca de 150%, estes números indicam uma direção de crescimento ainda mais fomentada pelos Jogos Olímpicos Rio 2016, esta região recebeu desde novas arenas esportivas até as instalações dos atletas, um avanço que não se deu somente na área desportiva, visto que após o término dos Jogos, um consórcio formado por 3 empreiteiras poderá explorar regiões do Parque Olímpico para fins imobiliários.

Considerando a oferta local de espaços livres, é natural que haja uma propagação imobiliária bastante intensa e direcionada, contudo, a criação de infraestrutura e a proteção a moradores mais carentes não deve seguir um modelo de disparidade tão alta, que busca gerar muito mais uma região voltada para classes mais abastadas do que verdadeiramente expandir pelo avanço e pela sustentabilidade.

Com as técnicas de Sensoriamento Remoto, mais especificamente o método de Detecção de Mudanças, pudemos identificar visualmente como se dá o processo de ocupação de uma determinada área, e até mesmo associar com outros fatores e dados que terminam por fomentar uma diversa gama de estudos. Além da identificação de alguns grandes complexos, também foi possível identificar desde áreas que se tornaram mais densas, a construção de shopping centers, como o Metropolitano, o Parque Olímpico, a Vila dos atletas e outros, que infelizmente não são majoritariamente voltados a estruturação dos bairros, mas voltados a interesses econômicos. Uma das poucas mudanças associadas a mobilidade urbana, o BRT, e a Transolímpica, representam um bom avanço voltado a infraestrutura, mas ainda carecem de estrutura auxiliar, como o metrô, inaugurado tão recentemente.

A criação de políticas públicas que fomentem a pesquisa, o desenvolvimento social, também podem ser associadas ao ambiente urbano e sua expansão desenfreada, tão identificada no presente estudo, com mais pesquisas e bases científicas é possível criar novos modelos expansionistas que possam acompanhar a evolução necessária com a chegada de políticas públicas de saneamento e transporte, por exemplo. A Área de Planejamento 4, é uma região ainda pouco explorada para fins sustentáveis, contudo, buscamos cada vez mais apoiar as mais diversas ciências voltadas ao bem-estar e manutenção da população, a compreensão evita um futuro provavelmente sombrio, em que a luta por espaços, busca de alimentos e necessidade de ambientes naturais se tornem prerrogativas ainda mais preocupantes. No Rio de Janeiro, há de se compreender este fenômeno expansionista, a distribuição do espaço pode ser social, e evitando assim uma verdadeira “Marcha para Oeste Carioca”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMAZÉM DE DADOS – Instituto Pereira Passos (IPP) – Disponível em: <http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br/> acesso em julho de 2018

FLORENZANO, Teresa Gallotti. Iniciação em Sensoriamento Remoto. 3a Ed. ampl. E atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (DADOS DO CENSO 2010). Disponível em http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm. Acesso em maio de 2018.

OLIVEIRA, A.P. VIEGAS, V.S., ALMEIDA, P.M.M., SOUZA, E.M.F.R., Detecção de mudanças e modelagem GEOBIA para identificação de áreas antrópicas no município do Rio de Janeiro entre 2000 e 2015. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR ISBN: 978-85-17-00088-1

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação. p.144. São José dos Campos - SP: Editora Parêntese, 2009.