



**Mônica dos Santos Monteiro**

**SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS COMO DIRETRIZ PARA  
O PLANEJAMENTO URBANO: uma análise da Área  
Metropolitana do Rio de Janeiro**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental.

Orientadora: Prof. Maria Fernanda Rodrigues Campos Lemos

Rio de Janeiro  
Setembro de 2016



**MÔNICA DOS SANTOS MONTEIRO**

**Serviços Ecosistêmicos como diretriz para o  
Planejamento Urbano: uma análise da Área  
Metropolitana do Rio de Janeiro**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Profa. Maria Fernanda Rodrigues Campos Lemos**  
Presidente  
Departamento de Arquitetura e Urbanismo - PUC-Rio

**Profa. Raquel Hemerly Tardin Coelho**  
UFRJ

**Prof. Marcelo Roberto Ventura Dias de Mattos Bezerra**  
PUC-Rio

**Prof. Márcio da Silveira Carvalho**  
Coordenador Setorial de Pós-Graduação  
do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 29 de setembro de 2016

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e da orientadora.

## Mônica dos Santos Monteiro

Graduou-se em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal Fluminense em 2000. Como parte do Programa Trainee da Caixa Econômica Federal, especializou-se em Desenvolvimento Gerencial pela Fundação Getúlio Vargas (2002). Trabalhou na Caixa Econômica Federal entre 2001 e 2010 nas áreas de Serviços Delegados, Fundos de Governo e Petróleo e Gás. Cursou MBA em Finanças no IBMEC, concluído em 2013. Trabalha no Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social – BNDES desde 2010, nas áreas de Administração e Gestão Pública e Socioambiental.

### Ficha Catalográfica

Monteiro, Mônica dos Santos

Serviços Ecosistêmicos como diretriz para o Planejamento Urbano: uma análise da Área Metropolitana do Rio de Janeiro / Mônica dos Santos Monteiro; orientadora: Maria Fernanda Rodrigues Campos Lemos. – 2016.

182 f.; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, 2016.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Civil – Teses. 2. Engenharia Urbana e Ambiental – Teses. 3. Serviços ecossistêmicos. 4. Planejamento urbano. 5. Arco metropolitano. 6. Rio de Janeiro. 7. Costing Nature. 8. Water World. I. Lemos, Maria Fernanda Rodrigues Campos. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental. III. Título.

CDD: 624

A meus pais, Gilmar e Jorge, por me ensinarem  
que conhecimento não ocupa espaço.

## Resumo

Monteiro, Mônica dos Santos; Lemos, Maria Fernanda Rodrigues Campos. **Serviços Ecosistêmicos como diretriz para o Planejamento Urbano: uma análise da Área Metropolitana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2016, 182p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Os recursos naturais e os ecossistemas podem ser pensados como ativos ambientais que proveem os seres humanos com um fluxo de serviços que contribuem para seu bem-estar. Tais ativos constituem “serviços ecossistêmicos”, fundamentais para a sobrevivência das cidades. Os serviços ecossistêmicos possuem valor intrínseco, e sua valoração, em termos monetários ou não, permite identificar os trade offs existentes entre usos alternativos do solo e dos ativos ambientais, e o impacto direto desses serviços nas oportunidades econômicas e no bem-estar da população. Essa discussão pertence às questões de planejamento urbano tendo em vista que este trata, basicamente, de disciplinar o uso do solo nas cidades, do que e quanto é permitido construir em tal território. Sobre este pano de fundo tem-se a implantação do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro, cuja área de influência abrange 21 municípios, concentra 70% da população do estado, grande parcela dos empregos no estado e os únicos vazios urbanos na região metropolitana. Discute-se neste trabalho se, e de que forma, a inclusão dos serviços ecossistêmicos na tomada de decisões de planejamento urbano e territorial pode contribuir para o desenvolvimento sustentável das cidades. A partir dessa discussão, apresenta-se o mapeamento dos principais pontos de produção e consumo de serviços ecossistêmicos na área de estudo, e avalia-se os cenários de expansão urbana contidos no Plano Diretor do Arco Metropolitano a partir das variações no potencial de provisão dos serviços ecossistêmicos em toda a região. Por fim, propõe-se diretrizes de planejamento que substanciem o uso equilibrado do solo e a redução de riscos associados às mudanças climáticas, a partir da perspectiva da provisão de serviços ecossistêmicos na região de estudo.

## Palavras-chave

Serviços ecossistêmicos; planejamento urbano; Arco Metropolitano; Rio de Janeiro; Costing Nature; Water World; plano diretor

## Extended Abstract

Monteiro, Mônica dos Santos; Lemos, Maria Fernanda Rodrigues Campos. **Ecosystem services as guidelines for urban planning: an analysis of the Metropolitan Area of Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2016, 182p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The main objective of this paper is to evaluate the expansion of urban areas over those significant to the preservation of ecosystem services in the region encompassed by the Strategic Master Plan for the Sustainable Development of the Metropolitan Beltway of Rio de Janeiro Area (PDAM), as a means to contribute to promoting sustainability and resilience of the cities encompassed by it.

The approach used for this evaluation is that of ecosystem services, understood here as the benefits people derive from ecosystems.

Throughout this paper, we have tried to demonstrate that the evaluation of the impacts of land use changes on ecosystem services and the inclusion of these impacts in urban planning decision-making processes can contribute to cities that are more sustainable and more prepared to face climate change.

Two, out of a set of five, of the software offered by the Policy Support Systems initiative, developed by the King's College London and AmbioTEK CIC, were used in order to evaluate the impact of the Metropolitan Beltway of Rio de Janeiro on ecosystem services in the region: Co\$ting Nature and Water World. The choice of these two tools was due to their free access and availability of information for processing – and more importantly, they have already been used successfully in several other studies on ecosystem services (POLICY SUPPORT SYSTEMS, 201-).

Co\$ting Nature, which was developed with the collaboration of UNEP – WCMC also, aims to provide support for sustainable management of Ecosystems Services, through the identification of priorities for conservation.

According to the developers (POLICY SUPPORT SYSTEMS, 201-), the tool accounts and evaluates the ecosystem services generated in a given region, identifies its beneficiaries and appraises the impacts of human interventions.

Water World follows the same operating philosophy and presentation of results, but is designed specifically for the assessment of hydrological ecosystem services and water management policies. While Water World presents its results in an absolute way,

that is, in values and dimensions specific to each site assessed, Co\$ting Nature uses relative rating, that is, compares all evaluated sites relative to the scale chosen by the user (global or local) and assigns them values between 0 and 1.

In this study, except for exceptions indicated below, the resolution of 1 km<sup>2</sup> and local indexing were used to assign values related to ecosystem services.

The exceptions made to the binomial local index / resolution of 1km<sup>2</sup> were:

- the mapping of the Priority Areas for Biodiversity Conservation in the region covered by the PDAM, carried out with global indexing; and
- evaluation of the most consumed ecosystem service, carried out with the finer resolution of 1ha.

The results obtained were overlaid with current urban areas as well as the 2030 estimated expansion demarcated in the PDAM, to diagnose the expected urban sprawl impact on the provision and consumption of ecosystem services in the region.

Natural resources and ecosystems can be thought of as environmental assets that provide humans with a flow of services that support and are an inseparable part of their well-being, since it is not possible to maintain economic processes and human settlements without, crop pollination, safe flow of clean water, air purification, for example.

Such assets constitute “ecosystem services”, essential to the survival of the cities, who depend on the importation of natural resources as energy, raw materials and food, which are then consumed by their citizens and returned to Nature as residues.

Loss and degradation of natural assets can compromise ecosystems ability to restore themselves and deliver the ecosystem services needed by cities, therefore imposing high costs to both deal with the lacking services and develop alternatives to the lost assets.

For this reason, ecosystem services have intrinsic value, which can take on economic, ecological, socio-cultural, health or insurance characteristics. Their valuation, in monetary terms or not, allows for the identification of the trade-offs between alternative land and environmental assets uses, as well as the impact of the ecosystem services upon people’s economic opportunities and well-being.

Both natural ecosystems and those that have already undergone anthropogenic action – such as agricultural and pasture fields, and even cities – generate ecosystem services that can be consumed locally or at great distances from their production site.

As the place of residence of the majority of the world population (and, in the national case, about two-thirds of the Brazilian population), cities are the largest consumers of ecosystem services.

This tends to be reinforced by projections of increasing rates of urbanization, especially in less developed countries – a factor that raises the threat of urban sprawl

being predatory to nature, and resulting in cities that are even more socially unequal given that the poorest populations are those that suffer the worst consequences of the depletion of ecosystem services.

From the perspective of urban planning, part of the current challenge is to design cities that work together with nature. Starting with an evaluation of the impacts that will be exerted on ecosystem services, this mutually beneficial relationship can be fomented through some paths:

- Encourage increased production of ecosystem services within the cities themselves, which can be done with the implementation of [more] green infrastructure elements - such as urban parks and gardens, complementing or replacing the traditional gray infrastructure;

- Reduce the amount of ecosystem services necessary for the operation of cities, through energy efficiency policies, reducing waste and adequate public transportation, for example, as well as increase the re-use of ecosystem services consumed in cities, through waste recycling incentives; and

- Review and moderate the incentives for land use change in and around cities, in order to stop urban sprawl trends, especially the ones that overlaps the important areas for the provision of ecosystem services. The less dense a city is, the greater its negative impacts on its surroundings, either due to the building of longer and underutilized utility networks (water supply, waste collection and treatment, etc.), or due to the higher energy consumption for commuting. In addition to the institution of command and control zoning policies over protected areas, part of this goal can be achieved through the creation of payment for ecosystem services (PES) schemes, where landowners or Conservation Units are duly compensated for the production of services by their respective beneficiaries.

Both the implementation of green infrastructure elements and PES schemes are Ecosystems-based Adaptation [to climate change] actions, which focus on preparing cities for occurrences of and to deal with the impacts of extreme events linked to climate change.

The implantation of the Metropolitan Beltway of Rio de Janeiro, in addition to the environmental impacts of its own construction, has initiated a series of chain reactions of creation of new industrial districts and plants, population displacement and urban expansion, that put pressure on the infrastructure, the ecosystems and protected areas in their region of influence.

The Metropolitan Beltway connects several existing highways and different municipalities around the capital of Rio de Janeiro and was designed to capitalize on the implementation of the Rio de Janeiro Petrochemical Complex (COMPERJ), connecting it

to the port regions of Itaguaí and Sepetiba, and transform the metropolitan region of Rio de Janeiro state into a large logistics platform.

Among the justifications used to support its construction, the Metropolitan Beltway should become the main vector of economic development of the state, so that the planning and regulation of the occupation of its surroundings would be fundamental to avoid the replication of the model of social and environmental vulnerability and exclusion seen in the Baixada Fluminense, as well as to guarantee environmental and ecosystem services preservation, which are the focus of this study.

After the construction of the Beltway, however, the economic scenario is diametrically opposite to that predicted, with a sharp drop in private investment and lack of resources for new projects in all spheres of government. Therefore, more than ever, it is necessary to properly plan the occupation of the area of influence of the Metropolitan Beltway aiming at the sustainable development of the region.

Its area of influence encompasses 21 municipalities, including all the ones that form the Metropolitan Region of Rio de Janeiro and also Cachoeiras de Macacu and Mangaratiba. At the time of the last Census (2010), these 21 municipalities accounted for about 11.3 million inhabitants, or approximately 70% of the state's population. In the area there are several public and private Environment Protected Areas, as well as areas of high, very high and extremely biological importance, as classified by the Project for the Conservation and Sustainable Use of Brazilian Biological Diversity - PROBIO (RIO DE JANEIRO, 2014).

Given the current characteristics of the mesoregion – high concentration of population, location of large portion of jobs in the state and the only urban voids in the metropolitan region (RIO DE JANEIRO, 2014), although the current economic situation does not encourage investments at the level idealized when the construction of the project began, it is assumed that the surroundings of the Metropolitan Beltway will become the great driver of urban occupation in its area of influence.

These characteristics plus the volume of resources yet to be invested in the region covered by the PDAM make this region ideal for evaluating the interaction between consumption and potential production of ecosystems services and urban planning, seen here as a mechanism to modulate urban expansion.

Amongst the results of the PDAM diagnosis, the implementation of the Metropolitan Arc will be responsible for the increase of atmospheric and noise pollution levels, volume of liquid effluents emissions and solid waste production; water quality reduction and threats to aquatic and estuarine ecosystems; induction of new migratory flows; changes in the patterns of centrality between the municipalities of the region and the commuting movements (home / work) of the population; and increased pressure for

occupancy of Environmental Protection Areas and Conservation Units or their buffer zones.

By crossing information on land use and occupation of the study area, both current and projected for 2030, with relative data on the supply and consumption of ecosystem services processed with the support of Co\$ting Nature and Water World software, it was possible to map which regions of the probable urban expansion cover priority areas for ecosystem services conservation or areas whose ecosystem services are close to exhaustion. Such results are shown in Maps 1 through 11.

From the point of view of ecosystem services, it is noteworthy that several points, including some in economically developed municipalities such as Rio de Janeiro and Niterói, the probability that the water consumed by the population is polluted would range between 30% and 70%, as assessed by the local Ecological Footprint function.

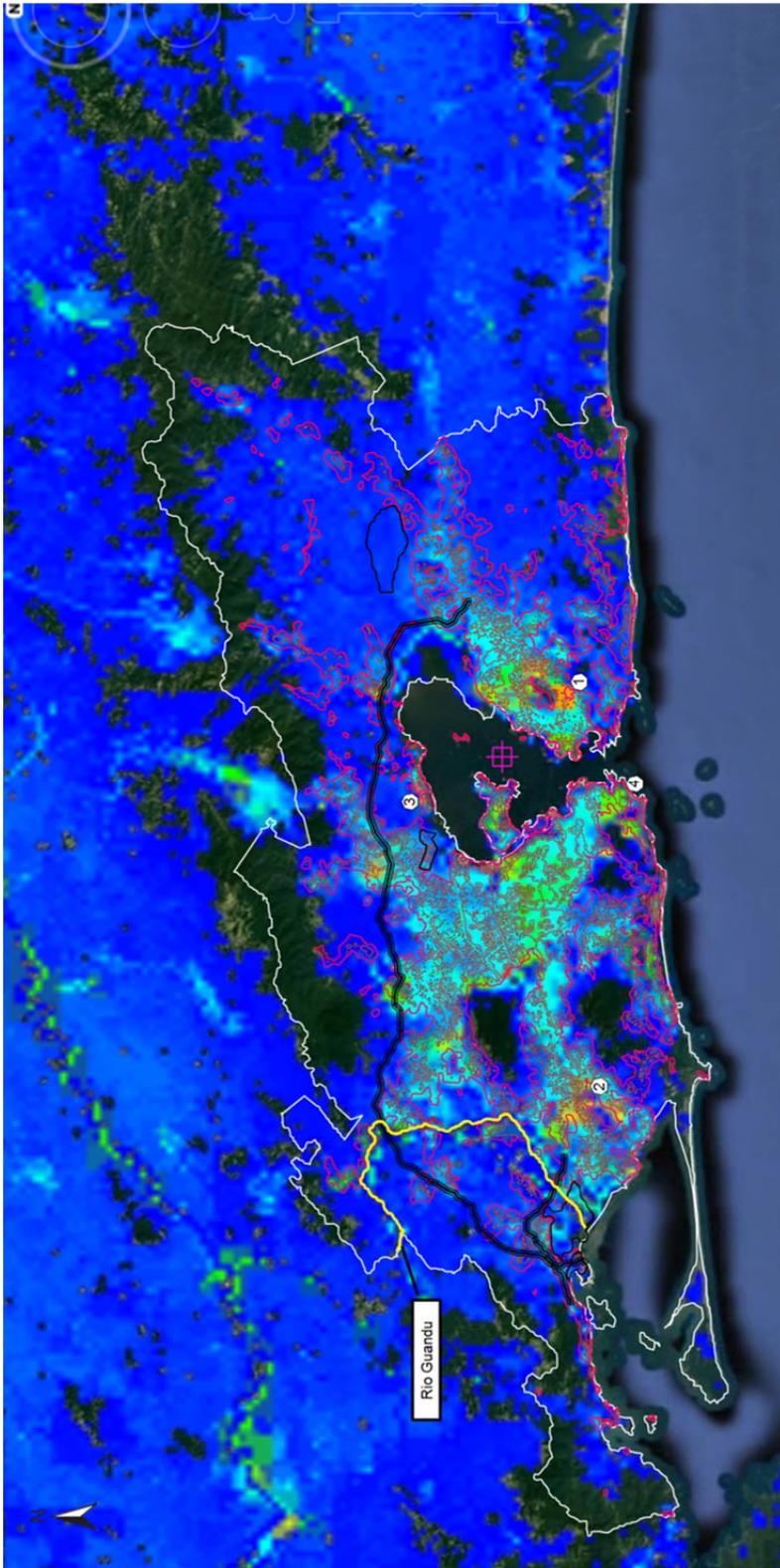
In addition, the Water Stress function mapped several points where the demand for clean water is frustrated, that is, the demand is not met or is served with low quality water of up to 50%, which approximately coincides with the water deficits already identified in previous studies.

In terms of biodiversity, the study area contains regions that are relevant to conservation worldwide, some of which are under heavy occupation pressure and in areas likely to be urbanized by 2030.

The evaluation of other ecosystem services was done in two ways: (a) between priority areas for development, that is, already urbanized regions that are suitable for densification or suitable for urban occupation, and priority areas for nature conservation; and (b) between production and consumption of ecosystems services regions. The highest intensity of consumption of ecosystem services in priority areas for development, as one would expect, is located in regions with high population densities, such as the North and Central Zones of the city of Rio de Janeiro and the Baixada Fluminense. Among the priority areas for conservation, the consumption of ecosystem services provided by the set of protected areas formed by the of Serra do Gericinó-Mendanha Environment Protection Area and Nova Iguaçu Municipal Park stands out from that observed in relation to the ecosystem services produced in the other conservation units – possibly due to its position, in the heart of the Baixada.

This set of protected areas also has a higher relative index of production of ecosystem services among priority areas for conservation, and the existence of human settlements in all its surroundings puts it at the top of the list of endangered conservation units and demands the institution of mechanisms to avoid predatory exploitation and eventual depletion of the ecosystem services.





**Map 2 – Mean annual human footprint on water quality / pollution**

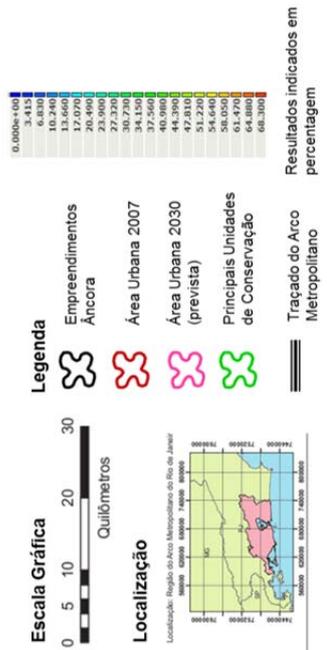
Source: Developed by the Author with data from Rio de Janeiro (2014) and Water World v.2 (2016) over image from Google Earth

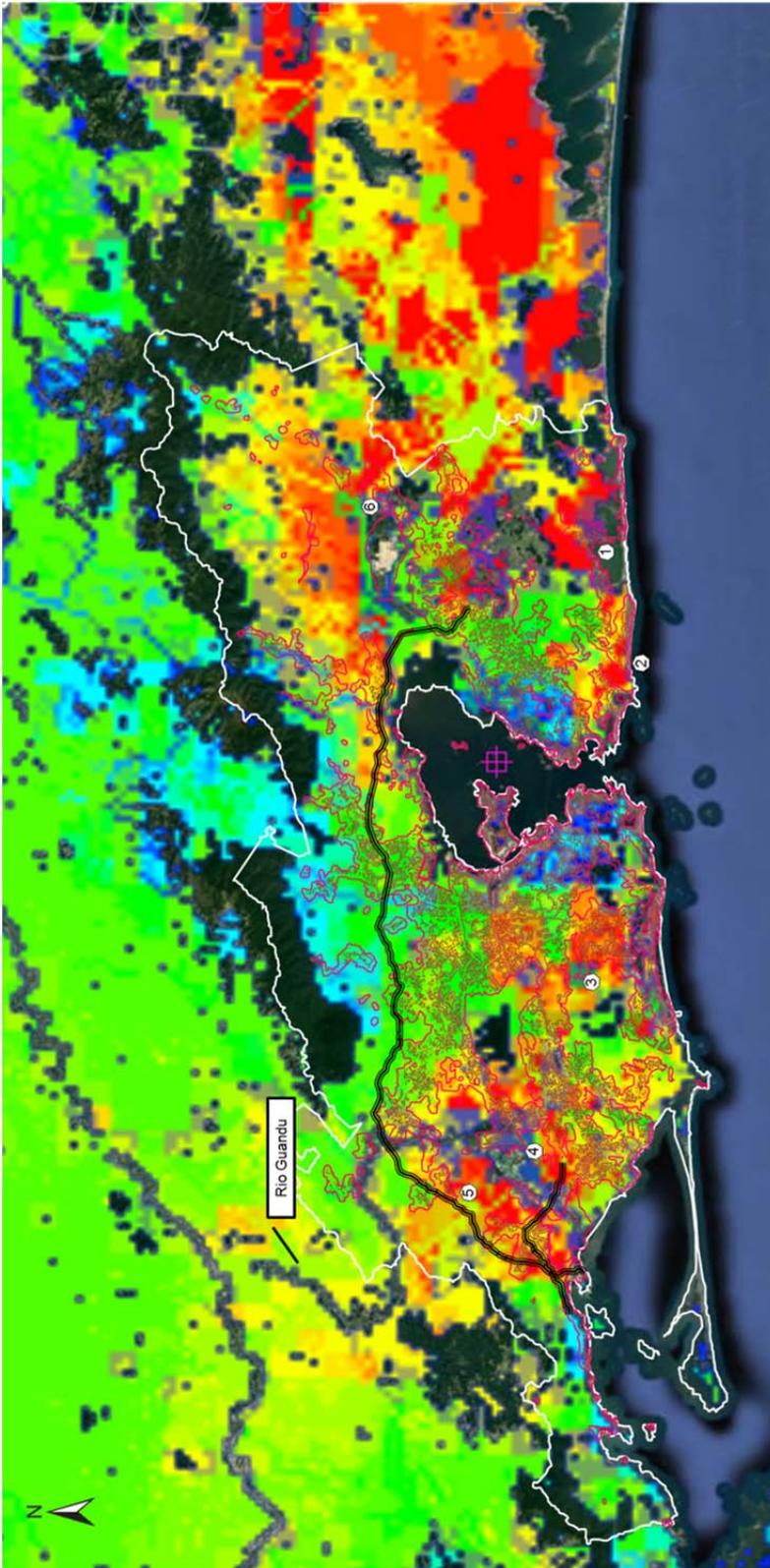
**Síntese da Avaliação**

A Pegada Ecológica Hídrica é indicada como o percentual de possibilidade de contaminação da água encontrado em cada ponto avaliado. Na região de estudo, o pico é atingido na zona urbana do município de Niterói (1), quase 70% de probabilidade de contaminação da água. Outros pontos relevantes podem ser encontrados na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro (2), majoritariamente em áreas que ainda serão urbanizadas (RIO DE JANEIRO, 2014), e no município de Nilópolis (3). Neste último caso, não apenas a ocupação urbana, mas também a degradação dos manguezais locais contribui para a contaminação da água. Por último, deve-se notar que há entre 30 e 45% de chance de contaminação da água na Zona Sul do Rio de Janeiro (4), bairros de renda mais elevada e que, em geral, contam com condições adequadas de abastecimento de água e coleta de esgotos domésticos. Neste caso, crê-se que a ocupação das encostas por favelas, cujas necessidades de saneamento costumam ser negligenciadas pelo poder público, possa originar as fontes de contaminação mapeadas.

**Mapa 2 – Pegada Ecológica Hídrica**

Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Water-World v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth





**Escala Gráfica**  
0 5 10 20 30  
Quilômetros

**Localização**  
Mapa de localização do Rio de Janeiro no Brasil, com o estado do Rio de Janeiro em destaque. O mapa mostra o Brasil dividido em estados e o Rio de Janeiro em municípios.

**Legenda**

- Empreendimentos Áncora
- Área Urbana 2007
- Área Urbana 2030 (prevista)
- Principais Unidades de Conservação
- Traçado do Arco Metropolitano

0,000m + 0m	Resultados indicados em percentagem
5,037	7,556
10,074	15,112
15,111	22,668
20,148	30,224
25,185	37,780
30,222	45,336
35,259	52,892
40,296	60,448
45,333	68,004
50,370	75,560

**Síntese da Avaliação**

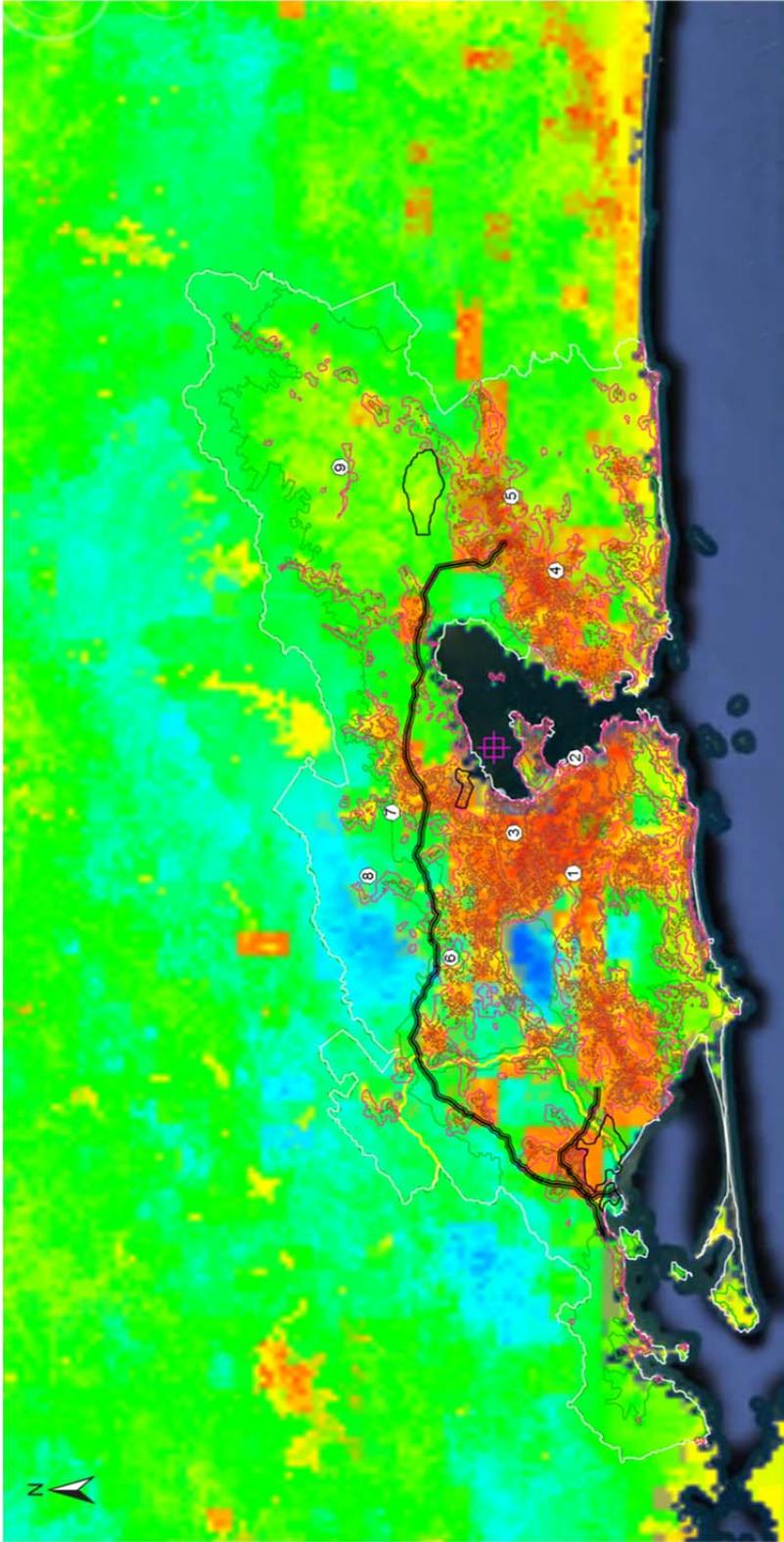
A avaliação de estresse hídrico realizada pelo Water World indica o percentual da demanda por água que não é atendida ou que é atendida por fontes contaminadas. Como pode ser observado, há percentuais elevados de frustração da demanda na área urbanizada da região de estudo em 2007, com picos de aproximadamente 50%. Tais extremos são encontrados no município de Maricá (1), na Região Oceânica do município de Niterói (2), na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro (3 e 4) e no entorno do Rio Guandu (4 e 5). Esses achados coincidem em parte com os déficits hídricos já mapeados na região (PDAM, Rio de Janeiro, 2014). Deve-se notar ainda que, em alguns pontos (exemplos em 2 e 6) a expansão urbana prevista pelo PDAM dar-se-á em direção a pontos que já estão sob estresse hídrico significativo, o que acarretará a necessidade de maiores investimentos em captação, tratamento e distribuição de água para reduzir os riscos de desabastecimento à população.

**Mapa 3 – Estresse Hídrico**  
Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Water World v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth

**Map 3 – Hydrological deficits**

Source: Developed by the Author with data from Rio de Janeiro (2014) and Water World v.2 (2016) over image from Google Earth





**Legenda**

- Empreendimentos Âncora
- Área Urbana 2007
- Área Urbana 2030 (prevista)
- Principais Unidades de Conservação
- Traçado do Arco Metropolitano

**Escala Gráfica**  
0 5 10 20 Quilômetros

**Localização**  
Localização: Região do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro  
RIO DE JANEIRO ESPÍRITO SANTO MINAS GERAIS

0,0000
0,0250
0,1250
0,1500
0,2000
0,3000
0,3499
0,3999
0,4499
0,4999
0,5331
0,5727
0,6068
0,7141
0,7500
0,8000
0,8999
0,9999

Resultados adimensionais, variando de 0 a 1

**Síntese da Avaliação**

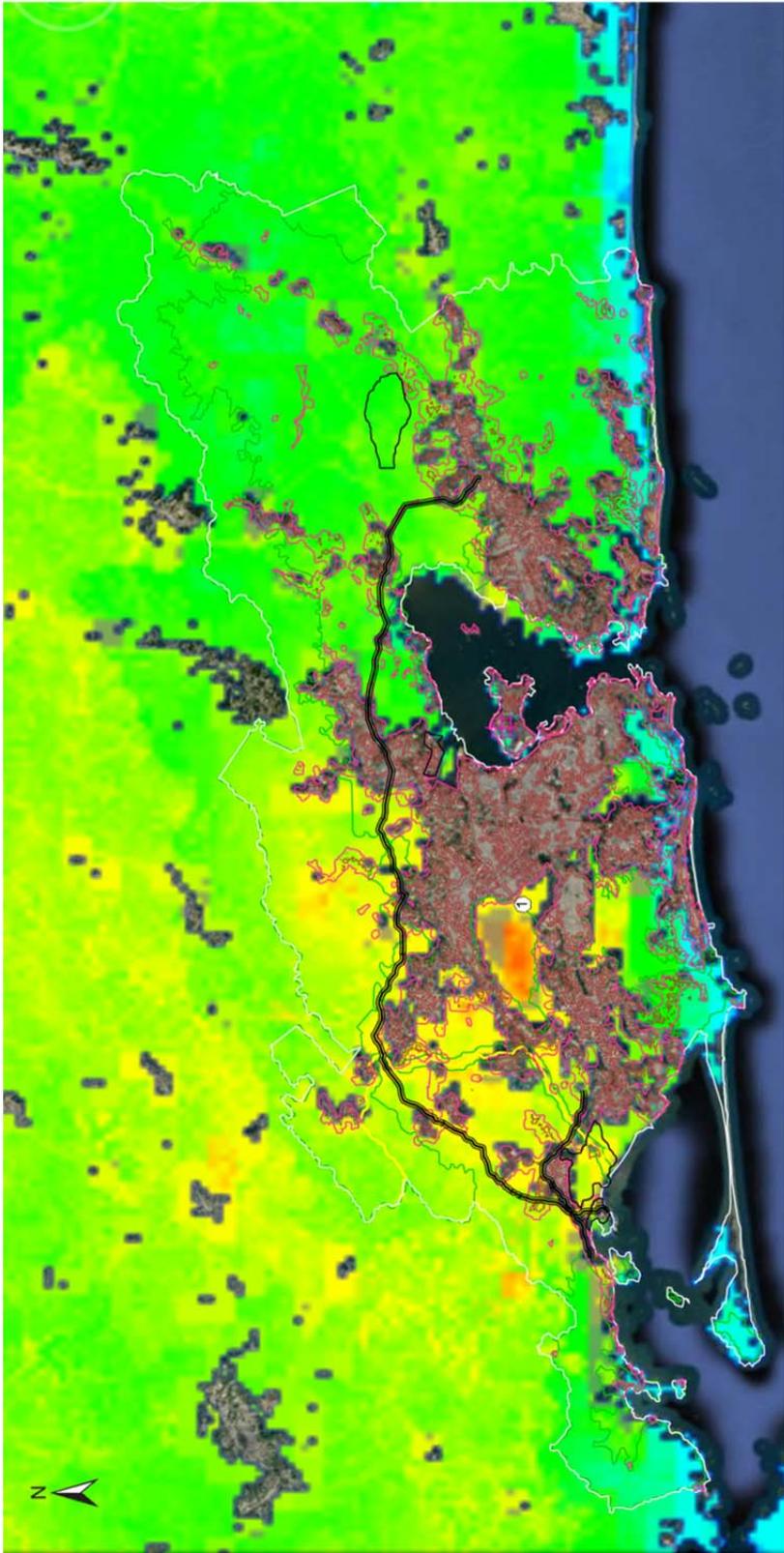
O Índice Relativo de Prioridade para Desenvolvimento – Serviços Consumidos indica as áreas sob pressão humana (via população, pastagens, infraestrutura, etc.), com baixa prioridade de conservação e maior volume de serviços ecossistêmicos utilizados. Sem surpresa, a maior intensidade de consumo de serviços ecossistêmicos encontra-se associada às manchas urbanas, com picos na Zona Norte (1) e região Central (2) do Rio de Janeiro e na Baía da Fluminense (1, 2, 3) e nos municípios de São Gonçalo (4) e Itaboraí (5). Deve-se notar ainda a existência de regiões de média intensidade de consumo de SE ao longo do traçado do Arco Metropolitano (6 e 7), que, devido aos movimentos de expansão urbana previstos tendem a se transformar em pontos de alta intensidade de consumo. Por último, aponta-se que a expansão urbana prevista pelo PDAM (Rio de Janeiro, 2014) avança sobre regiões atualmente de baixa intensidade de consumo de SE (8 e 9).

**Mapa 5 – Índice Relativo de Prioridade para Desenvolvimento – Serviços Ecossistêmicos Consumidos**

Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Costing Nature v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth

**Map 5 – Relative aggregate development priority index – realised services**

Source: Developed by the Author with data from Rio de Janeiro (2014) and Co\$ting Nature v.2 (2016) over image from Google Earth



**Legenda**

- Empreendimentos Ancora
- Área Urbana 2007
- Área Urbana 2030 (prevista)
- Principais Unidades de Conservação
- Traçado do Arco Metropolitano

**Localização**

Quilômetros

0 5 10 20

Localização: Região do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro

Mapa 6 – Índice Relativo de Prioridade para Conservação – Serviços Ecosistêmicos Consumidos

**Síntese da Avaliação**

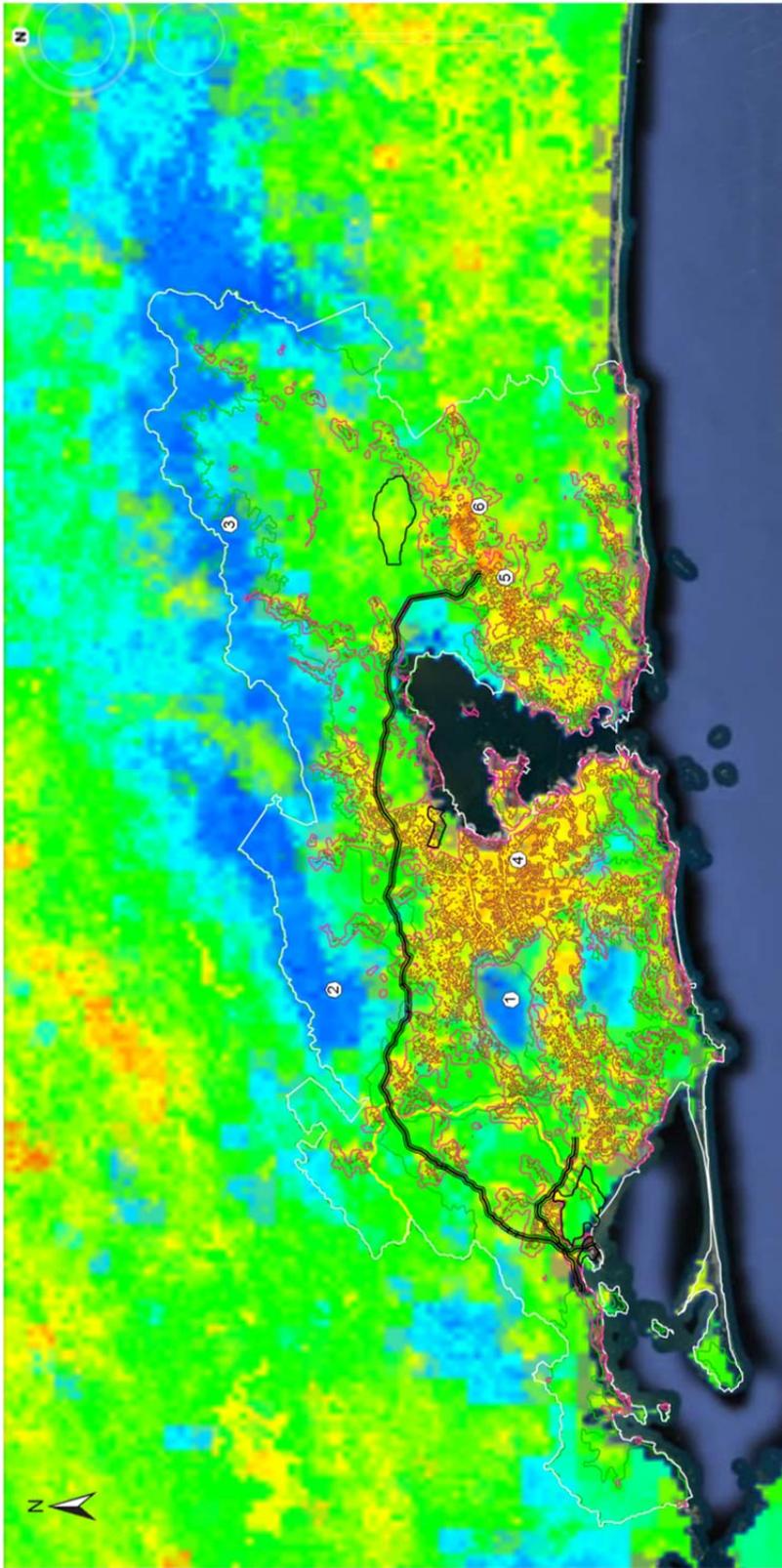
O Índice de Prioridade para Conservação foca em áreas protegidas, e, neste caso, nos serviços ecosistêmicos por elas produzidos que já estão em uso. Como no caso do Mapa 8 (Índice de Prioridade para Conservação – Serviços Ecosistêmicos Potenciais), deve-se notar a maior prioridade relativa do conjunto formado pela APA da Serra do Gerchinó-Mendanha e pelo Parque Municipal de Nova Iguaçu (1). O fato de este conjunto estar em nível de prioridade mais elevado tanto quando são considerados os SE consumidos quanto os SE potenciais aponta para que sejam tomados os devidos cuidados para evitar a exploração predatória – e, por consequência, a exaustão e esgotamento – dos serviços ecosistêmicos ali originados.

**Resultados adimensionais, variando de 0 a 1**

0.0000	0.0100
0.0100	0.0200
0.0200	0.0300
0.0300	0.0400
0.0400	0.0500
0.0500	0.0600
0.0600	0.0700
0.0700	0.0800
0.0800	0.0900
0.0900	0.1000
0.1000	0.1100
0.1100	0.1200
0.1200	0.1300
0.1300	0.1400
0.1400	0.1500
0.1500	0.1600
0.1600	0.1700
0.1700	0.1800
0.1800	0.1900
0.1900	0.2000
0.2000	0.2100
0.2100	0.2200
0.2200	0.2300
0.2300	0.2400
0.2400	0.2500
0.2500	0.2600
0.2600	0.2700
0.2700	0.2800
0.2800	0.2900
0.2900	0.3000
0.3000	0.3100
0.3100	0.3200
0.3200	0.3300
0.3300	0.3400
0.3400	0.3500
0.3500	0.3600
0.3600	0.3700
0.3700	0.3800
0.3800	0.3900
0.3900	0.4000
0.4000	0.4100
0.4100	0.4200
0.4200	0.4300
0.4300	0.4400
0.4400	0.4500
0.4500	0.4600
0.4600	0.4700
0.4700	0.4800
0.4800	0.4900
0.4900	0.5000

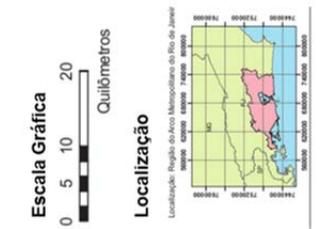
Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Costing Nature v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth

**Map 6 – Relative aggregate nature conservation priority index – realised services**  
 Source: Developed by the Author with data from Rio de Janeiro (2014) and Co\$ting Nature v.2 (2016) over image from Google Earth



0.0072
0.0154
0.2013
0.2461
0.2917
0.3380
0.4225
0.4770
0.5265
0.6048
0.6592
0.6948
0.7181
0.8278
0.8771
0.9163

- Legenda**
- Empreendimentos Ancora
  - Área Urbana 2007
  - Área Urbana 2030 (prevista)
  - Principais Unidades de Conservação
  - Traçado do Arco Metropolitano



**Síntese da Avaliação**

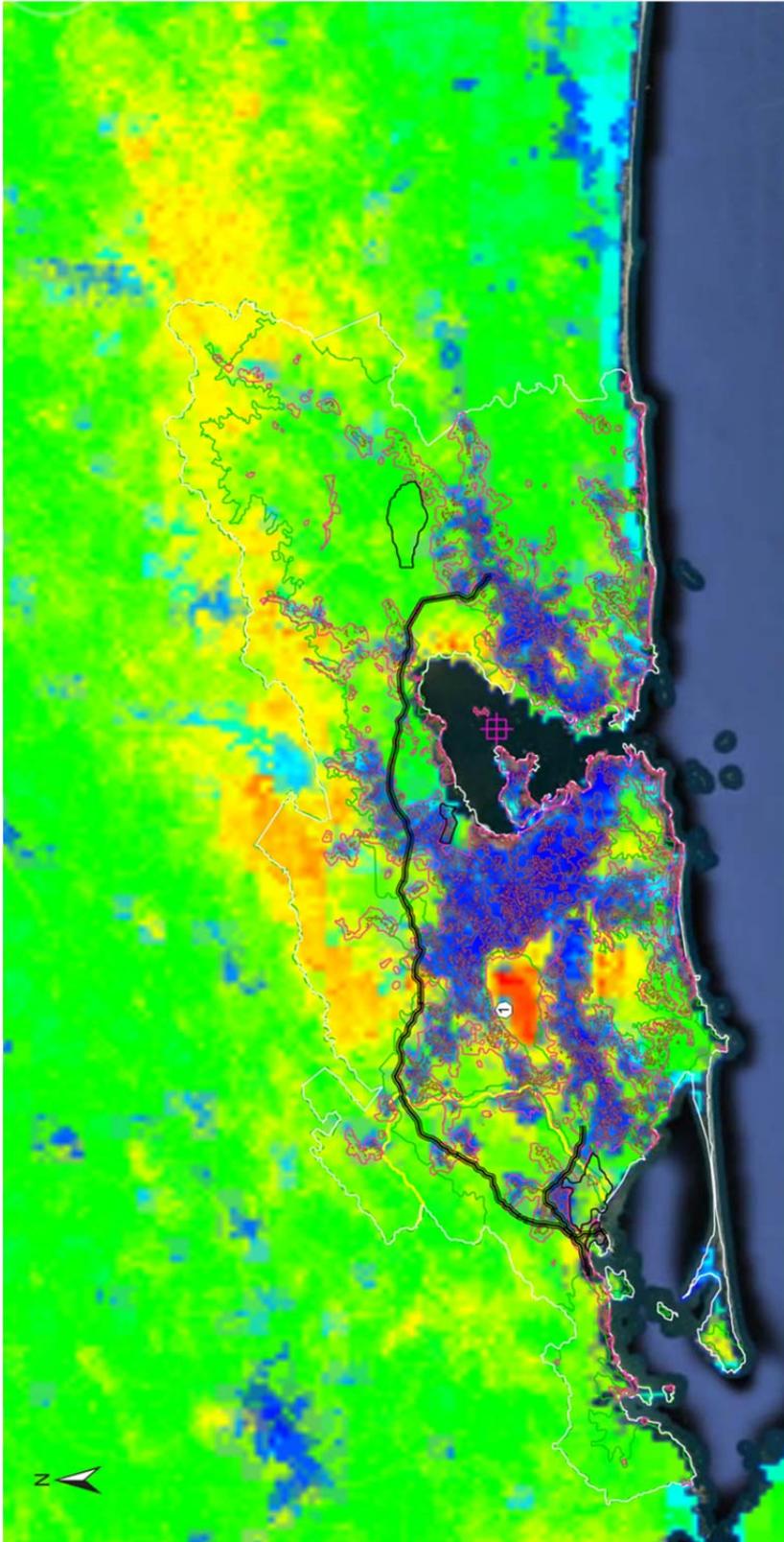
O Índice Relativo de Prioridade para Desenvolvimento – Serviços Ecosistêmicos Potenciais indica as áreas sob pressão humana (via população, pastagens, infraestrutura, etc.), com baixa prioridade de conservação e que produzem serviços ecosistêmicos ainda não explorados. O foco sobre áreas não protegidas explica o baixo potencial de provisão de serviços das unidades de conservação (exemplos em 1, 2 e 3). Note-se que os resultados indicados no mapa comprovam a possibilidade de que serviços ecosistêmicos sejam providos em áreas urbanizadas (4, 5, 6 e outros pontos). Na região de estudo, esse fator é mais forte nas áreas urbanas de São Gonçalo e Ilhabela, que destacam-se em relação às demais não só em relação à provisão de SE (indicada neste mapa em 5 e 6) quanto ao consumo de SE (indicado no Mapa 5: Índice Relativo de Prioridade para Desenvolvimento – Serviços Ecosistêmicos Consumidos).

**Mapa 7 – Índice Relativo de Prioridade para Desenvolvimento – Serviços Ecosistêmicos Potenciais**

Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Co\$ting Nature v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth

Resultados adimensionais, variando de 0 a 1

**Map 7 – Relative aggregate development priority index – potential services**  
Source: Developed by the Author with data from Rio de Janeiro (2014) and Co\$ting Nature v.2 (2016) over image from Google Earth



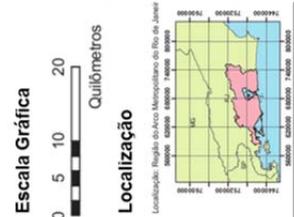
**Síntese da Avaliação**

O Índice de Prioridade para Conservação foca em áreas protegidas, e, neste caso, em sua capacidade de geração de serviços ecossistêmicos. Sendo assim, não é surpreendente que os valores mais altos sejam atingidos em regiões compreendidas em unidades de conservação. O ponto interessante, aqui, é a prioridade relativamente mais alta atribuída ao conjunto formado pela APA da Serra do Gerencio-Mendanha e pelo Parque Municipal de Nova Iguaçu (1), quando comparado às outras UC's na região de estudo. Tal atribuição de maior prioridade de conservação pode ser vinculada a dois fatores: (a) ameaças de ocupação mais elevadas nessa região, circunscrita por áreas já urbanizadas, como pode ser observado no Mapa 10 (Índice Relativo de Ameaça), e (b) no fato de que essas unidades de conservação já têm seus serviços ecossistêmicos explorados (ver Mapa 6: Índice de Prioridade para Conservação – Serviços Ecossistêmicos Consumidos).

**Mapa 8 – Índice Relativo de Prioridade para Conservação – Serviços Ecossistêmicos Potenciais**  
 Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Co\$ting Nature v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth

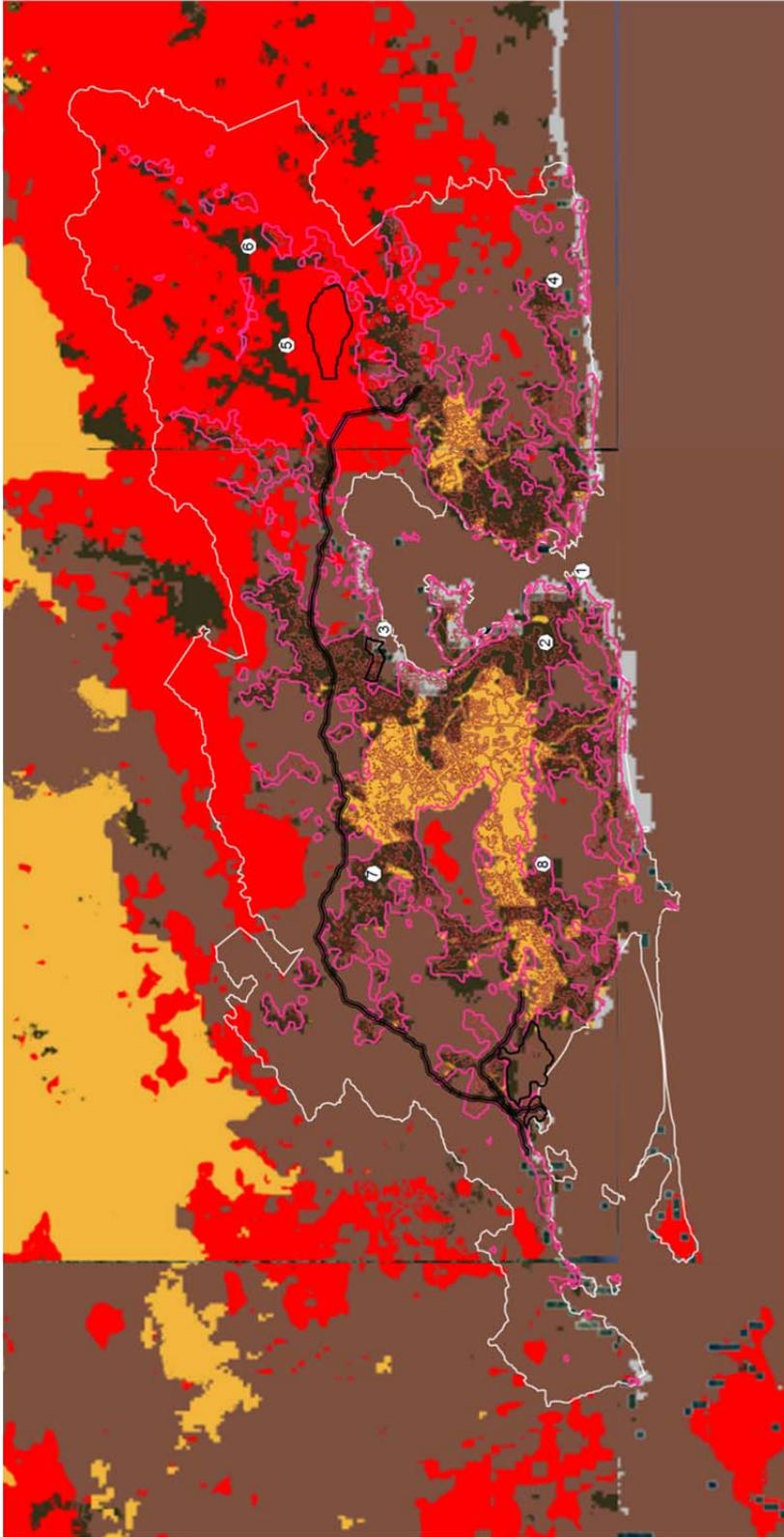
0.021
0.060
0.115
0.169
0.226
0.283
0.350
0.414
0.481
0.538
0.595
0.679
0.774
0.868
0.915
0.962

- Legenda**
- Empreendimentos Ancora
  - Área Urbana 2007
  - Área Urbana 2030 (prevista)
  - Principais Unidades de Conservação
  - Traçado do Arco Metropolitano



Resultados adimensionais, variando de 0 a 1

**Map 8 – Relative aggregate nature conservation priority index – potential services**  
 Source: Developed by the Author with data from Rio de Janeiro (2014) and Co\$ting Nature v.2 (2016) over image from Google Earth



**Map 9 – Greatest relative total realised bundled service**

Source: Developed by the Author with data from Rio de Janeiro (2014) and Co\$ting Nature v.2 (2016) over image from Google Earth

**Síntese da Avaliação**

Dos serviços avaliados pelo Costing Nature, o mais consumido na região de estudo é o de sequestro de carbono, o que não chega a surpreender dada a participação majoritária do transporte rodoviário internamente e entre os municípios da região. A presença de grandes parcelas onde o principal serviço ecossistêmico consumido, dentre os avaliados pelo software, é o ecoturismo também era esperada considerando a proximidade com o oceano e a presença de unidades de conservação da natureza. O achado mais importante, entretanto, é a indicação das zonas em que a mitigação de riscos ambientais supera os demais serviços ecossistêmicos avaliados (como em 1, 2, 3 e 4), mesmo em áreas que sabidamente contam com grande e constante afluxo de turistas (1, por exemplo). Tais zonas concentram-se na costa e em regiões com presença de manguezais (3), com presenças menores em regiões de encosta (5 e 6) e áreas alagáveis da Baixada Fluminense (7). Deve-se notar ainda que alguns desses pontos encontram-se em áreas de expansão urbana previstas pelo PDAM (RIO DE JANEIRO, 2014) (como em 6, 7 e 8).

**Escala Gráfica**  
0 5 10 20 30  
Quilômetros

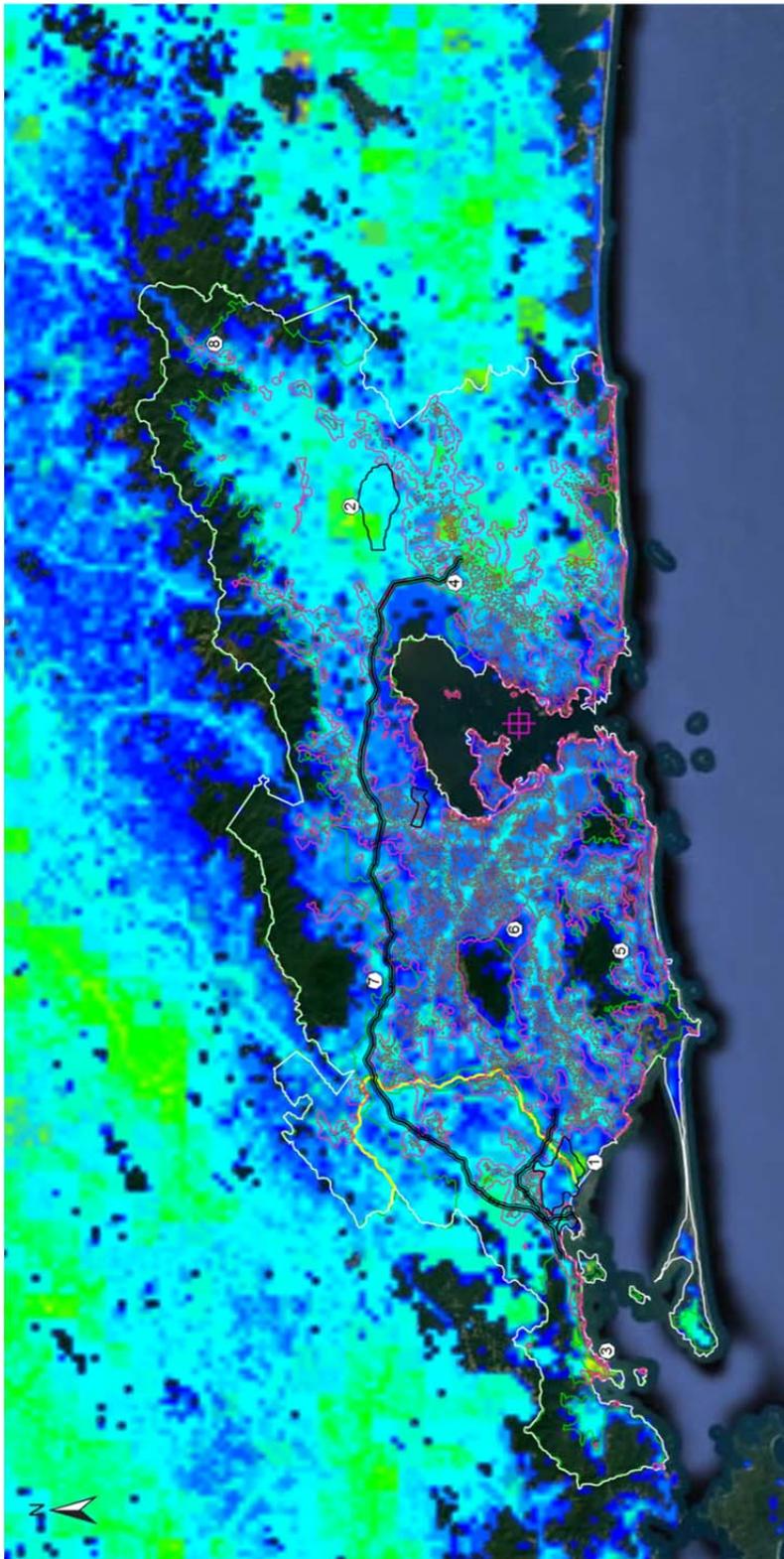
**Localização**  
Localização: Região do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro

**Legenda**

0	None	Empreendimentos
1	Carbon	Âncora
2	Hazard	Área Urbana 2007
3	Water	Área Urbana 2030 (prevista)
4	Mitigation	Principais Unidades de Conservação
		Traçado do Arco Metropolitano

**Mapa 9 – Serviço Ecossistêmico mais consumido**

Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Costing Nature v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth



**Escala Gráfica**

0 5 10 20 30  
Quilômetros

**Localização**

Localização: Região do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro

**Legenda**

- Empreendimentos Âncora
- Área Urbana 2007
- Área Urbana 2030 (prevista)
- Principais Unidades de Conservação
- Traçado do Arco Metropolitano

0.045
0.091
0.136
0.182
0.227
0.273
0.317
0.362
0.407
0.452
0.498
0.543
0.589
0.634
0.679
0.725
0.770
0.815
0.860
0.906

Resultados adimensionais, variando de 0 a 1

**Síntese da Avaliação**

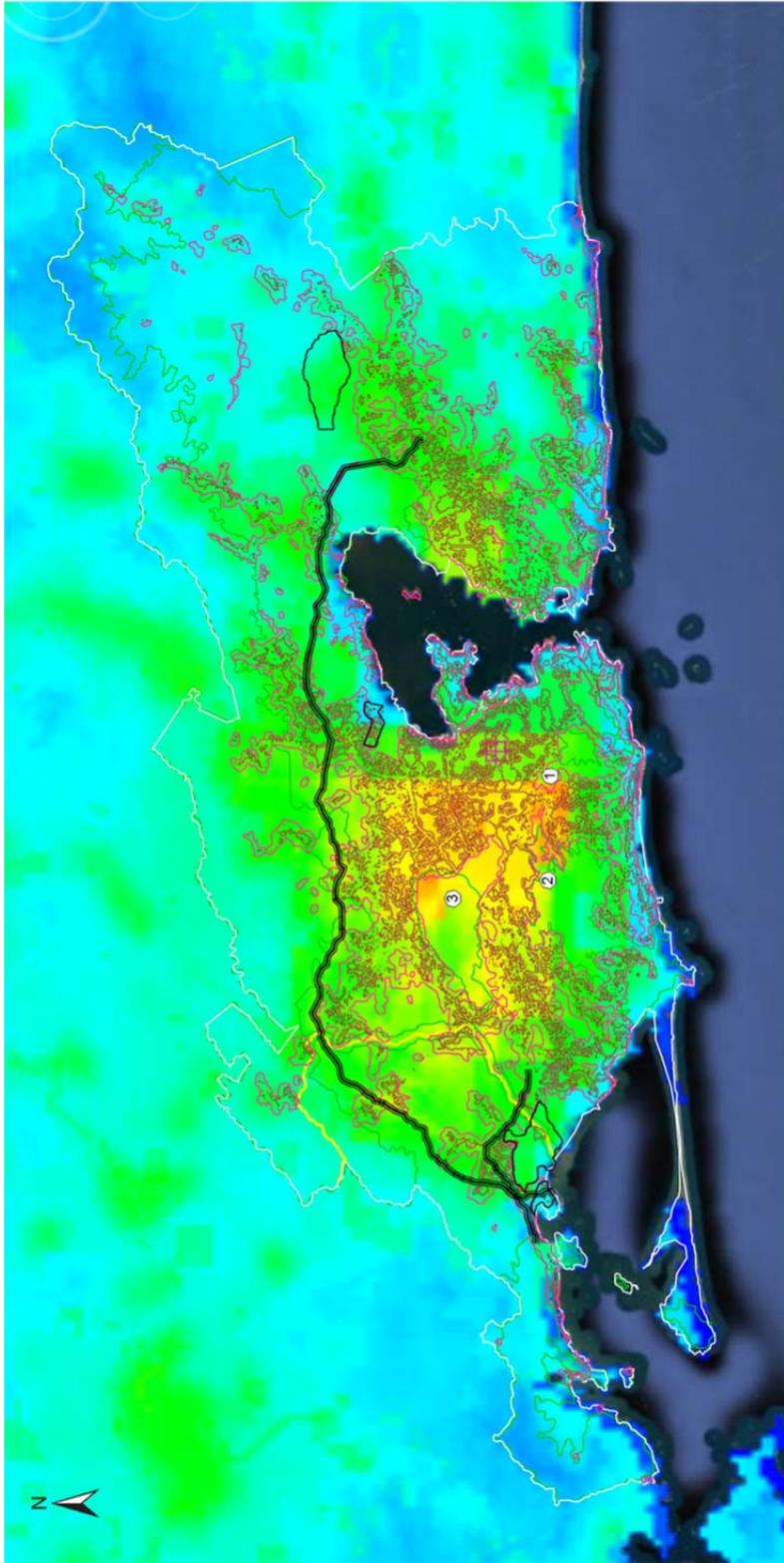
O Costing Nature apura os índices relativos de pressão de urbanização combinando as populações atual e futura, a frequência de incêndios florestais, as intensidades de pastagem e agricultura e as densidades de represas e de infraestrutura (rodovias, minas, exploração de óleo e gás, áreas urbanas). No caso da região de estudo, essas pressões são maiores no entorno dos empreendimentos âncora – a Porto de Itaguaí (1) e COMPERJ (2) e entre os municípios com taxas de crescimento populacional mais altas, notadamente Mangaratiba (3), e menores – mas, note-se, não inexistentes – no entorno de unidades de conservação (provavelmente devido à existência de políticas de comando e controle – pontos 4, 5, 6, 7 e 8).

**Mapa 10 – Índice Relativo de Pressão [de urbanização]**

Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Costing Nature v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth

**Map 10 – Relative pressure index**

Source: Developed by the Author with data from Rio de Janeiro (2014) and Co\$ting Nature v.2 (2016) over image from Google Earth



**Síntese da Avaliação**

O Costing Nature estima as ameaças relativas à conservação com base nas mudanças previstas no clima, no uso do solo (a partir da proximidade com frentes recentes de desmatamento e crescimento projetado do PIB e da população), e na distribuição de luzes noturnas. No caso da região de estudo, as regiões que apresentam maiores ameaças à conservação dos serviços ecossistêmicos concentram-se na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro e na Baixada Fluminense, em polígono limitado pelos Parque Nacional da Tijuca (1), Parque Estadual da Pedra Branca (2), APA da Serra do Gerencinó-Mendanha e Parque Municipal de Nova Iguaçu (3). A mancha que compreende os índices mais elevados estende-se ao Norte e a Oeste, aproximando-se do traçado do Arco Metropolitano e cobrindo parte significativa das regiões de expansão urbana previstas pelo PDAM (RIO DE JANEIRO, 2014).

0.014
0.065
0.114
0.163
0.212
0.261
0.310
0.359
0.408
0.457
0.506
0.555
0.604
0.653
0.702
0.751
0.800
0.849
0.898
0.947
0.996

- Legenda**
- Empreendimentos Ancora
  - Área Urbana 2007
  - Área Urbana 2030 (prevista)
  - Principais Unidades de Conservação
  - Traçado do Arco Metropolitano

**Escala Gráfica**

0 5 10 20 Quilômetros

**Localização**

Localização: Região do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro

Mapa de localização do Rio de Janeiro no Brasil, com destaque para o Arco Metropolitano e as áreas de estudo.

**Mapa 11 – Índice Relativo de Ameaça [à conservação]**

Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Costing Nature v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth

**Map 11 – Relative threat index**  
 Source: Developed by the Author with data from Rio de Janeiro (2014) and Co\$ting Nature v.2 (2016) over image from Google Earth

Amongst the priority regions for development with potential for ecosystem services production are the urban areas of São Gonçalo and Itaboraí, both municipalities with

strong occupational pressures derived from the implementation of the Rio de Janeiro Petrochemical Complex (COMPERJ), one of the anchor industries of the Metropolitan Beltway.

Also related to the consumption of the evaluated ecosystem services relevant to the study area (namely: carbon sequestration, risk mitigation, water supply and ecotourism), it should be noted that, although the Metropolitan Beltway is a road integration project in a highly populated region marked by large daily commuting movements and where the use of such a mode is already the majority, the number of places where the risk mitigation service is more consumed than that of carbon sequestration is very relevant. The origins of this high consumption may be supported not only by the fact that a significant part of the population is concentrated in the coastal range, vulnerable to sea level rise, but also in the occupation of slopes and marshy areas.

The greatest urbanization pressures were identified around the Port of Itaguaí and COMPERJ, and in the municipalities with higher population growth rates, notably Mangaratiba, while the threats related to conservation were concentrated in a polygon limited by the Tijuca National Park, Pedra Branca State Park, Serra do Gericinó-Mendanha Environment Protected Area and Nova Iguaçu Municipal Park, especially in areas close to the Beltway.

The main finding of the overlapping of predicted urban expansion data and current status of ecosystem services was that several of the regions likely to be urbanized by 2030 are (a) in areas close to the depletion of ecosystem services, (b) in areas of priority for biodiversity conservation, (c) in areas of high potential for the provision of ecosystem services in general, and (d) in areas that are highly dependent of ecosystem services for risk mitigation.

Based on this observations, some actions were proposed to reduce the negative impacts of the projected urban expansion, which are: (a) to establish a metropolitan governance body for the coordination of urban and regional planning; (b) review zoning and urban planning parameters in the Municipal Master Plans in order to control and eventually restrain the occupation of problematic areas from the point of view of ecosystem services; and (c) implement adaptation actions based on Ecosystems. Map 12 indicates the areas where it was found suitable to incentive or to curb urban expansion.

The need for urban planning and re-planning is constant, even in more developed municipalities, as seen in the negative indicators of water quality and availability in Niterói, and especially in areas that house high impact projects, such as the construction of the Metropolitan Beltway of Rio de Janeiro.



It is hoped that this work has contributed to demonstrate (a) that ecosystem services should be used as one of the key decision-making factors for city development and expansion choices, and (b) that, with appropriate planning and tool sets, the choices between nature, biodiversity, city and industry contained in urban sprawl scenarios may point to balanced land use and the reduction of risks associated with climate change.

It is understood that the discussion initiated here can advance with targeted studies that address the zoning contained in the Master Plans of each municipality in the area covered by the PDAM and the impacts to be inflicted on the ecosystem services if such zoning is fully implemented.

In addition, it is suggested the use of this work as a basis for the monetary valuation of ecosystem services in the region, in order to support feasibility and attractiveness assessments and, eventually, the implementation of payment for environmental services schemes.

Finally, it is understood that it is possible to replicate the research carried out here in other regions, especially those that will undergo large and predictable urban transformations in the near future, as well as for different scales, including focusing on specific cities or neighborhoods.

## References

- POLICY SUPPORT SYSTEMS – PSS. **Policy Support Systems**. Disponível em <<http://www.policysupport.org/home>>. Accessed on 10/04/2016.
- PSS Co\$ting Nature. Versão 2 [S.I.]. Policy Support Systems, 2016. Disponível em <<http://www.policysupport.org/costingnature>>. Acesso em 10/04/2016.
- PSS Water World. Versão 2 [S.I.]. Policy Support Systems, 2016. Disponível em <<http://www.policysupport.org/waterworld>>. Acesso em 10/04/2016.
- RIO DE JANEIRO. Governo do Estado. Câmara Metropolitana de Integração Governamental. **Plano Diretor do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro**. 2014. Disponível em <<http://www.camarametropolitana.rj.gov.br/PlanoDiretor.pdf>>. Acesso em 07/12/2015.

## Keywords

Ecosystem services; urban ecosystem; urban planning; Rio de Janeiro; Metropolitan Beltway; Costing Nature; Water World

## Sumário

1	Introdução	32
2	Metodologia	39
2.1	Ferramentas de Trabalho	39
2.2	Etapas de trabalho	47
3	Serviços Ecossistêmicos, a conexão entre a natureza e o bem-estar humano	49
3.1	Serviços Ecossistêmicos	49
3.1.1	Classificação de Serviços Ecossistêmicos	59
3.2.2	Ecossistemas Urbanos e Serviços Ecossistêmicos Urbanos	70
4	Cidades e Serviços Ecossistêmicos	80
4.1	Urbanização e Planejamento Urbano em uma era de incertezas climáticas	80
4.2	Cidades Sustentáveis, Adaptação baseada em Ecossistemas e Resiliência Urbana	94
5	Impactos do Arco Metropolitano sobre as Cidades e os Serviços Ecossistêmicos em sua área de influência	110
5.1	Arco Metropolitano do Rio de Janeiro	110
5.2	Área de Influência do Arco Metropolitano	113
5.2.1	Paisagem e Unidades de Conservação na Mesorregião do Arco Metropolitano	115
5.2.2	Demografia	122
5.2.3	Saneamento e Poluição	127
5.3	O Plano Diretor do Arco Metropolitano (PDAM)	132
5.4	Cenários de expansão urbana traçados pelo PDAM	135
6	Avaliação dos Serviços Ecossistêmicos na Área do PDAM	140
6.1	Avaliação Geral	140

6.1.1	Serviços Ecossistêmicos relacionados à Água	140
6.1.2	Prioridade para Conservação da Biodiversidade	148
6.1.3	Serviços Ecossistêmicos Combinados	151
6.1.4	Impactos potenciais da expansão urbana prevista sobre os Serviços Ecossistêmicos na região do Arco Metropolitano	160
6.2	Propostas de diretrizes para revisão do PDAM e Planos Diretores Municipais, com foco nos serviços ecossistêmicos	163
7	Considerações Finais	171
8	Referências bibliográficas	177

## Lista de Figuras

Figura	1	– Exemplo de resultado do processamento do Co\$ting Nature – Mapa	41
Figura	2	– Exemplo de resultado do processamento do Co\$ting Nature – Tabela	41
Figura	3	– Exemplo de resultado do processamento do Water World – Mapa	44
Figura	4	– Exemplo de resultado do processamento do Water World – Tabela	44
Figura	5	– Malhas utilizadas pelo Costing Nature e Water World nas resoluções de 1km <sup>2</sup> e 1ha	45
Figura	6	– Quadrantes de análise (resolução de 1ha) referentes à área do PDAM	46
Figura	7	– Justaposição de resultados de análise do Costing Nature (Índice Dêlfico Relativo de Prioridade de Conservação), com resolução de 1ha, referentes à área do PDAM	46
Figura	8	– Evolução da Pegada Ecológica x Biocapacidade globais	52
Figura	9	– O valor dos serviços ecossistêmicos	55
Figura	10	– “PIB dos pobres”: estimativas da dependência econômica dos serviços ecossistêmicos	57
Figura	11	– Modelo em cascata para vincular ecossistemas ao bem-estar humano	60
Figura	12	– Possíveis relações espaciais entre áreas produtoras (P) e áreas beneficiárias (B) dos serviços ecossistêmicos	68
Figura	13	– Cidades e Desenvolvimento Sustentável	71
Figura	14	– Metabolismo urbano linear	77
Figura	15	– Metabolismo urbano circular	77
Figura	16	– Vínculos entre serviços ecossistêmicos e o bem-estar humano	96
Figura	17	– Limites planetários	102
Figura	18	– A “rosca” da OXFAM	103
Figura	19	– Avaliação custo-benefício da estratégia público-privada de infraestrutura verde adotada pela cidade ( <i>NYC Green Infrastructure Plan</i> ) comparada a uma estratégia de infraestrutura cinza	106
Figura	20	– Estrutura de um esquema de PSE - Caso Geral	106
Figura	21	– Limites para fixação do valor dos pagamentos em esquemas de PSE	108
Figura	22	– Segmentos do Arco Metropolitano	111
Figura	23	– Divisão das Áreas de Estudo da região do Arco Metropolitano	114

Figura	24	– Mapa de Uso e Cobertura do Solo da região do Arco Metropolitano	116
Figura	25	– Áreas Prioritárias para Conservação na região do Arco Metropolitano	118
Figura	26	– Unidades de Conservação existentes na região do Arco Metropolitano	118
Figura	27	– Concentração média anual – Partículas Totais em Suspensão (Rede Manual)	129
Figura	28	– Concentração média anual de Partículas Inaláveis	129
Figura	29	– Evolução do Índice de Qualidade do Ar (IQar) da RMRJ (Rede Automática)	130
Figura	30	– Evolução do Índice de Qualidade do Ar (IQar) da RMRJ (Rede Manual)	130
Figura	31	– Fatores de Crescimento Urbano utilizados no PDAM	136
Figura	32	– Mapa de simulação do crescimento urbano na área de influência do PDAM (Método SLEUTH) – Cenário 1	137
Figura	33	– Mapa de simulação do crescimento urbano na área de influência do PDAM (Método SLEUTH) – Cenário 2	137
Figura	34	– Mapa de Uso e Cobertura do Solo na área de influência do PDAM – Projeção para 2030	138
Figura	35	– Percentuais de Uso e Cobertura do Solo na área de influência do PDAM: 2007 x 2030 (e)	138
Figura	36	– Detalhamento do Balanço Hídrico no Ponto 4 (Mapa 1)	144
Figura	37	– Detalhamento da Pegada Ecológica Hídrica (Mapa 2) – parte 1	144
Figura	38	– Detalhamento da Pegada Ecológica Hídrica (Mapa 2) – parte 2	146
Figura	39	– Detalhamento do Estresse Hídrico (Mapa 2) – parte 1	147
Figura	40	– Detalhamento do Estresse Hídrico (Mapa 2) – parte 2	147
Figura	41	– Detalhamento da Prioridade para Conservação da Biodiversidade (Mapa 4) – parte 1	148
Figura	42	– Detalhamento da Prioridade para Conservação da Biodiversidade (Mapa 4) – parte 2	150
Figura	43	– Detalhamento da Prioridade para Conservação da Biodiversidade (Mapa 4) – parte 3	151
Figura	44	– Fluxos de provisão e consumo de serviços ecossistêmicos na Região do PDAM	158
Figura	45	– Detalhamento do Índice Relativo de Pressão [de urbanização] (Mapa 10) – parte 1	162
Figura	46	– Detalhamento do Índice Relativo de Pressão [de urbanização] (Mapa 10) – parte 2	163

## Lista de Tabelas

Tabela	1	–	Dimensões avaliadas pelo Co\$ting Nature	42
Tabela	2	–	Dimensões avaliadas pelo Water World	43
Tabela	3	–	Serviços e Funções ecossistêmicos (COSTANZA et al.)	61
Tabela	4	–	Funções, bens e serviços de ecossistemas naturais e seminaturais (de Groot, Wilson e Boumans (2002)	61
Tabela	5	–	Principais ecossistemas e serviços por eles providos (Banco Mundial, 2004)	66
Tabela	6	–	Classificação de importantes serviços ecossistêmicos em áreas urbanas e funções e componentes ecossistêmicos subjacentes	72
Tabela	7	–	Exemplos de valoração econômica de serviços ecossistêmicos urbanos (exemplos de estudos empíricos conduzidos na Europa, nos EUA e na China)	73
Tabela	8	–	Classificação de importantes desserviços ecossistêmicos em áreas urbanas e funções e componentes ecossistêmicos subjacentes	75
Tabela	9	–	Impactos projetados para as áreas urbanas de mudanças e eventos climáticos extremos	86
Tabela	10	–	Exemplos de ações de adaptação específicas por setor	90
Tabela	11	–	Benefícios resultantes de ações de EbA	100
Tabela	12	–	Princípios para adoção de infraestrutura verde	104
Tabela	13	–	Exemplos de estratégias de EbA para defesa contra desastres naturais	105
Tabela	14	–	Exemplos de serviços ecossistêmicos e potenciais beneficiários	107
Tabela	15	–	Empreendimentos previstos para serem realizados na área do Arco Metropolitano	112
Tabela	16	–	Percentuais de áreas Antropizada e de Vegetação Nativa na área de influência do Arco Metropolitano	116
Tabela	17	–	Áreas Prioritárias para Conservação (PROBIO II) na área de abrangência do Arco Metropolitano	117
Tabela	18	–	Unidades de Conservação Localizadas na área de abrangência do Arco Metropolitano	119
Tabela	19	–	Acréscimo de população (2000-2010) e projeções de crescimento populacional (2010-2030) na região do Arco Metropolitano	123
Tabela	20	–	Valor Adicionado Bruto (VAB) dos municípios de abrangência do PDAM decomposto por setores econômicos	124

Tabela	21	– VAB do Setor Público, PIB, PIB per capita e IDH-M dos municípios de abrangência do PDAM	125
Tabela	22	– Variações de Densidade Populacional na área de abrangência do Arco Metropolitano	126
Tabela	23	– Área Urbanizada e Vazios Urbanizáveis na área de abrangência do Arco Metropolitano	126
Tabela	24	– Déficits Hídricos na área de abrangência do Arco Metropolitano (2005-2020)	128
Tabela	25	– Funções e Serviços Ecossistêmicos relevantes na área do PDAM	131

## Lista de Mapas

Mapa	1	–	Balanço Hídrico Anual	141
Mapa	2	–	Pegada Ecológica Hídrica	142
Mapa	3	–	Estresse Hídrico	143
Mapa	4	–	Prioridade para Conservação da Biodiversidade (Global)	149
Mapa	5	–	Índice Relativo de Prioridade para Desenvolvimento – Serviços Ecossistêmicos Consumidos	153
Mapa	6	–	Índice Relativo de Prioridade para Conservação – Serviços Ecossistêmicos Consumidos	154
Mapa	7	–	Índice Relativo de Prioridade para Desenvolvimento – Serviços Ecossistêmicos Potenciais	155
Mapa	8	–	Índice Relativo de Prioridade para Conservação – Serviços Ecossistêmicos Potenciais	156
Mapa	9	–	Serviço Ecossistêmico mais consumido	159
Mapa	10	–	Índice Relativo de Pressão [de urbanização]	161
Mapa	11	–	Índice Relativo de Ameaça [à conservação]	165
Mapa	12	–	Áreas sugeridas para acompanhamento na revisão dos Planos Diretores municipais	167

# 1

## Introdução

Ao definir desenvolvimento sustentável como aquele que “satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades”, a Comissão Brundtland (WECD, 1997) indicou a responsabilidade de os povos e economias usarem os ecossistemas sem prejudicar sua capacidade de regeneração.

Essa ideia sinaliza, também, a necessidade de criar mecanismos de proteção, preservação, recuperação e ampliação de determinadas parcelas desses ecossistemas, salvaguardando-os dos impactos negativos trazidos pela urbanização.

Isso se dá porque, para cumprir com a definição de, simultaneamente, suprir as necessidades atuais e manter a capacidade de as gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades, o desenvolvimento sustentável deve ser ancorado em três pilares: o ecológico, o social e o econômico.

A existência das cidades é usualmente positiva quando considerada pelas perspectivas econômica e social – visto que são em geral polos de desenvolvimento, inovação e emprego, e que os humanos são seres gregários, que se beneficiam do convívio com outras pessoas.

Por outro lado, na maioria dos casos as cidades podem ser consideradas ecologicamente negativas, dados os altos volumes de recursos naturais consumidos para sua implantação e manutenção, em especial em momentos em que elas expandem-se de forma acelerada, como é o caso atual. Para seu desenvolvimento, cidades precisam importar insumos, recursos naturais na forma de energia, materiais e alimentos, que são consumidos por seus habitantes – na construção civil, em sua alimentação, no transporte, etc. Na maior parte das vezes, esses insumos, uma vez consumidos, são devolvidos à natureza na forma de resíduos, que, quando não tratados, contribuem para poluir o meio ambiente. Quando a poluição alcança as fontes dos recursos naturais utilizados nas cidades, é necessário explorar novas fontes, num ciclo vicioso que

leva os impactos negativos das cidades cada vez mais longe de seus limites territoriais.

Estudos indicam que até 2050 cerca de 6,3 bilhões de pessoas viverão em cidades ao redor do mundo, praticamente dobrando a população urbana de 2010. Ainda mais significativo que isso é o fato de que a área urbana deve atingir, até 2030, o triplo daquela ocupada no ano 2000 (CBD, 2012).

Considerando esses números, percebe-se que o tamanho das cidades expandir-se-á ainda mais rápido que o da população. Tal expansão ocorrerá principalmente em países em desenvolvimento, ao redor de pontos de concentração de biodiversidade, e demandará o uso de grandes volumes de recursos naturais, o que, se feito sem planejamento adequado, traz em si ameaças à conservação e perenidade desses recursos.

Não é a primeira vez, desde o início da presença humana no planeta, que é preciso lidar com condições e eventos climáticos severos e adversos, mas a conjugação do caráter antropocêntrico das mudanças climáticas atuais, sua intensidade e a magnitude de seus potenciais efeitos sobre as comunidades e a infraestrutura é inédita.

Associadas ao acelerado ritmo atual de urbanização, as mudanças climáticas ameaçam a estabilidade ambiental, econômica e social (UN HABITAT, 2011): cidades ao redor de todo o planeta vêm enfrentando com mais frequência situações de escassez de água, inundações, deslizamentos de terra, alterações no regime de chuvas e ondas de calor.

Além disso, as vulnerabilidades trazidas pelas mudanças climáticas podem exacerbar e serem exacerbadas por outros estresses, como perda de habitats e recursos naturais, redução na produção de serviços ecossistêmicos e degradação do solo (BANCO MUNDIAL, 2009).

Nas palavras de Richard Rogers e Philip Gumuchdjian (2013, p.44),

É uma ironia que as cidades, o habitat da humanidade, caracterizem-se como o maior agente destruidor do ecossistema e a maior ameaça para a sobrevivência da humanidade do planeta.

Isso ocorre porque os recursos naturais, e os ecossistemas que lhes servem de base, podem ser pensados como ativos ambientais que proveem os seres humanos com um fluxo de serviços que, direta ou indiretamente, contribuem para seu bem-estar.

Tais ativos podem ser definidos como “serviços ecossistêmicos”, isto é, “os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas” (URBES, 2013), ou, ainda, “as funções oferecidas naturalmente pelos ecossistemas, mantidas, aprimoradas

ou restauradas por ação do homem, visando a conservação de condições ambientais adequadas para a vida no Planeta” (BRASIL, 2007).

Dentre tais serviços podemos citar a conservação das faixas litorâneas e a proteção das encostas, fluxos estáveis de água limpa, solo produtivo, polinização de culturas e vegetação, redução de processos erosivos e muitos outros que dão suporte a fatores essenciais para a estabilidade climática, a economia, saúde e a qualidade de vida humanas. São os serviços ecossistêmicos os responsáveis pelos recursos naturais extraídos para alimentação, vestuário, alimentação; pela energia que move indústrias e cidades; pela regulação de eventos climáticos extremos. Os serviços ecossistêmicos são, portanto, fundamentais para as cidades, lares da maioria da população mundial, que consomem muitos recursos e devolvem muitos resíduos para se manterem, impactando grandes áreas a seu redor, e, por vezes, alcançando distâncias significativas no planeta.

Ou seja, reduzir os insumos consumidos e dejetos produzidos pelas cidades, e encolher também a área impactada por elas pode ser um passo importante, inclusive, para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, que hoje representam uma ameaça importante para a humanidade, e torná-las mais justas, saudáveis e resilientes (ADLER e TANNER, 2015).

A perda e a degradação dos ativos naturais pode comprometer a capacidade dos ecossistemas de se recompor e entregarem os serviços ecossistêmicos necessários, gerando custos para lidar com as consequências dessa falta (perda da qualidade do ar, redução na disponibilidade de água, erosão, etc.) e para desenvolver alternativas aos ativos perdidos.

Por suas características de uso e ocupação do solo, incluindo, entre outras particularidades, altas taxas de impermeabilização e poucas ou inexistentes áreas destinadas à agricultura, as cidades tendem a produzir serviços ecossistêmicos em quantidade insuficiente para suprir suas necessidades, e são, portanto, altamente dependentes dos serviços ecossistêmicos produzidos em outras áreas.

Além disso, as constantes evoluções tecnológicas nos sistemas de captação e tratamento de água, estabilização de encostas, climatização de ar, etc., vêm cada vez mais causando um severo distanciamento – físico e emocional – entre áreas urbanas e naturais.

Embora por vezes o senso comum pareça indicar que apenas áreas naturais ou intocadas pelo homem sejam capazes de prover serviços ecossistêmicos, “é possível haver riqueza de biodiversidade nas cidades” (CBD, 2012), e, com ela, a produção dos serviços ecossistêmicos.

Por exemplo, “áreas residuais ou não ocupadas [nas cidades] dão importante suporte aos processos ecológicos e hidrológicos. Elas [...] têm uma dinâmica natural própria e contribuem para a sustentabilidade da paisagem” (HERZOG, 2013).

Muitas áreas urbanas são habitat para diversas espécies, e possuem áreas protegidas que contribuem enormemente para a biodiversidade. Com o planejamento apropriado, as cidades podem reter componentes substanciais de biodiversidade, aumentar a funcionalidade ecológica e maximizar os serviços ecossistêmicos oferecidos (CBD, 2012; URBES, 2013).

Dada sua importância, os serviços ecossistêmicos possuem valor intrínseco, que pode ser classificado (URBES, 2013) em econômico, ecológico, sociocultural, de saúde e de seguro. Ainda que nem sempre o valor intrínseco dos serviços ecossistêmicos possa ser expresso em termos monetários, é preciso valorá-los para identificar os custos de sua reposição e/ou substituição, bem como para comparar alternativas de mudança no uso do solo e, conseqüentemente, de desenvolvimento.

Frequentemente os benefícios providos pelo meio ambiente são perdidos em função de mau gerenciamento e ausência de incentivos para preservá-los (PAGIOLA E PLATAIS, 2002). E, considerando a aceleração dos processos de crescimento urbano e mudanças climáticas, incorporar o valor do capital natural ao planejamento urbano é passo fundamental para assegurar sua resiliência (UN-HABITAT, 2011).

Uma das formas de tornar a natureza mais visível nas decisões econômicas e na administração de uma cidade é analisar como os custos e os benefícios dos serviços ecossistêmicos são distribuídos por diferentes setores da sociedade, localidades e ao longo do tempo, de forma a mudar e redirecionar subsídios prejudiciais ao meio ambiente em áreas tais como combustíveis fósseis, agricultura, pesca, transporte e água (TEEB, 2013).

Portanto, a valoração dos serviços ecossistêmicos tanto em termos monetários quanto não monetários permite identificar os *trade offs* existentes entre usos alternativos do solo e dos ativos ambientais, e o impacto direto desses serviços nas oportunidades econômicas e no bem-estar da população (CBD, 2012; TEEB, 2010; UN-HABITAT, 2011; URBES, 2013).

A partir desse mapeamento, podem ser desenvolvidos mecanismos de compensação dos provedores dos serviços ecossistêmicos consumidos nas cidades, com o objetivo de incentivá-los a recuperar e preservar as áreas de sua propriedade.

Essa discussão pertence às questões de planejamento urbano tendo em vista que este trata, basicamente, de disciplinar o uso do solo nas cidades, do que e quanto é permitido construir em tal território. Tais definições têm impacto direto na infraestrutura e energia necessárias para manter a cidade operando, isto é, nos recursos que serão consumidos e, em última instância, da origem desses recursos.

É sobre este pano de fundo que se observa hoje a implantação do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro, um grande projeto de integração rodoviária cuja construção foi iniciada em 2007, época de retomada da economia fluminense e de grande otimismo com o futuro.

O Arco Metropolitano liga diversas rodovias existentes e diferentes municípios do entorno da capital fluminense, e foi concebido com o objetivo de capitalizar a implantação do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ), conectando-o às regiões portuárias de Itaguaí e Sepetiba e, assim, transformar a região metropolitana do Estado em uma grande plataforma logística.

Dentre as justificativas utilizadas para apoiar sua construção, o Arco Metropolitano deveria transformar-se no principal vetor de desenvolvimento econômico do Estado, de forma que o planejamento e a regulamentação da ocupação de seu entorno seriam fundamentais para evitar a replicação do modelo de vulnerabilidade e exclusão social visto na Baixada Fluminense, bem como para garantir a preservação ambiental e dos serviços ecossistêmicos, foco do estudo proposto.

Finda a construção do Arco, entretanto, o cenário econômico encontra-se diametralmente oposto àquele previsto, com queda acentuada nos investimentos privados e carência de recursos para novos projetos em todas as esferas de governo. Portanto, mais do que nunca, torna-se necessário planejar adequadamente a ocupação da área de influência do Arco Metropolitano visando o desenvolvimento sustentável da região.

Sua área de influência abarca 21 municípios, incluindo todos os que compõem a Região Metropolitana além de Cachoeiras de Macacu e Mangaratiba. Esses 21 municípios somavam, à época do último Censo (2010), cerca de 11,3 milhões de habitantes, ou aproximadamente 70% da população do estado. Na área estão contidas diversas Unidades de Conservação do meio ambiente, públicas e privadas, de proteção integral ou não, bem como áreas de alta, muito alta e extrema importância biológica, como classificadas pelo Projeto

de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO (RIO DE JANEIRO, 2014).

Dadas as características atuais da mesorregião, de alta concentração de população, de localização de grande parcela dos empregos no estado e dos únicos vazios urbanos na região metropolitana (RIO DE JANEIRO, 2014), ainda que a situação econômica atual não incentive investimentos no patamar idealizado quando do início da construção do projeto, tem-se que o entorno do Arco Metropolitano tornar-se-á o grande direcionador de ocupação urbana em sua área de influência.

Tanto por isso, quanto pelo volume de recursos a serem ainda investidos na região abarcada pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável da Mesorregião do Arco Metropolitano (PDAM), entende-se que essa região é ideal para avaliar a interação entre consumo e produção potencial de serviços ecossistêmicos e planejamento urbano, visto aqui como um mecanismo balizador da expansão urbana.

Nesse contexto, o foco deste estudo é avaliar o avanço das áreas urbanizadas sobre aquelas prioritárias para preservação dos serviços ecossistêmicos na região abarcada pelo Plano Diretor Estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro (PDAM), visando contribuir para fomentar a sustentabilidade e a resiliência das cidades por ele abrangidas.

Para tal, o presente estudo investigou se, e de que forma, a inclusão dos serviços ecossistêmicos nos diagnósticos e na construção de cenários utilizados como base para a tomada de decisões de planejamento urbano e territorial pode contribuir para o desenvolvimento sustentável das cidades e sua resiliência frente às mudanças climáticas.

Procurou-se demonstrar que as funções desempenhadas pelos serviços ecossistêmicos, tais como a conservação das faixas litorâneas e a proteção das encostas, estão intimamente vinculadas à capacidade de resistência e adaptação das cidades às mudanças climáticas, de modo que a constância da sua provisão, em quantidade e qualidade suficientes, é fundamental tanto para, no espectro geral, promover o desenvolvimento sustentável, quanto para, em particular, melhorar as condições de vida da população urbana.

Estabelecidas as bases teóricas, o estudo avaliou os cenários de expansão urbana contidos no PDAM a partir das variações no potencial de provisão dos serviços ecossistêmicos na área de abrangência do Plano.

Este trabalho encontra-se dividido em seis capítulos posteriores a esta introdução. No Capítulo 2, “Metodologia e Plano de Trabalho”, são descritas as etapas e ferramentas utilizadas no desenvolvimento da dissertação.

O Capítulo 3, “Serviços Ecosistêmicos, a conexão entre a natureza e o bem-estar humano”, contém a revisão de literatura que inclui trabalhos de referência sobre os temas da dissertação, e aborda os conceitos de Serviços Ecosistêmicos, Ecossistemas Urbanos e Adaptação baseada em Ecossistemas, vista aqui como um conjunto de estratégias de valorização do papel dos serviços ecossistêmicos no meio urbano, para que as cidades trabalhem com a natureza, e não contra ela.

No Capítulo 4, “Cidades e Serviços Ecosistêmicos”, discute-se a interação entre serviços ecossistêmicos, cidades sustentáveis e resiliência urbana, com o objetivo de demonstrar que a devida contabilização dos primeiros é passo base para atingir-se as últimas.

O Capítulo 5, “Impactos do Arco Metropolitano sobre as Cidades e os Serviços Ecosistêmicos em sua área de influência” caracteriza a área de influência e os motivadores para implantação do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro, incluindo diagnósticos sócio-econômico-ambientais característicos dos diferentes municípios, com o objetivo de identificar que serviços ecossistêmicos são mais demandados ou ameaçados pelos padrões de ocupação atual. Ao fim dessa seção, são resumidos os principais achados do PDAM (versão de dezembro/2014) e expostos os cenários de expansão urbana previstos por ele.

O Capítulo 6 “Avaliação dos serviços ecossistêmicos na área do PDAM”, contém o diagnóstico dos serviços ecossistêmicos na mesorregião do Arco Metropolitano em dois cenários distintos: (1) o atual e (2) o cenário de ocupação urbana para 2030 previsto pelo Arco Metropolitano. A partir desse diagnóstico avalia-se em que extensão as áreas de expansão urbana previstas avançam sobre zonas prioritárias para conservação dos serviços ecossistêmicos, e propõe-se diretrizes para a revisão dos Planos Diretores municipais, com vistas a otimizar a provisão de serviços ecossistêmicos.

Encerra-se o trabalho com a última seção, “Considerações Finais”.

## 2

### Metodologia

#### 2.1

##### Ferramentas de Trabalho

A implantação do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro, além dos impactos ambientais de sua própria construção, deu início a uma série de reações em cadeia de criação de novos distritos e plantas industriais, deslocamento populacional e expansão urbana, que pressionam a infraestrutura, os ecossistemas e as áreas protegidas existentes em sua região de influência.

O objetivo principal desta dissertação é avaliar o avanço das áreas urbanizadas sobre aquelas prioritárias para preservação dos serviços ecossistêmicos na região abarcada pelo Plano Diretor Estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro (PDAM), visando contribuir para fomentar a sustentabilidade e a resiliência das cidades por ele abrangidas.

O enfoque utilizado para esta avaliação é o dos serviços ecossistêmicos, entendidos aqui como “os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas” (MA, 2005), a partir do qual serão verificados os impactos da expansão urbana prevista pelo PDAM sobre a geração de serviços ecossistêmicos na área estudada.

Uma vez que neste trabalho defende-se a corrente segundo a qual fomentar a produção de serviços ecossistêmicos pelas cidades é um ponto chave na busca da resiliência (CBD, 2013; GÓMEZ-BAGGETHUN et al., 2013; TEEB, 2013; URBES, 2013; MA, 2005 e outros), tem-se que a manutenção – ou eventualmente até mesmo a ampliação – dos níveis de provisão de serviços ecossistêmicos, com base em processos planejados e administrados de expansão urbana é positivo para tornar as áreas urbanas mais resistentes a choques, quer climáticos, quer socioeconômicos.

Para realizar a avaliação pretendida, foram buscadas ferramentas já existentes e de aplicação já consolidada, para o quê foram utilizadas informações e revisões críticas compiladas pelo Centro Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) em relatório publicado em 2013.

Essas informações foram utilizadas como base para testes realizados com variadas ferramentas, considerando (1) as informações disponíveis versus informações necessárias para processamento, (2) o foco das avaliações realizadas pela ferramenta e as aplicações prévias já finalizadas, (3) as funcionalidades e os resultados oferecidos, (4) a facilidade de uso e (5) os custos de operação.

Ao fim deste processo, optou-se por dois dos softwares disponibilizados pela iniciativa *Policy Support Systems*, desenvolvida pelo King's College London e pela empresa AmbioTEK CIC, que conta com um conjunto de cinco aplicações<sup>1</sup>: Co\$ting Nature (grafado Costing Nature deste ponto em diante por simplificação) e Water World. A opção por estas duas ferramentas deveu-se às suas características de acesso gratuito e disponibilidade de informações para processamento – além de, mais importante, já haverem sido utilizados com sucesso em diversos outros estudos sobre serviços ecossistêmicos (POLICY SUPPORT SYSTEMS, 201-).

O **Costing Nature**, cujo desenvolvimento contou também com a colaboração do Centro para Monitoramento da Conservação Mundial do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP-WCMC, na sigla em inglês), objetiva prover apoio a políticas de manejo sustentável dos serviços ecossistêmicos, por meio da identificação de prioridades para conservação.

Segundo os desenvolvedores (POLICY SUPPORT SYSTEMS, 201-), a ferramenta contabiliza e avalia os serviços ecossistêmicos gerados em uma determinada região, identifica seus beneficiários e avalia os impactos de intervenções humanas.

Embutidos no software encontram-se bancos de dados espaciais<sup>2</sup> com resoluções de 1km<sup>2</sup> e 1ha para todo o planeta, juntamente com cenários para alterações no clima e uso do solo. O foco, neste caso, não é o de valoração

---

<sup>1</sup> AguAAndes, CompAndes, Co\$ting Nature, DESURVEY, FIESTA-FOGINT e Water World. Mais informações sobre cada aplicação e seus usos podem ser encontradas em <<http://www.policysupport.org/home>>.

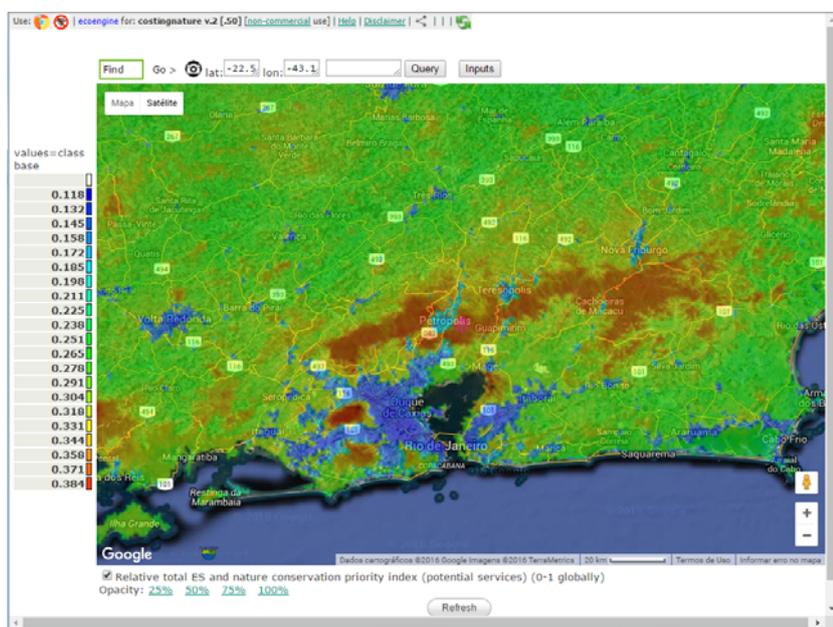
<sup>2</sup> A critério do usuário, podem ser utilizados os dados disponibilizados pela aplicação ou os fornecidos pelo próprio operador; neste trabalho, foram aplicadas as informações embutidas nos softwares. Além da versão gratuita, há outras opções pagas onde é possível simular eventos de mudanças no uso do solo e/ou implantação de políticas de preservação, e avaliar as variações nos níveis de produção e consumo dos serviços ecossistêmicos.

monetária, mas o entendimento dos custos de oportunidade relacionados ao uso da terra e à proteção dos serviços ecossistêmicos nela gerados.

O software compara os valores relativos de cada quadrante analisado a nível local (definido pelo próprio software) ou global, de acordo com a escolha do usuário, e atribui a eles valores entre 0-1 (mínimo-máximo). Assim, quanto mais alto o valor, mais elevado o consumo ou a produção dos serviços ecossistêmicos.

São avaliadas 11 dimensões, descritas na Tabela 1.

Os resultados são apresentados na forma de mapas gerais (Figura 1) que podem ser exportados para softwares de geoprocessamento, e também desdobrados na forma de tabelas específicas para cada quadrante (como no exemplo da Figura 2).



**Figura 1 – Exemplo de resultado do processamento do Costing Nature – Mapa** (Áreas prioritárias para conservação ameaçadas, com alto potencial de provisão de serviços ecossistêmicos)

Fonte: Costingnature version 2 (2016)

Linha de base: valores para a coordenada -22.567352764023 / -43,325050781250 - Valor: 0,31

Variável	Linha de base	Unidades
Índice Délfico Relativo de Prioridade para Conservação	0,5	0-1 globalmente
Prioridade para conservação da biodiversidade	0,35	0-1 globalmente
Índice Relativo de Ameaça	0,41	0-1 globalmente
Índice Relativo de Pressão	0,021	0-1 globalmente
Índice relativo de consumo de serviços ecossistêmicos - global	0,34	0-1 globalmente
Índice relativo de consumo de serviços ecossistêmicos - local	0,065	0-1 globalmente

**Figura 2 – Exemplo de resultado do processamento do Costing Nature – Tabela** (Áreas prioritárias para conservação ameaçadas, com alto potencial de provisão de serviços ecossistêmicos)

Fonte: Traduzido livremente e adaptado pela Autora, a partir de Costingnature version 2 (2016)

**Tabela 1 - Dimensões avaliadas pelo Costing Nature**

Nome do Relatório (original em inglês)	Informações disponibilizadas
Índice Relativo de Prioridade para Desenvolvimento – Serviços Ecosistêmicos Consumidos ( <i>Relative aggregate development priority index – realised services</i> )	Áreas sob pressão com baixa prioridade de conservação cujos serviços ecosistêmicos são consumidos
Índice Relativo de Prioridade para Desenvolvimento – Serviços Ecosistêmicos Potenciais ( <i>Relative aggregate development priority index – potential services</i> )	Áreas sob pressão com baixa prioridade de conservação e potencial para provisão de serviços ecosistêmicos
Índice Relativo de Prioridade para Conservação – Serviços Ecosistêmicos Consumidos ( <i>Relative aggregate nature conservation priority index – realised services</i> )	Áreas prioritárias para conservação ameaçadas, cujos serviços ecosistêmicos são altamente consumidos
Índice de Prioridade para Conservação – Serviços Ecosistêmicos Potenciais ( <i>Relative aggregate nature conservation priority index – potential services</i> )	Áreas prioritárias para conservação ameaçadas, com alto potencial de provisão de serviços ecosistêmicos
Prioridade para conservação da biodiversidade ( <i>Relative biodiversity priority index</i> )	Riqueza e endemismo relativos para espécies ameaçadas de mamíferos, répteis, anfíbios e aves
Índice Délfico Relativo de Prioridade para Conservação ( <i>Relative delphic conservation priority index</i> )	Prioridade para conservação (com base nas sobreposições dos trabalhos Endemic Bird Areas (EBA, produzido pela organização Birdlife International), Global200 Ecoregions (produzido pela WWF), Hotspots (produzido pela Conservation International), Last of the Wild (produzido pelas organizações Wildlife Conservation Society, WCS, e Center for International Earth Science Information Network, CIESIN), Important Bird Areas (produzido pela Birdlife International) and Key Biodiversity areas (União Internacional para a Conservação da Natureza, Birdlife International e Conservation International)
Índice Relativo de Pressão ( <i>Relative pressure index</i> )	Pressões atuais segundo população, frequência de incêndios florestais, intensidade de geadas, agricultura, represas e densidade de infraestrutura (represas, minas, cidades, exploração de óleo e gás)
Índice Relativo de Ameaça ( <i>Relative threat index</i> )	Ameaças futuras, segundo acessibilidade, proximidade a desmatamentos recentes (MODIS), mudanças projetadas para população, PIB e clima e distribuição corrente de luzes noturnas
Índice Combinado de Provisão de Serviços Ecosistêmicos ( <i>Relative total potential bundled services index</i> )	Potencial de provisão total de serviços ecosistêmicos, incluindo água, carbono, ecoturismo e mitigação de riscos
Índice Combinado de Consumo de Serviços Ecosistêmicos ( <i>Relative total realised bundled services index</i> )	Consumo total de serviços ecosistêmicos, incluindo água, carbono, ecoturismo e mitigação de riscos
Serviço Ecosistêmico mais consumido ( <i>Greatest relative total realised bundled service</i> )	Serviços ecosistêmicos mais consumido (água, carbono, ecoturismo ou mitigação de riscos)

Fonte: Policy Support Systems (201-)

O **Water World** segue a mesma filosofia de funcionamento e apresentação de resultados (Figuras 3 e 4), mas é voltado especificamente para a avaliação de serviços ecossistêmicos hidrológicos e suporte a políticas de gestão de recursos hídricos. Neste caso, são avaliadas outras 6 dimensões, descritas na Tabela 2.

Para o processamento do Costing Nature são utilizados 114 mapas-base, que contêm informações, dentre muitas outras, acerca da precipitação anual, estoque de carbono, uso e cobertura do solo, corpos hídricos e colheitas.

As informações disponíveis para o processamento do Water World estão contidas em 143 mapas-base, e vão desde dados de temperatura, pressão e umidade até cobertura de nuvens e existência de represas artificiais.

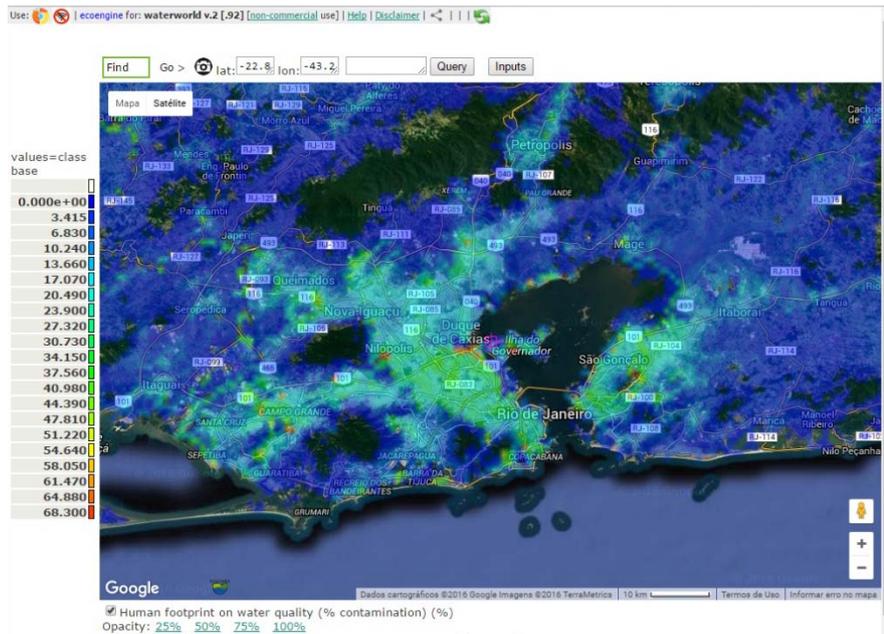
Os mapas que formam as bases de dados do Costing Nature e do Water World originam-se de fontes variadas, majoritariamente representadas por governos e instituições acadêmicas locais, organismos multilaterais e organizações não governamentais de alcance global, como Conservation International e World Wildlife Fund (WWF).

**Tabela 2 - Dimensões avaliadas pelo Water World**

Nome do Relatório (original em inglês)	Informações disponibilizadas
Precipitação ( <i>Rainfall</i> )	Precipitação total anual (mm/ano)
Balanço Hídrico ( <i>Water balance</i> )	Balanço hídrico local (mm/ano) (precipitação + nevoeiro + derretimento de neve - evapotranspiração real). Onde o balanço hídrico é negativo, a evapotranspiração é suportada por fontes de água a montante ou subterrâneas
Escoamento Superficial ( <i>Runoff</i> )	Escoamento superficial total anual (m <sup>3</sup> /ano). Calculado como balanço hídrico acumulado a jusante. Balanços hídricos negativos (evapotranspiração > precipitação) consomem o escoamento superficial de áreas a montante
Erosão líquida das encostas ( <i>Hillslope net erosion</i> )	Erosão líquida calculada como erosão - depósito de sedimentos nas encostas (mm/ano)
Erosão líquida total ( <i>Total net erosion</i> )	Erosão líquida calculada como erosão - depósito de sedimentos nas encostas, talvegues e leitos de rio (mm/ano)
Média anual da pegada ecológica humana sobre a qualidade da água / poluição ( <i>Mean annual human footprint on water quality / pollution</i> )	Percentual médio da água que pode ser poluída (índice de pegada ecológica humana)

Fonte: Policy Support Systems (201-)

Os resultados do processamento foram sobrepostos às manchas urbanas atual e estimada para 2030, como definidas no PDAM, para diagnóstico do impacto da expansão urbana prevista sobre a provisão e o consumo de serviços ecossistêmicos na região.



**Figura 3 – Exemplo de resultado do processamento do Water World – Mapa** (Percentual médio de probabilidade de contaminação da água)  
 Fonte: Waterworld version 2 (2016)

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1413543/CA

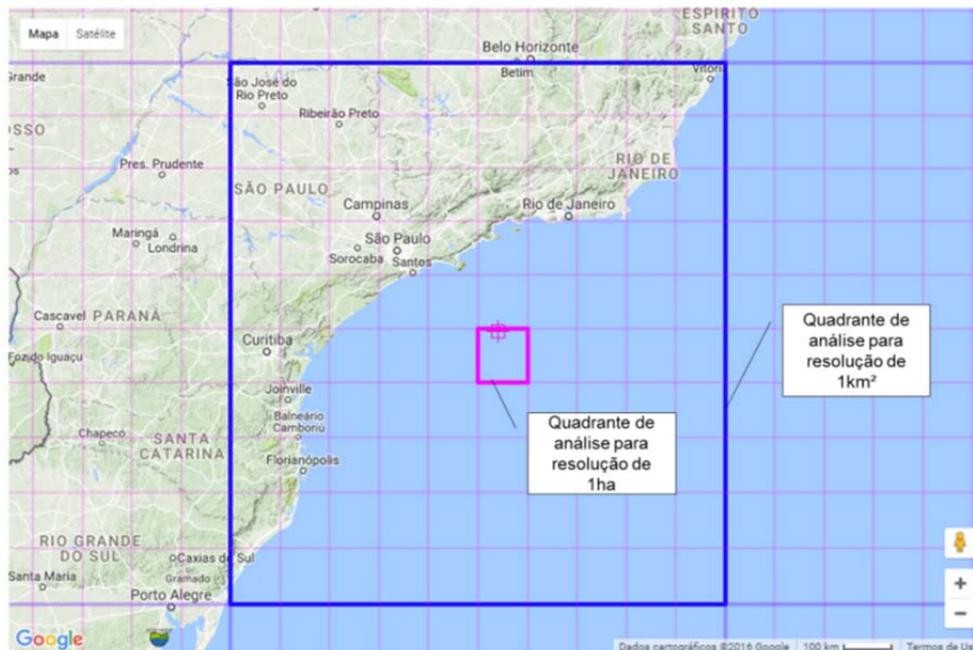
Linha de base: valores para a coordenada -22,814417030771 / -43,297119140625 - Valor: 59		
Variável	Linha de base	Unidades
Média anual de população se acesso a água limpa (relevante para diarreia)	0	0 pessoas
Média anual de população se acesso a água limpa	0	0 pessoas
Custo total do saneamento doméstico	68.000	dólares/pixel
Custo total do tratamento de água doméstico	50.000	dólares/pixel
Área cultivada (2005)	0	%
Pastagens (2005)	0	%
Presença de minas	0	binário (0/1)
Presença de poços de petróleo e gás	0	binário (0/1)
Áreas urbanas	260.000	identificador único
Rodovias (GAUL)	0	tipo
Máscara d'água medida pelo LANDSAT (Hansens/UMD/Google/ESGS/NASA)	0	% de pixels
Cobertura de solo nú (MODIS 2010)	18	%
Áreas protegidas (UNEP-WCMC WCPA) 2014	0	binário (0/1)

**Figura 4 – Exemplo de resultado do processamento do Water World – Tabela** (Percentual médio da água que pode ser poluída)  
 Fonte: Traduzido livremente e adaptadopela Autora, a partir de Waterworld version 2 (2016)

Como mencionado anteriormente, enquanto o Water World (serviços ecossistêmicos hídricos) apresenta seus resultados de forma absoluta, ou seja, em valores e dimensões específicas para cada local avaliado, o Costing Nature (biodiversidade, ecoturismo, mitigação de riscos ambientais e sequestro de carbono) faz uma avaliação relativa, isto é, compara todos os locais avaliados relativos à escala escolhida pelo usuário (global ou local) e atribui a eles valores entre 0 e 1.

Em ambos os casos podem ser utilizadas resoluções de um pixel a cada 1km<sup>2</sup> ou 1ha, que são aplicadas sobre quadrantes de análise dispostos sobre

uma malha pré-determinada, como exibido na Figura 5. Cada quadrante de análise contém 10.000 pixels.



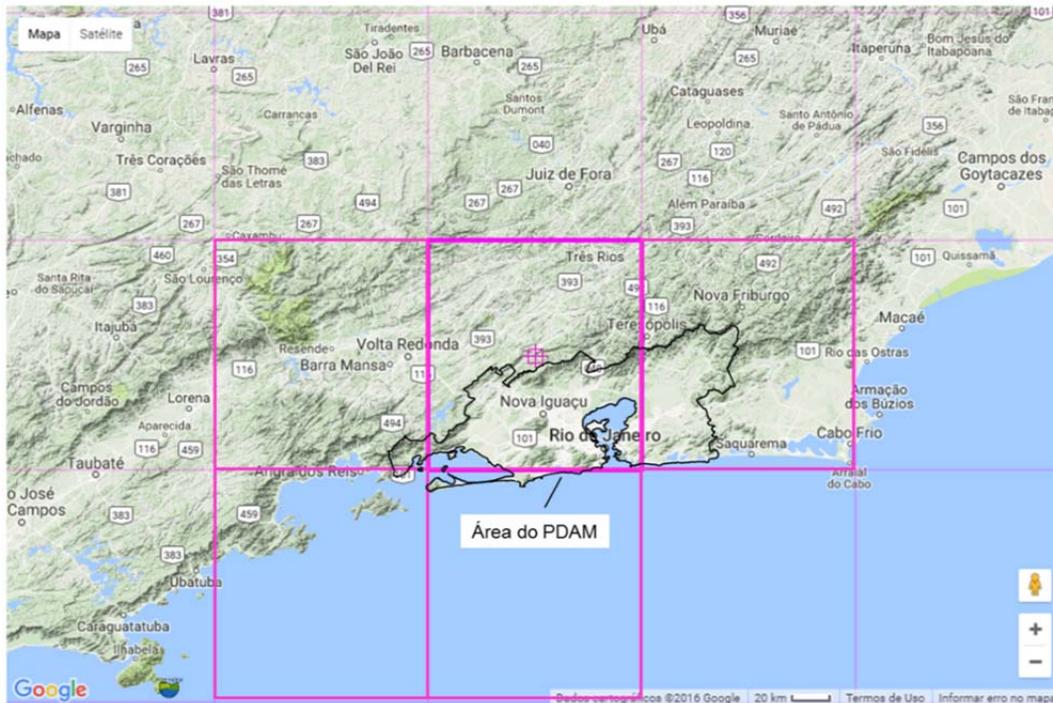
**Figura 5 – Malhas utilizadas pelo Costing Nature e Water World nas resoluções de 1km<sup>2</sup> e 1ha**

Fonte: Elaborada pela Autora, com dados de Costing Nature v2 (2016) sobre imagem do Google Maps

Neste estudo, salvo exceções indicadas mais à frente, foram utilizadas a resolução de 1km<sup>2</sup> e a indexação local para atribuição de valores relativos aos serviços ecossistêmicos.

A escolha da indexação local, que considera as prioridades de conservação dentro de um mesmo quadrante de estudo, teve o objetivo de confrontar a área do PDAM consigo própria, dado o objetivo deste trabalho de apoiar o planejamento urbano e regional. Assim, pouco sentido faria avaliar as relações de produção e consumo de serviços ecossistêmicos a nível planetário, situação em que toda a região do PDAM ocupa posição mediana, e na qual, portanto, não são geradas as informações almejadas.

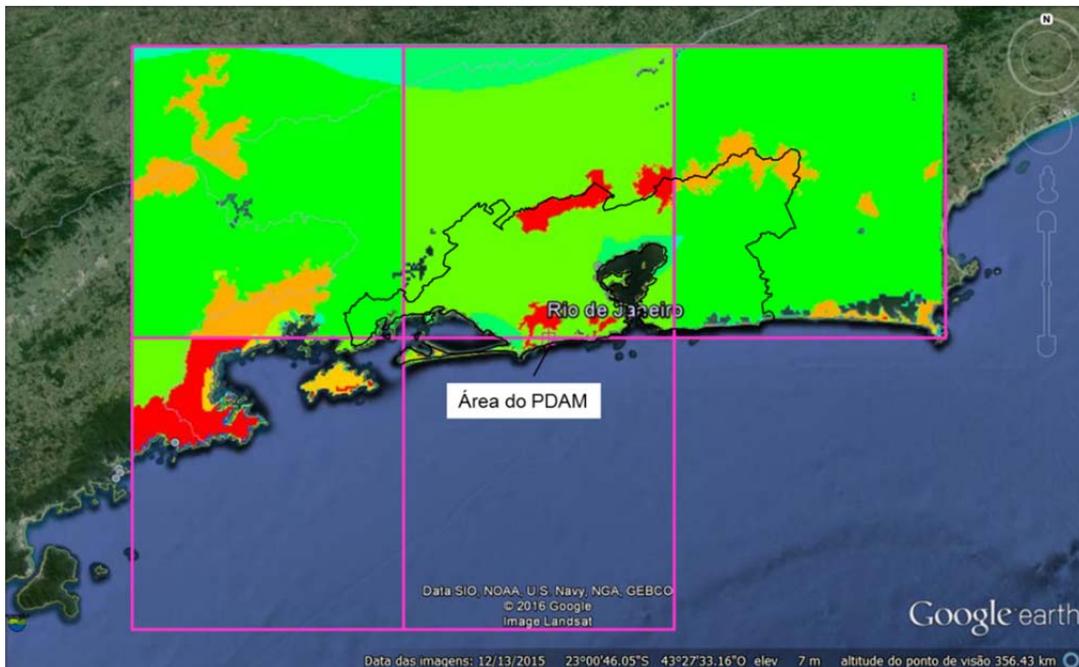
Já a opção pelo uso geral da resolução de 1km<sup>2</sup>, menos refinada que a de 1ha, deu-se porque a região de influência do PDAM, objeto deste trabalho, seria dividida em cinco blocos diferentes pela malha pré-definida dos quadrantes de análise (como indicado na Figura 6).



**Figura 6 – Quadrantes de análise (resolução de 1ha) referentes à área do PDAM**

Fonte: Elaborada pela Autora, com dados de Costing Nature v2 (2016) sobre imagem do Google Maps

Essa característica leva a que a avaliação conjunta de toda a área do PDAM reste prejudicada, dado que áreas contíguas são demonstradas de forma distinta, como indicado na Figura 7.



**Figura 7 – Justaposição de resultados de análise do Costing Nature (Índice Délfico Relativo de Prioridade de Conservação), com resolução de 1ha, referentes à área do PDAM**

Fonte: Elaborada pela Autora, com dados de Costing Nature v2 (2016) sobre imagem do Google Maps

Foram feitas duas exceções ao binômio indexação local / resolução de 1km<sup>2</sup>:

- o mapeamento das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade na região de abrangência do PDAM, realizados com indexação global por ser a biodiversidade um patrimônio da humanidade reconhecido pela Convenção da Biodiversidade Biológica firmada sob o guarda-chuva das Organização das Nações Unidas; e
- a avaliação do serviço ecossistêmico mais consumido, realizado com resolução de 1ha, uma vez que, neste caso, os resultados apresentados são absolutos.

## 2.2

### Etapas de trabalho

Este estudo apoia-se nas seguintes etapas:

- **Etapa 1:** Identificação dos serviços ecossistêmicos mais relevantes para a área de estudo, tanto da perspectiva de provisão, quanto da perspectiva do consumo a partir (1) da revisão bibliográfica contida nos Capítulos 3 e 4, e (2) das características da área de influência do Arco Metropolitano e perspectivas de desenvolvimento delineadas pelo PDAM, como visto no Capítulo 5;
- **Etapa 2:** Processamento, nos softwares selecionados, das informações referentes a toda a área de influência do PDAM;
- **Etapa 3:** Sobreposição dos resultados do processamento realizado na Etapa 2 com os mapas de áreas protegidas e expansão urbana, referentes a toda a área de influência do PDAM, para identificação e mapeamento:
  - a. das áreas provedoras de serviços ecossistêmicos mais ameaçadas pela expansão urbana prevista, com o objetivo de identificar áreas onde seria mais adequado estipular condicionantes para o uso e ocupação do solo; e
  - b. das áreas com maior potencial de provisão de serviços ecossistêmicos e com maior consumo de serviços ecossistêmicos, independentemente de se estão em regiões protegidas, já urbanizadas ou que provavelmente serão urbanizadas até 2030, com objetivo de identificar possíveis regiões parceiras para esquemas de pagamentos por serviços ecossistêmicos; e

- **Etapa 4:** A partir dos resultados da Etapa 3, proposição de condicionantes à expansão urbana e zoneamento na área de influência do PDAM, bem como de estratégias para valorização e fortalecimento dos serviços ecossistêmicos na região, visando a construção de cenários futuros de uso e ocupação do solo que possam promover o desenvolvimento sustentável e a resiliência.

Os resultados das Etapas 3 e 4, descritas acima, encontram-se no Capítulo 6 deste trabalho, Avaliação dos Serviços Ecossistêmicos na Área do PDAM.

### 3

## Serviços Ecossistêmicos, a conexão entre a natureza e o bem-estar humano

*When humanity is considered a part of nature, cities themselves can be regarded as a global network of ecosystems.*

Per Bolund e Sven Hunhammar (2009)

### 3.1

#### Serviços Ecossistêmicos

Entre 2001 e 2005, sob a iniciativa das Nações Unidas, foi conduzido o *Millennium Ecosystem Assessment* (MA), um amplo estudo sobre as condições dos ecossistemas mundiais e as consequências de mudanças nesses ecossistemas sobre o bem-estar humano, que legou como principal achado a conclusão de que as ações humanas estão exaurindo o capital natural do planeta de tal forma que já não é possível assegurar sua capacidade de suportar as gerações futuras (MA, 2005).

O capital natural de uma sociedade é um fator chave na determinação de seus níveis de bem-estar (MA, 2005), e pode ser entendido como o estoque de bens e serviços providos pelos ecossistemas (CBD, 2013), numa metáfora econômica para os limites dos recursos físicos e biológicos encontrados na natureza (TEEB, 2013).

Tal “estoque” tende a ser deixado de fora dos balanços por economistas, governos e corporações (SRC, 2014), ainda que a verdadeira riqueza de uma nação somente possa ser medida, de fato, dando-se a devida consideração a todas as formas de capital, quer manufaturado, quer humano, social ou natural (MA, 2005).

Embora a incorporação de conceitos financeiros à avaliação da natureza seja relativamente recente (MA, 2005), o número de estudos sobre o tema vem crescendo de forma significativa, e seus resultados vêm contribuindo para ampliar o debate a respeito os vínculos existentes e as consequências da redução do capital natural sobre a qualidade de vida humana (COSTANZA et al., 1997; MA, 2005; FISHER, TURNER e MORLING, 2009; GÓMEZ-BAGGETHUN e BARTON, 2013).

Essa “contabilidade” da natureza e do capital natural é importante porque, do ponto de vista econômico, os conceitos de capital natural e serviços ecossistêmicos nos auxiliam a reconhecer os muitos benefícios que a natureza nos provê (TEEB, 2013). Ou, alternativamente e de forma mais dramática, porque, como sintetizam Fisher, Turner e Morling (2009) parafraseando Marx, “a história da humanidade é [...] a história de pessoas buscando acesso a recursos naturais e proteção contra os elementos” [tempestades, furacões, etc.].

Os objetivos finais dessa busca – recursos naturais e proteção contra os elementos – constituem o que se tem convencionado denominar serviços ecossistêmicos.

Embora não exista uma definição única do que constituiriam os serviços ecossistêmicos, de modo geral eles podem ser entendidos como

as funções oferecidas naturalmente pelos ecossistemas, mantidas, aprimoradas ou restauradas por ação do homem, visando a conservação de condições ambientais adequadas para a vida no Planeta (BRASIL, 2007).

Ainda, de um ponto de vista econômico, os fluxos de serviços ecossistêmicos formam os “dividendos” que a sociedade recebe do capital natural (TEEB, 2013).

Outros estudos trabalham com diferentes conceitos, tais como “as condições e processos por meio dos quais os ecossistemas naturais e as espécies que os constituem sustentam e completam a vida humana” (DAILY, 1997), “os componentes ecológicos diretamente consumidos ou usufruídos para produzir bem-estar humano” (BOYD e BANZHAF, 2007) ou “os aspectos dos ecossistemas utilizados (ativa ou passivamente) para produzir bem-estar humano” (FISHER, TURNER e MORLING, 2009, p. 645).

Há outros, como Costanza et al. (1997), que distinguem funções ecossistêmicas (“referem-se ao habitat, ao sistema, às propriedades biológicas ou aos processos dos ecossistemas”, p. 253) e serviços ecossistêmicos (“fluxos de materiais, energia e informação oriundos dos estoques de capital natural que se combinam com o capital humano e o manufaturado para produzir o bem-estar humano”, p. 254) e, de acordo com o grau de intervenção humana envolvido em sua produção, entre serviços ecossistêmicos (“contribuições diretas e indiretas dos ecossistemas ao bem-estar humano”) e serviços ambientais (“iniciativas individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, recuperação ou melhoria dos serviços ecossistêmicos”) (GVCES, 2015).

Em comum, essas definições apontam para o fato de que os serviços ecossistêmicos constituem “os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas”, conceito-síntese proposto pelo *Millennium Ecosystem Assessment* (MA, 2005) e adotado para os fins deste estudo, que reúne sob um mesmo guarda-chuva os “bens” e os “serviços” providos pelos ecossistemas.

Dentre os serviços ecossistêmicos é possível citar a conservação das faixas litorâneas e a proteção das encostas, fluxos estáveis de água limpa, solo produtivo, polinização de culturas e vegetação, redução de processos erosivos e muitos outros que dão suporte a fatores essenciais para a vida humana.

Para Jansson (2013), adotar o paradigma dos serviços ecossistêmicos é importante porque

para operacionalizar nosso conhecimento, hipóteses e teorias sobre a conexão entre o trabalho da natureza e o bem-estar e a sobrevivência humanos, nós precisamos de um conceito que nos ajude a esclarecer e quantificar esses vínculos e seus efeitos. E é nesse contexto que o quadro teórico dos serviços ecossistêmicos se torna útil (p. 285).

Pessoas, empresas e comunidades dependem desses serviços para extração de matéria-prima, processos produtivos e estabilidade climática. Sobre este ponto, Costanza et al. (2014) chamam a atenção para os intercâmbios entre a natureza e os seres humanos que caracterizam o processo de geração e usufruto dos serviços ecossistêmicos. Segundo eles, em posição corroborada por Fisher, Turner e Morling (2009),

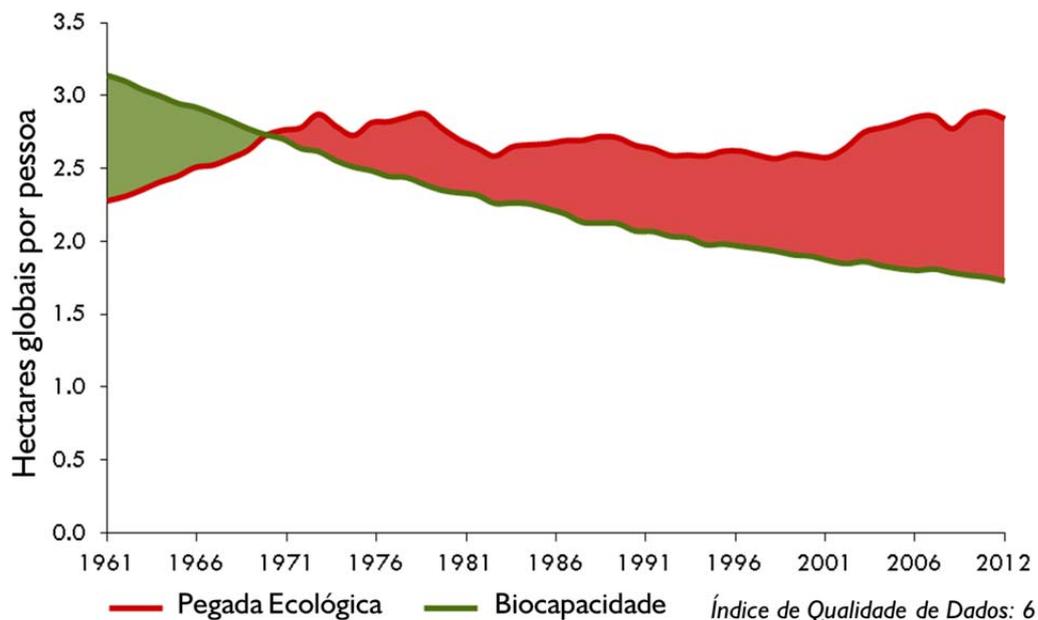
é importante notar que os ecossistemas não podem prover nenhum benefício às pessoas sem a presença destas (capital humano), suas comunidades (capital social) e seu ambiente construído (capital edificado). [...] Os serviços ecossistêmicos não fluem diretamente do capital natural para o bem-estar humano – é apenas por meio da interação com as outras três formas de capital que o capital natural pode prover benefícios. (pp. 153)

Em todos os cantos do planeta são produzidos e consumidos serviços ecossistêmicos, e os seres humanos, ainda que protegidos de emergências ambientais pela cultura e tecnologia, são, em última instância, completamente dependentes do fluxo desses serviços (MA, 2005).

O desenvolvimento econômico, o crescimento demográfico e o aumento dos níveis de consumo de energia, matérias-primas, serviços e produtos acabados elevaram de forma exponencial a demanda por serviços ecossistêmicos (MA, 2005). Conjugado à solução imediatista de buscar, na exploração de áreas ainda intocadas, novas reservas de recursos naturais, tal

fenômeno levou a que gradualmente a pegada ecológica<sup>3</sup> global ultrapassasse a biocapacidade<sup>4</sup> do planeta, como demonstrado na Figura 8.

Ou seja, no momento atual estamos extraindo mais dos ecossistemas do que eles têm condições de gerar e de se regenerar.



**Figura 8. Evolução da Pegada Ecológica x Biocapacidade globais**

Fonte: GFN, 2016. Tradução livre.

Dada sua importância, os serviços ecossistêmicos possuem valor intrínseco, que pode ser classificado em econômico, ecológico, sociocultural, de saúde e de seguro (URBES, 2013).

A identificação desse valor importa porque a perda e a degradação dos ativos naturais pode comprometer a capacidade dos ecossistemas de se recompor e entregarem os serviços ecossistêmicos necessários ao homem, gerando custos para lidar-se com as consequências de tal esgotamento (perda

<sup>3</sup> Medida da área biologicamente produtiva que um indivíduo, população ou atividade requer para produzir todos os recursos que consome e para absorver todos os resíduos por ele gerados, utilizando tecnologias e práticas de manejo de recursos usuais. É geralmente medida em hectares (ha), e a pegada ecológica de um indivíduo ou país pode incluir terras e água de todas as partes do planeta (GFN, 2015).

<sup>4</sup> Refere-se à capacidade do ecossistema de produzir materiais biológicos demandados pelas pessoas e de absorver os resíduos por elas gerados, utilizando esquemas de manejo e tecnologias de extração usuais. Também é usualmente expressa em hectares (ha). A biocapacidade pode variar ano a ano devido ao clima, manejo e também a quais áreas são consideradas insumos úteis à economia humana (GFN, 2015). Por exemplo, os estoques de pescado na natureza vêm declinando devido ao excesso de pesca, e cerca de 40% das terras agricultáveis foram fortemente ou muito fortemente degradadas nos últimos 50 anos por processos de erosão, salinização, compactação, depleção de nutrientes, degradação biológica ou poluição (MA, 2005).

da qualidade do ar, redução na disponibilidade de água, erosão, etc.) e desenvolver alternativas aos ativos perdidos.

Os serviços ecossistêmicos são finitos, isto é, estão sujeitos à escassez, sendo igualmente limitado o potencial existente de substituição por outras formas de capital E, embora o engenho humano possa aumentar a produção de alguns serviços ecossistêmicos, como o fez em relação à produção de alimentos por meio da disseminação de tecnologias agrícolas, é comum que o incremento em um serviço se dê em detrimento de outro (MA, 2005). É o que ocorre, por exemplo, quando uma área florestada é derrubada para produção de madeira, e, como consequência, reduz-se a capacidade do terreno de resistir à erosão.

Ou seja, a atual demanda por serviços ecossistêmicos é tal que os *trade-offs* entre diferentes tipos de serviços ecossistêmicos tornou-se a regra (MA, 2005).

*Trade-offs* representam as escolhas – neste caso, de desenvolvimento – feitas por uma comunidade. Tais escolhas envolvem, dentre outros temas, questões orçamentárias (por exemplo, escolher entre reduzir a dívida ou aumentar o nível de investimento público), de políticas públicas (por exemplo, escolher entre aumentar quantitativo de agentes de segurança ou construir uma nova escola), temporais (definir, por exemplo, em que momento substituir as redes de infraestrutura torna-se mais eficaz que manter as atuais) e, como pretende-se abordar neste trabalho, de planejamento urbano e territorial (por exemplo, definições sobre contenção ou incentivo ao adensamento).

Em relação aos serviços ecossistêmicos, é comum que o valor do capital natural seja excluído das ponderações de ordem econômico-financeira que usualmente dominam o debate.

À ciência dos serviços ecossistêmicos ainda falta um quadro teórico robusto que permita a consideração, nos processos decisórios, dos valores sociais e culturais dos ecossistemas urbanos no mesmo patamar que os valores monetários (CBD, 2013). E, por essa razão, frequentemente os benefícios providos pelo meio ambiente são desperdiçados em função de mal gerenciamento e ausência de incentivos para preservá-los (PAGIOLA E PLATAIS, 2002).

Uma das formas de tornar a natureza mais visível nas decisões econômicas é analisar como os custos e os benefícios dos serviços ecossistêmicos são distribuídos por diferentes setores da sociedade, localidades

e ao longo do tempo, de forma a mudar e redirecionar subsídios prejudiciais ao meio ambiente em áreas tais como combustíveis fósseis, agricultura, pesca, transporte e água (TEEB, 2013).

Tal processo passa pela valoração dos serviços ecossistêmicos, visando identificar os custos de sua reposição e/ou substituição, bem como para comparar alternativas de mudança no uso do solo e, conseqüentemente, de desenvolvimento (MA, 2005; TEEB, 2013), ainda que nem sempre o valor intrínseco dos serviços ecossistêmicos possa ser expresso em termos monetários.

Desde os anos 1980 diversos estudos vêm tentando identificar que valores deveriam ser atribuídos à natureza (COSTANZA et al., 2014), com resultados que variaram desde o aumento do interesse dos pesquisadores pelo tema, até a efetiva contabilização de uma quantia monetária.

Por exemplo, COSTANZA et al. estimaram, em 1997, que o valor dos serviços ecossistêmicos globais ficaria entre US\$ 16 trilhões e US\$ 54 trilhões.

Embora este número tenha uma ordem de grandeza tão alta que acabe por solapar qualquer discussão de ordem prática, as falhas em contabilizar adequadamente os serviços ecossistêmicos tem sido um fator significativo na continuidade das perdas e da degradação do meio ambiente e da biodiversidade (TEEB, 2013; MA, 2005; BANCO MUNDIAL, 2004).

O senso comum aponta que não é possível administrar aquilo que não se mede, de modo que mesmo estimativas aproximadas do valor dos serviços ecossistêmicos podem levar a melhores políticas públicas de manejo de recursos, especialmente quando o entendimento alternativo é de que a natureza tem valor zero (ou infinito) (TEEB, 2013).

O processo de valoração nada mais é do que a mensuração do valor atribuível aos serviços ecossistêmicos, e pode ser feito a partir de diferentes perspectivas. Embora este trabalho foque na perspectiva econômica, outros pontos de vista podem ser utilizados.

Antes de iniciar a discussão sobre como valorar, porém, é importante ressaltar que a noção de “valor” não se confunde com a noção de “preço”, uma vez que esta última implica uma relação de oferta e demanda estabelecida num mercado organizado, e é resultante da interseção entre o montante que os proprietários do artigo transacionado estão dispostos a receber por sua entrega e o montante que os interessados em adquiri-lo estão dispostos a pagar por ele. Dessa forma, nem tudo a que se pode valorar pode ser apreçado.

Um dos paradigmas de valor mais comumente adotados (MA, 2005), é o de “valor utilitário”, baseado no princípio das preferências humanas na satisfação de suas necessidades. Nessa abordagem, os serviços ecossistêmicos possuem valor porque podem ser úteis às pessoas, direta ou indiretamente. Dentro desta concepção, a atribuição de valor pode ser feita tanto a serviços ecossistêmicos efetivamente utilizados (valor em uso) quanto àqueles não utilizados (valor fora de uso).

Complementarmente, o paradigma de “valor não utilitário” afirma que algo pode ter “valor intrínseco”, originado de variadas bases éticas, culturais, religiosas e filosóficas, que independe de sua contribuição ou potencial de contribuição ao bem-estar humano.

Para além desses paradigmas, o valor dos serviços ecossistêmicos pode ser classificado em Reconhecido (inclui valores culturais e estéticos que comumente são possíveis de serem expressados apenas em termos não-monetários), Demonstrado (onde é possível calcular um custo de substituição potencial em termos monetários; por exemplo, o custo de substituição de polinizadores selvagens) e Capturado (onde há um mercado que determina o valor, comumente oferecido em termos monetários: água, alimentos, comida, etc.) (TEEB, 2010). Como pode ser visto na Figura 9, as relações estabelecidas entre essas classificações indicam que apenas uma pequena parte dos serviços ecossistêmicos participa efetivamente dos mercados, ou seja, tem seus valores, neste caso definidos na forma de preços, já estabelecidos.



**Figura 9 – O valor dos serviços ecossistêmicos**  
Fonte: Adaptada pela Autora a partir de TEEB (2010)

Em 2013, Gómez-Baggethun e Barton identificaram que, dentro do paradigma utilitário, os serviços ecossistêmicos podem ter valor sociocultural, de seguro e econômico:

- **valor sociocultural:** as pessoas atribuem ao meio ambiente valores morais, espirituais, estéticos e de pertencimento que podem afetar suas atitudes em relação aos ecossistemas e aos serviços deles derivados, mas que nem sempre podem ser adequadamente capturados por metáforas econômicas ou métricas monetárias;

- **valor de seguro:** com intensidade e frequência crescentes, eventos climáticos extremos afetam as cidades como consequência das mudanças climáticas, de modo que os serviços ecosistêmicos podem exercer importante papel na resiliência e capacidade de adaptação das cidades;

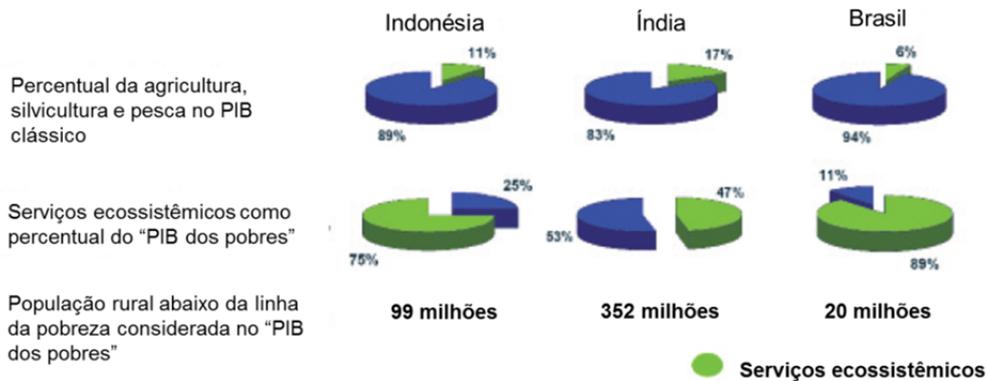
- **valor econômico:** a perda de serviços ecosistêmicos em áreas urbanas envolve custos econômicos de uma forma ou de outra, seja porque, por exemplo, a perda de vegetação eleva os gastos de energia para condicionamento de ar, seja porque sua contabilização incorreta (ou não existente) pode resultar em incentivos para conversões equivocadas de uso do solo.

Cabe notar ainda que atores sociais distintos – indivíduos, empresas, organizações da sociedade civil, nações, organismos multilaterais, – podem atribuir valores igualmente distintos aos serviços ecosistêmicos, em função dos diferentes riscos a que estão expostos, como, por exemplo (TEEB, 2013):

- **população mais pobre:** as famílias mais pobres, especialmente em áreas rurais, defrontam-se com perdas desproporcionais causadas pela depleção do capital natural. Isso porque, proporcionalmente ao restante da população, são mais dependentes dos serviços ecosistêmicos para obter renda. O TEEB (2013) estimou que os serviços ecosistêmicos e outros bens não mercantilizáveis representam, no Brasil, Índia e Indonésia, entre 47% e 89% do que foi chamado “PIB dos pobres”<sup>5</sup> enquanto atividades relacionadas à agricultura, à silvicultura e à pesca representam apenas entre 6% e 17% do PIB nacional (Figura 10):

---

<sup>5</sup> PIB efetivo ou toda fonte de renda de famílias rurais ou dependentes da silvicultura localizadas abaixo da linha da pobreza (TEEB, 2013).



**Figura 10 – “PIB dos pobres”:** estimativas da dependência econômica dos serviços ecossistêmicos

Fonte: TEEB, 2013.

- **empresários:** o setor privado tanto prejudica quanto depende dos serviços ecossistêmicos, e precisa gerenciar os riscos associados ao consumo excessivo do estoque de capital natural tanto para assegurar seu acesso a matérias-primas quanto para evitar danos à sua imagem, reputação e resultados financeiros associados à ocorrência de danos ambientais;
- **indivíduos e comunidades:** a perda da biodiversidade impõe custos pessoais e coletivos à saúde, renda, segurança e muitos outros aspectos que formam o bem-estar humano.

Assim, questionar o valor dos ecossistemas leva também à pergunta “vale quanto para quem” (BANCO MUNDIAL, 2004), uma vez que os benefícios derivados dos serviços ecossistêmicos são distribuídos de forma desigual dentre os diversos atores econômicos – ou seja, aquilo é que muito valioso para determinado grupo pode não ter valor algum ou ser percebido como um fator negativo por outro.

Por essa razão, se o objetivo é orientar o planejamento territorial, pode ser mais eficiente valorar a variação do nível dos serviços ecossistêmicos diante de determinada política e/ou ação de conservação ou mudança de uso do solo proposta do que estimar seu valor absoluto (TEEB, 2013; BANCO MUNDIAL, 2004). Esta diretriz será seguida neste trabalho, onde, no Capítulo 6, compara-se as áreas onde concentram-se o consumo e a produção dos serviços ecossistêmicos com as manchas urbanas atual e projetada. Dessa forma, foi possível identificar tanto as regiões já urbanizadas quanto as de expansão urbana que avançam ou avançariam sobre áreas prioritárias para a conservação dos serviços ecossistêmicos da região.

Em resumo, decisões de planejamento urbano e de políticas públicas em geral são tomadas considerando *trade-offs* e diferentes graus de utilitarismo, que são predominantemente expressos em termos econômicos (CBD, 2013).

Obviamente, a questão da conservação dos ecossistemas não se esgota nas preocupações de ótica econômico-financeira levantadas pela valoração dos serviços ecosistêmicos, e pode haver razão suficiente para instituir áreas de preservação em determinados locais, ainda que, de tal ponto de vista, explorar os recursos ali presentes fizesse sentido. Não se pode descartar apegos culturais e religiosos (ótica social), nem o “direito de existência” de espécies ameaçadas (ótica ambiental), sob pena de afastamento do tripé sobre o qual o desenvolvimento sustentável é construído.

Dessa forma, ainda que a análise econômica não deva ser o único insumo nas decisões de conservação dos ecossistemas (BANCO MUNDIAL, 2004), e que deva ser vista como uma ferramenta para facilitar o manejo ambiental, não como uma pré-condição para isso (TEEB, 2013), tem-se que incorporar a valoração dos serviços ecosistêmicos ao planejamento urbano pode otimizar o uso do solo.

A valoração dos serviços ecosistêmicos tanto em termos monetários quanto não monetários é uma importante ferramenta para incluir considerações ecológicas na administração de uma cidade (CBD, 2013; TEEB, 2010; UN HABITAT, 2011; URBES, 2013), e, usada corretamente, pode levar a escolhas e decisões melhor informadas (por meio de análises custo/benefício), de modo a tornar as cidades mais autossuficientes e resilientes.

Dada a aceleração dos processos de crescimento urbano e mudanças climáticas, não incorporar o valor do capital natural ao planejamento urbano, passo fundamental para assegurar sua resiliência (UN HABITAT, 2011), relega exclusivamente ao mercado os ditames da alocação de recursos, mantendo o ciclo de degradação e erosão do capital natural.

Em seu relatório final, o *Millennium Ecosystem Assessment* destacou que é preciso desfazer o viés contrário aos serviços ecosistêmicos no contexto de pesar custos e benefícios de escolhas econômicas, construindo políticas futuras que objetivem satisfazer as necessidades humanas, mas a custo mais baixo para os sistemas naturais – como proposto pela OXFAM (2014) e discutido no próximo capítulo deste trabalho.

O MA (2005) também concluiu que essa distorção é em parte causada por medidas de riqueza que desconsideram o valor do capital natural, e Costanza et al. (2014) ponderam que um melhor entendimento do valor dos serviços

ecossistêmicos enfatiza os ativos naturais como componentes críticos do desenvolvimento inclusivo, do bem-estar e da sustentabilidade.

A partir do reconhecimento do valor dos serviços ecossistêmicos, podem ser desenvolvidos mecanismos de compensação dos provedores daqueles serviços consumidos nas cidades, com o objetivo de incentivá-los a recuperar e preservar as áreas de sua propriedade.

Um último aspecto dos serviços ecossistêmicos deve ser ainda explorado: o fato de que as populações mais pobres são as mais vulneráveis a mudanças nos ecossistemas, por serem mais diretamente dependentes da captação de serviços ecossistêmicos para subsistência (MA, 2005). Além disso, são também as mais expostas aos riscos de inundações e deslizamentos de terra, como alguns dos desastres com origem em fenômenos naturais mais recorrentes em cidades brasileiras, a que ficamos todos mais sujeitos quando da degradação dos mecanismos naturais de proteção.

Esse quadro leva que a questão dos serviços ecossistêmicos ultrapasse as fronteiras da preservação ambiental, alcançando também o debate acerca da promoção do desenvolvimento social e da redução das desigualdades.

As ações urbanas impactam os ecossistemas naturais e, por isso, podem levar a efeitos imprevisíveis sobre a saúde e o bem-estar dos cidadãos, e entender como os ecossistemas entregam serviços, quem são seus beneficiários e os fatores que causam mudanças nos ecossistemas e serviços ecossistêmicos é essencial para o planejamento de intervenções que aumentem suas externalidades positivas e minimizem as negativas, contribuindo, assim, para o desenvolvimento sustentável das cidades.

### 3.1.1

#### **Classificação de Serviços Ecosistêmicos**

Da mesma forma que não há, ainda, um conceito único do que são os serviços ecossistêmicos, também não há, ainda, uma forma pacificada e consabida de classificá-los.

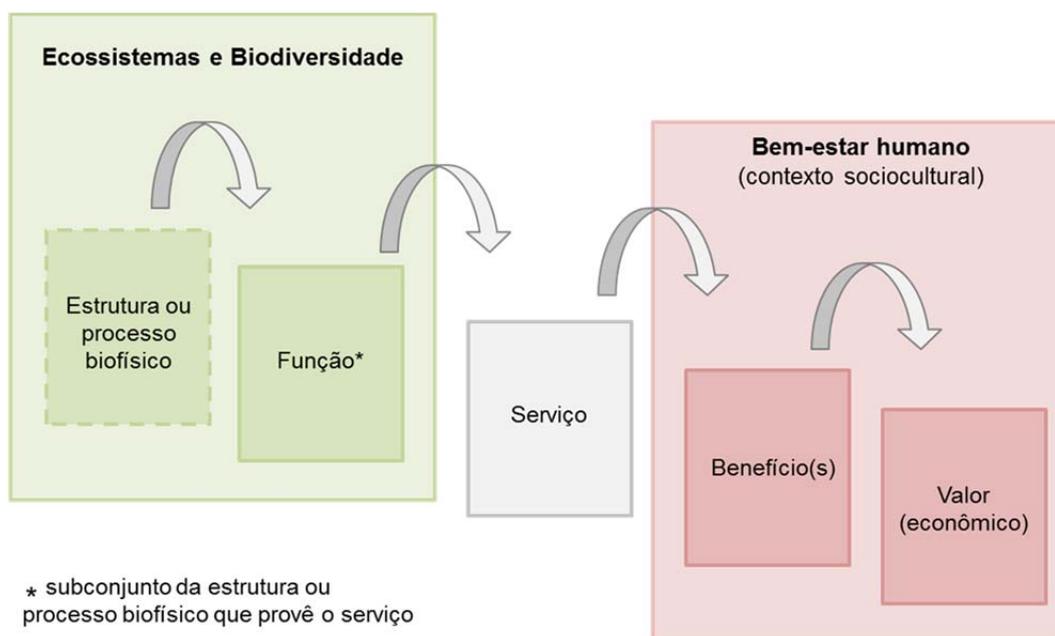
Fisher, Turner e Morling (2009) chegam, inclusive, a defender que a taxonomia dos serviços ecossistêmicos seja definida em consonância com a finalidade da contabilização dos serviços, uma vez que, em seu entendimento, os vínculos entre os sistemas econômico e ecológico (nos quais inserem-se os serviços ecossistêmicos) são complexos e ainda estão em evolução.

Tal proposta será retomada mais à frente, contudo, inicialmente, serão apresentadas algumas das classificações gerais já desenvolvidas.

A primeira discussão que pode ser colocada é aquela que contrapõe funções e serviços derivados dos ecossistemas. Como visto na primeira seção deste trabalho, em linhas gerais as definições de serviços ecossistêmicos associam-nos aos benefícios auferidos pelos humanos ao usufruírem da natureza, fixando a ideia de que, se não há proveito humano, não há serviço estabelecido.

Como Costanza et al. (1997) antes deles, Hansen e Pauleit (2014) defendem que sejam feita a diferenciação, na pesquisa sobre o tema, entre serviços e funções. De acordo com estes autores, a distinção é importante porque funções (ou processos) ecossistêmicos, tais como formação de solo, podem ser cruciais para a existência dos próprios ecossistemas, mas não necessariamente serão utilizados por uma comunidade, ou, melhor dizendo, terão beneficiários humanos associados – descumprindo, assim, a principal condição para que sejam consideradas “serviços”.

Para demonstrar o argumento, lançam mão de diagrama desenvolvido a partir de trabalhos de Haines-Young e Potschin (2010) e de de Groot et al (2010), que demonstra a forma pela qual estruturas e processos biofísicos convertem-se em bem-estar humano (Figura 11).



**Figura 11 – Modelo em cascata para vincular ecossistemas ao bem-estar humano**

Fonte: Hansen e Pauleit (2014), desenvolvido a partir de trabalhos de Haines-Young e Potschin (2010) e de de Groot et al (2010).

Nesse modelo, estruturas ou processos biofísicos (por exemplo, áreas pantanosas ou produtividade primária líquida) formam a base para funções (por exemplo, redução da velocidade dos cursos d'água). As funções podem originar serviços para os humanos (produção de alimentos, por exemplo). Esses serviços levam a benefícios e à atribuição de valor pelos humanos (por exemplo, disposição de pagar pela proteção das áreas pantanosas).

Outro ponto a favor da distinção entre funções e serviços, segundo esses autores, é que a partir dela podem ser mais bem detectadas duplas contagens entre serviços e funções que desembocam no(s) mesmo(s) benefício(s). Tal fator é de suma importância para a credibilidade da valoração dos serviços ecossistêmicos e, conseqüentemente, para a viabilidade de sua inclusão dentre os fatores decisórios no planejamento do desenvolvimento, como será visto mais adiante.

Em relação à categorização efetiva dos **serviços** ecossistêmicos, um dos primeiros – e ainda hoje, dos mais referenciados – estudos sobre os serviços ecossistêmicos, publicado por Costanza et. al. em 1997, classificou-os a partir das funções que lhes dão suporte, classificação esta compilada na Tabela 3.

**Tabela 3 - Serviços e Funções ecossistêmicos** (Parte 1 de 2)

<b>Serviço Ecosistêmico</b>	<b>Função Ecosistêmica</b>	<b>Exemplos</b>
Regulação de gases	Regulação da composição química da atmosfera	Balanço de CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> ; O <sub>3</sub> para proteção contra radiação UVA/UVB e níveis de SO <sub>x</sub>
Regulação do clima	Regulação da temperatura global, precipitação e outros processos biologicamente mediados em níveis local e global	Regulação de gases de efeito estufa; produção de DMS com efeitos sobre a formação das nuvens
Regulação de distúrbios	Capacidade, amortecimento e integridade da resposta dos ecossistemas a flutuações ambientais	Proteção contra tempestades, controle de inundações, recuperação de secas e outros aspectos da resposta dos habitats a variações ambientais controladas por estruturas de vegetação
Regulação da água	Regulação dos ciclos hidrológicos	Fornecimento de água para uso em processos agrícolas (tal como irrigação) ou industriais (tal como moendas), ou transporte
Suprimento de água	Armazenamento e retenção de água	Fornecimento de água por bacias hidrográficas, reservatórios e aquíferos
Controle de erosão e retenção de sedimentos	Retenção de solo num ecossistema	Prevenção da perda de solo por vento, escoamento superficial ou outros processos de remoção e assoreamento de lagos e pântanos
Formação de solo	Processos de formação de solo	Desgaste natural de rochas e acúmulo de matéria orgânica
Ciclagem de nutrientes	Armazenamento, ciclagem interna, processamento e aquisição de nutrientes	Fixação de nitrogênio, fósforo e outros ciclos de elementos e nutrientes

(continua)

**Tabela 3 - Serviços e Funções ecosistêmicos (Parte 2 de 2)**

<b>Serviço Ecosistêmico</b>	<b>Função Ecosistêmica</b>	<b>Exemplos</b>
Tratamento de água	Recuperação de nutrientes e remoção ou decomposição do excesso de nutrientes e compostos polixênicos	Tratamento de resíduos, controle de poluição, desintoxicação
Polinização	Movimento de gametas florais	Provisão de polinizadores para a reprodução de populações de plantas
Controle biológico	Regulação trófico-dinâmica de populações	Controle de predadores-chave, redução de herbívoros por predadores no topo da cadeia alimentar
Refúgio	Habitat para populações residentes e transientes	Berçários, habitat para espécies migratórias, habitats regionais para espécies locais ou áreas de hibernação
Produção de alimentos	A porção do produto bruto extraído como alimentos	Produção de peixes, caça, plantações, castanhas e frutas
Matérias-primas	A porção do produto bruto extraído como matérias-primas	Produção de lenha, combustível ou forragem
Recursos genéticos	Fontes de materiais e produtos biológicos únicos	Medicamentos, produtos para ciência de materiais, genes para resistência de patogênicos e pragas agrícolas, espécies ornamentais (animais de estimação e variedades de horticultura)
Recreação	Provisão de oportunidades de atividades recreativas	Ecoturismo, pesca esportiva e outras atividades recreativas externas
Cultura	Provisão de oportunidades para usos não comerciais	Valores estéticos, artísticos, educacionais, espirituais e/ou científicos dos ecossistemas

Fonte: COSTANZA et. al. (1997)

Partindo do trabalho de Costanza et. al. (1997) e de outros estudos próprios anteriores, de Groot, Wilson e Boumans (2002) propuseram nova classificação dos serviços ecosistêmicos, igualmente baseada em grupos funcionais, mas passando de dezessete funções-base para vinte e três (ver Tabela 4).

**Tabela 4 - Funções, bens e serviços de ecossistemas naturais e seminaturais (Parte 1 de 3)**

<b>Função Ecosistêmica</b>	<b>Processos e componentes dos ecossistemas</b>	<b>Exemplos de Serviços Ecosistêmicos</b>
<i>Funções de Regulação</i>	<i>Manutenção de processos e sistemas ecológicos essenciais de suporte à vida</i>	
Regulação de gás	Papel dos ecossistemas nos ciclos biogeoquímicos (balanço de O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> ; camada de ozônio, etc.)	Proteção UVB via camada de ozônio Manutenção da (boa) qualidade do ar Influência no clima (ver também Regulação do Clima)
Regulação do clima	Influência do uso da terra e de processos mediados biologicamente sobre o clima	Manutenção de clima favorável (temperatura, precipitação, etc.) para , por exemplo, cultivo, habitação e saúde humanas

(continua)

**Tabela 4 - Funções, bens e serviços de ecossistemas naturais e seminaturais (Parte 2 de 3)**

<b>Função Ecosistêmica</b>	<b>Processos e componentes dos ecossistemas</b>	<b>Exemplos de Serviços Ecosistêmicos</b>
<i>Funções de Regulação (continuação)</i>	<i>Manutenção de processos e sistemas ecológicos essenciais de suporte à vida</i>	
Prevenção de distúrbios	Influência da estrutura dos ecossistemas na redução de distúrbios eventuais	Proteção contra tempestades (por barreiras de corais, p.e.) Prevenção de enchentes (por áreas alagáveis e florestas, p.e.)
Regulação de água	Papel do uso do solo na regulação de escoamento superficial ( <i>runoff</i> ) e transbordamento de rios	Drenagem e irrigação naturais Meio para transporte
Provisão de água	Filtragem, retenção e armazenamento de água limpa (p.e., aquíferos)	Provisão de água para consumo (para beber, irrigação e processos industriais)
Retenção de solo	Papel da matriz radicular da vegetação e da biota do solo na retenção do solo	Manutenção de áreas aráveis Prevenção de danos por erosão / assoreamento
Formação de solo	Desgaste de rochas e acúmulo de matéria orgânica	Manutenção da produtividade em terras aráveis Manutenção de solos naturais produtivos
Regulação de nutrientes	Papel da biota no armazenamento e (re)ciclagem de nutrientes (N, P e S, por exemplo)	Manutenção de solo saudáveis e ecossistemas produtivos
Tratamento de resíduos	Papel da vegetação e da biota na remoção ou decomposição de nutrientes polixênicos	Controle de poluição / desintoxicação Filtragem de partículas de poeira Redução da poluição sonora
Polinização	Papel da biota no movimento de gametas florais	Polinização de espécies de plantas selvagens Polinização de lavouras
Controle biológico	Controle de populações por meio de relações tróficas dinâmicas	Controle de pestes e doenças Redução de herbívoros (danos às lavouras)
<i>Funções de Habitat</i>	<i>Provisão de habitats para espécies de plantas e animais selvagens</i>	
Função de Refúgio	Espaço adequado para a vida de animais e plantas	Manutenção de espécies comercialmente exploradas
Função de Berçário	Habitats de reprodução adequados	Caça, pesca, coleta de frutas, etc. Agricultura e aquicultura de subsistência
<i>Funções de produção</i>	<i>Provisão de recursos naturais</i>	
Alimentos	Conversão de energia solar em plantas e animais comestíveis	Construção e indústria (madeira, couro, etc.) Combustível e energia (lenha, matéria orgânica, etc.) Forragem e fertilizantes (krill, folhas, ninhadas, etc.)
Matérias-primas	Conversão de energia solar em biomassa para construção e outros usos humanos	Aumento da resistência das lavouras a patogênicos e pestes Outras aplicações (cuidados com a saúde, por exemplo)
Recursos genéticos	Material genético e evolução de plantas e animais selvagens	Drogas e farmacêuticos Modelos químicos e ferramentas Organismos de teste e ensaio

*(continua)*

**Tabela 4 - Funções, bens e serviços de ecossistemas naturais e seminaturais (Parte 3 de 3)**

Função Ecosistêmica	Processos e componentes dos ecossistemas	Exemplos de Serviços Ecosistêmicos
<i>Funções de produção (continuação)</i>		
	<i>Provisão de recursos naturais</i>	
Recursos medicinais	Variedade de substâncias (bio)químicas em, e outros usos da, biota natural	
Recursos Ornamentais	Variedade da biota em ecossistemas naturais com (potencial) uso ornamental	Recursos para moda, artesanato, joalheria, animais de estimação, culto religioso, decoração e souvenirs (p.e., peles, penas, marfim, orquídeas, borboletas, peixes de aquário, conchas, etc.)
<i>Funções de informação</i>		
	<i>Provisão de oportunidades para o desenvolvimento cognitivo</i>	
Informação estética	Características de paisagens atrativas	Gozo do cenário (vias cênicas, habitação, etc.)
Recreação	Variedade de paisagens com (potencial) uso recreacional	Ecoturismo, esportes em áreas abertas, etc.
Informação cultural e artística	Variedade de feições naturais com valor artístico e cultural	Uso da natureza como pano de fundo em livros, filmes, pinturas, folclore, símbolos nacionais, arquitetura, publicidade, etc.
Informação espiritual e histórica	Variedade de feições naturais com valor espiritual e histórico	Uso da natureza com propósitos espirituais ou históricos (ecossistemas naturais e suas feições como patrimônio imaterial)
Ciência e educação	Variedade na natureza com valor científico e educacional	Uso de sistemas naturais para excursões escolares, etc. Uso da natureza para pesquisa científica

Fonte: de Groot, Wilson e Boumans (2002)

As ligações entre os trabalhos de Costanza et. al. (1997) e de Groot, Wilson e Boumans (2002) ficam claras quando observa-se o grande número de funções, serviços e exemplos em comum, ainda que, por vezes, apareçam em papéis diferentes. Mas o último estudo inovou ao introduzir a divisão dos serviços em categorias de funções ecosistêmicas (regulação, habitat, produção e informação).

A divisão dos serviços em categorias ecosistêmicas é interessante porque o mecanismo foi seguido pelo *Millenium Ecosystem Assessment* (MA) ao criar sua própria classificação, restrita a apenas quatro categorias, classificação esta que teve como um dos objetivos precípuos o de ser de fácil assimilação para o público em geral:

- **Serviços de Provisão:** relacionam-se aos materiais e energia produzidos pelos ecossistemas (alimentos, matérias-primas, recursos medicinais e água);
- **Serviços de Regulação:** regulam a qualidade do ar e do solo e reduzem riscos de erosão e cheias (polinização, sequestro de carbono, controle biológico, prevenção de erosão e manutenção da fertilidade do solo,

tratamento de águas servidas, moderação de eventos climáticos extremos, regulação do clima e da qualidade do ar);

- **Serviços de Suporte:** formam a base de todos os outros; proveem habitats e mantêm a diversidade de plantas e animais (manutenção da diversidade genética); e

- **Serviços Culturais:** benefícios imateriais advindos do contato com os ecossistemas (turismo, apreciação estética, recreação, saúde física e mental, experiências espirituais).

O grande alcance do MA e a sintetização das categorias de serviços ecossistêmicos fizeram com que os argumentos do trabalho fossem de fácil compreensão, tornando esse sistema ideal para fins educativos (FISCHER, TURNER e MORLING, 2009).

Entretanto, para fins de valoração dos serviços ecossistêmicos ofertados ela não é suficiente, porque, como já mencionado, perde-se a distinção entre funções e serviços, necessária para evitar contagem em duplicidade dos benefícios por ele gerados.

Nesse caso, se os serviços de suporte “formam a base para todos os demais” (o que seria considerado uma *função ecossistêmica* pelas classificações de Costanza et al. (1997) e de de Groot, Wilson e Boumans (2002)), os benefícios deles oriundos seriam novamente considerados quando da apuração de outros benefícios.

Por exemplo, a descoberta de um princípio ativo para uso em tratamento fitoterápico poderia ser contabilizada tanto a partir da manutenção da biodiversidade genética (serviço de suporte) quanto a partir da extração de recursos medicinais (serviço de provisão).

Por essa razão, Jansson (2013), Fischer, Turner e Morling (2009) e Boyd e Banzhaf (2007) advogam que a forma de classificar os serviços ecossistêmicos deve ser adequada aos fins da pesquisa a que se prestam, ainda que, com isso, reduza-se a possibilidade de realizar comparações diretas entre diferentes estudos.

Além da taxonomia por tipo e grupos funcionais (regulação, transporte, habitat, produção, informação, culturais, etc.) já descrita, os serviços ecossistêmicos podem ser também classificados de diversas outras formas.

O MA (2005), por exemplo, sugere ainda a adoção de **grupos organizacionais** (serviços associados a determinadas espécies, que regulam algum insumo exógeno ou que relacionam-se a entidades bióticas) e **grupos**

**descritivos** (recursos naturais renováveis e não renováveis, estruturas físicas, serviços bióticos, biogeoquímicos, de informação, sociais e culturais).

**Tabela 5 - Principais ecossistemas e serviços por eles providos**

Serviço Ecológico	Ecossistema									
	Cultivado	Cerrado	Floresta	Urbano	Corpos hídricos	Costeiro	Marinho	Polar	Montanha	Insular
Água limpa			X		X	X		X	X	
Alimentos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Madeira, combustível e fibra	X		X			X				
Novos produtos	X	X	X		X		X			
Regulação da biodiversidade	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ciclagem de nutrientes	X	X	X		X	X	X			
Qualidade do ar e clima	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Saúde humana		X	X	X	X	X				
Desintoxicação		X	X	X	X	X	X			
Regulação de riscos naturais			X		X	X			X	
Cultura e amenidades	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: BANCO MUNDIAL (2004)

O Banco Mundial, em *paper* publicado em 2004, identificou os serviços ecossistêmicos vinculando-os ao **ecossistema de origem**, como demonstrado na Tabela 5.

O projeto *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB, 2010) traça uma linha divisória auxiliar entre os serviços ecossistêmicos **mercantilizáveis**, quais sejam, aqueles aos quais se pode facilmente atribuir preço (e não apenas valor), e que, por isso, são usual e livremente

comercializados – madeira, alimentos, água potável, etc., daqueles **não mercantilizáveis** (ar limpo, polinização, redução de ruídos, etc.).

Fisher, Turner e Morling (2009) dedicaram-se intensamente à questão da forma de classificar os serviços ecosistêmicos versus os usos a serem dados à classificação, e construíram algumas recomendações.

Para fins de avaliação custo-benefício no processo decisório ambiental, recomendam discernir os serviços ecosistêmicos de acordo com **estágios que ocupam na produção de benefícios** aos humanos, dividindo-os entre intermediários, finais e benefícios. Novamente, a ideia central é evitar a dupla contagem de serviços que poderia decorrer da aplicação da taxonomia proposta pelo MA (2005), citando-se como exemplo (p. 649):

[...] aplicando-se a classificação do MA, a ciclagem de nutrientes é um serviço de suporte, o fluxo de água é um serviço de regulação e a recreação é um serviço cultural. Entretanto, se um tomador de decisão contemplando a conversão de uma área pantanosa utilizasse uma análise custo-benefício incluindo esses três serviços, cometeria o erro da dupla [tripla] contagem. Isso porque tanto a ciclagem de nutrientes quanto o fluxo de água auxiliam na produção do mesmo serviço a ser avaliado – a provisão de água limpa, e o serviço de recreação listado pelo MA é, na verdade apenas o benefício humano dessa disponibilidade de água.

Hansen e Pauleit (2014) defenderam ponto semelhante, mas, neste caso, os serviços ecosistêmicos seriam divididos apenas entre intermediários e finais.

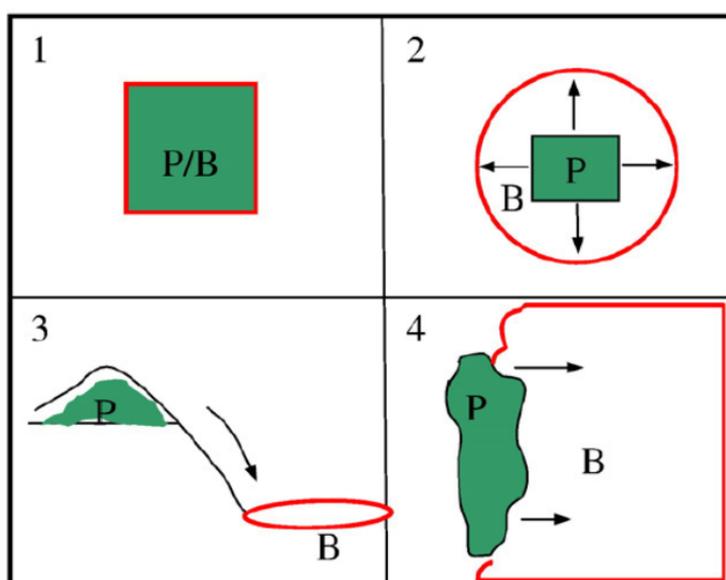
Em ambos os trabalhos, recomenda-se que seja contabilizada apenas a última ponta avaliada (benefícios ou serviços finais, respectivamente).

Bolund e Hunhammar (2009) apontam para as diferentes **coberturas espaciais** dos serviços ecosistêmicos, que podem estar disponíveis local, regional ou globalmente, bem como para a **viabilidade de transferência** ou não, seja por meios naturais, seja com intermédio humano, dos serviços de seu local de produção para seu local de consumo. Por exemplo, alimentos podem ser cultivados e transportados a qualquer ponto do planeta, enquanto a regulação do microclima provida pela vegetação só influencia a própria área onde se encontra.

Também esse último aspecto é abordado por Fisher, Turner e Morling (2009). A **relação geográfico-espacial** contida entre as áreas de produção e consumo dos serviços ecosistêmicos foi reconhecida por esses autores como apropriada aos fins de planejamento territorial, circunstância na qual o contexto decisório passa a ser o de como gerenciar a paisagem de forma a garantir a adequada provisão desses serviços em diferentes escalas. Esse regime de classificação poderia incluir categorias tais como:

- *in situ*: engloba os serviços que são produzidos e consumidos no mesmo local (de forma semelhante aos serviços “não transferíveis”, proposta por Bolund e Hunhammar, 2009);
- omnidirecionais: aqueles serviços que beneficiam as cercanias de sua área de produção sem nenhum viés direcional (regulação do microclima, por exemplo); e
- direcionais: onde o serviço produz benefícios para uma área específica devido à direção de seu fluxo (tal como proteção contra enchentes).

A representação gráfica das categorias indicadas acima pode ser vislumbrada na Figura 12.



**Figura 12 – Possíveis relações espaciais entre áreas produtoras (P) e áreas beneficiárias (B) dos serviços ecossistêmicos**

Fonte: Fisher, Turner e Morling, 2009.

Observando a Figura 3, tem-se que, no painel 1, tanto a provisão quanto o usufruto dos serviços ocorrem no mesmo local (por exemplo, formação de solo, extração de matérias-primas). No painel 2, o serviço é produzido de forma omnidirecional e beneficia todo o entorno (polinização, sequestro de carbono). Os painéis 3 e 4 demonstram serviços que têm benefícios diretos direcionais. No painel 3, unidades a em partes mais baixas do terreno beneficiam-se de serviços produzidos nas áreas mais elevadas, como por exemplo, no caso de regulação do fluxo de água provida por encostas florestadas. No painel 4, o serviço usado de exemplo a proteção contra tempestades e enchentes ao litoral pode ser provida por pântanos costeiros.

Para os autores, essa forma de classificação pode indicar ao planejador onde concentrar esforços, bem como mapear os casos em que seria possível que os beneficiários compensassem os provedores de serviços ecossistêmicos, de forma a cobrir os custos de oportunidade em que estes últimos poderiam incorrer para manter a produção dos serviços estável.

O último modo de classificação de serviços ecossistêmicos proposto por Fisher, Turner e Morling (2009) aplica o conceito econômico de **externalidade** à avaliação e ao atendimento dos níveis de bem-estar de uma população. Externalidades, positivas ou negativas, ocorrem quando o ato de um agente econômico leva a ganhos ou perdas a outro agente econômico sem a respectiva remuneração ou indenização. Nesse modelo, a classificação dos serviços dar-se-ia entre “necessidades básicas”, “proteção contra predadores, doenças e parasitas”, “ambiente física e quimicamente benigno” e “satisfação sociocultural”, e seu propósito seria informar os tomadores de decisão até que ponto as necessidades da população estariam sendo atendidas pelos ecossistemas e serviços derivados de uma determinada região.

Obviamente, se a contabilização dos serviços ecossistêmicos tem objetivos múltiplos, diferentes sistemas de classificação poderiam ser utilizados simultaneamente.

Em resumo, dado que o campo de estudos dos serviços ecossistêmicos ainda encontra-se em consolidação, não há, ainda, um sistema de classificação padronizado. Contudo, independentemente do sistema utilizado, é importante que este seja (1) adequado ao objeto de estudo, e (2) que possua informações suficientes para possibilitar a quantificação dos benefícios derivados dos serviços ecossistêmicos avaliados e seus impactos – financeiros, de saúde, culturais, etc. – sobre o bem-estar humano. São esses benefícios e impactos que formam a base da identificação do valor dos serviços ecossistêmicos a eles associados.

Para os fins deste trabalho, como visto na seção 4 (Impactos do Arco Metropolitano), a identificação dos serviços ecossistêmicos mais relevantes para a área de estudo foi feita a partir de uma combinação das classificações propostas por Costanza et al. (1997), de caráter mais geral, e por Gómez-Baggethun e Barton (2013), mais voltada aos serviços ecossistêmicos urbanos.

A Avaliação dos Serviços Ecosistêmicos na Área do PDAM, mote do Capítulo 6, foi realizada sobre os níveis relativos de consumo e potencial de provisão dos serviços de fluxo de água [limpa], sequestro de carbono, mitigação de riscos ambientais e ecoturismo.

## 3.2

### **Ecosistemas Urbanos e Serviços Ecosistêmicos Urbanos**

Como visto nas seções anteriores, os serviços ecosistêmicos são essenciais para o bem-estar humano, processos produtivos e estabilidade climática. Tais serviços são fundamentais para as cidades, lares da maior parte da população mundial.

O paradoxo da vida nas cidades, segundo o TEEB (2013), é que enquanto sua existência parece representar um meio eficiente de alocar as pessoas – cerca de 50% da população ocupam apenas 2% da superfície do planeta, na realidade seu impacto sobre os recursos naturais é igualmente desproporcional – o consumo de energia em áreas urbanas representa 67% do total, enquanto nas cidades são emitidos 70% dos gases de efeito estufa.

Por essa razão, a relação das cidades com os três pilares do desenvolvimento sustentável – social, econômico e ambiental – é bastante distinta, como pode ser resumido na Figura 13.

Ainda assim, muitas áreas urbanas são habitat para diversas espécies, e possuem áreas protegidas que contribuem enormemente para a biodiversidade.

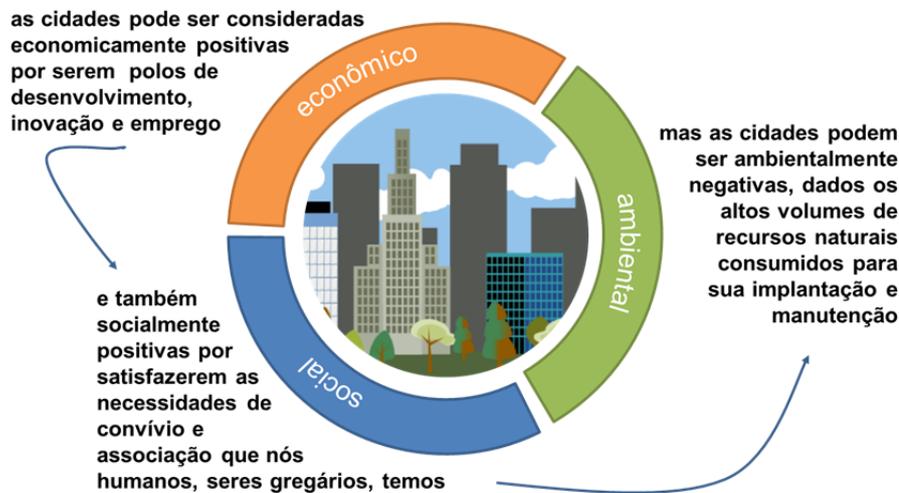
Alguns pesquisadores, inclusive, tratam do conceito de “biodiversidade urbana”, que seria a variedade e riqueza de organismos vivos e a diversidade de habitats encontrados dentro e no entorno das cidades (CBD, 2013).

Ou seja, embora por vezes o senso comum pareça indicar que apenas áreas naturais ou intocadas pelo homem sejam capazes de prover tais serviços, “é possível haver riqueza de biodiversidade nas cidades” (CBD, 2013), e, com ela, a produção dos serviços ecosistêmicos.

Por exemplo, “áreas residuais ou não ocupadas [nas cidades] dão importante suporte aos processos ecológicos e hidrológicos. Elas [...] têm uma dinâmica natural própria e contribuem para a sustentabilidade da paisagem” (HERZOG, 2013).

Reconhecer que as cidades podem ter papel positivo na conservação do meio ambiente é importante porque essas, mais do que locais de trocas econômicas, são sistemas socioecológicos, catalizadores de relações humanas, cultura e inovação. Com o planejamento apropriado, as cidades podem reter componentes substanciais de biodiversidade, aumentar a funcionalidade ecológica e maximizar os serviços ecosistêmicos oferecidos (CBD, 2013; URBES, 2013).

## Considerando os pilares do Desenvolvimento Sustentável...



**Figura 13 - Cidades e Desenvolvimento Sustentável**

Fonte: Elaborada pela Autora, com imagem de morguefile.com

Diversos estudos (BANCO MUNDIAL, 2014; CBD, 2013; GÓMEZ-BAGGETHUN e BARTON, 2013; TEEB, 2013; URBES, 2013; BOLUND E HUNHAMMAR, 2009; ANDERSSON, 2006; COSTANZA et al., 1997; e outros) abordam a existência de serviços ecossistêmicos urbanos, isto é, produzidos no próprio espaço das cidades.

Dentre os serviços ecossistêmicos urbanos, mais extensamente descritos na Tabela 6, encontram-se a regulação do microclima pelas árvores dos passeios, a permeabilidade dos jardins e a provisão de habitats para espécies da fauna e da flora.

Muitos desses serviços, inclusive, precisam ser gerados urbanamente, seja porque dessa forma podem ser acessados por maior número de habitantes das cidades, como é o caso dos encontros com a natureza promovidos pelos parques urbanos (Andersson et al., 2014), seja porque, como visto na seção “Classificação de Serviços Ecosistêmicos”, têm impacto apenas local, caso da redução de ruído, absorção de poluentes e proteção contra marés.

Gómez-Baggethun e Barton (2013) compilaram uma série de estudos de valoração dos serviços ecossistêmicos urbanos, que demonstram, uma vez mais, a importância de reforçar o papel da natureza nas cidades (Tabela 7).

**Tabela 6 - Classificação de importantes serviços ecossistêmicos em áreas urbanas e funções e componentes ecossistêmicos subjacentes**

<b>Funções e Componentes</b>	<b>Serviço Ecossistêmico</b>	<b>Exemplos</b>	<b>Exemplos de indicadores e aproximações</b>
Conversão de energia em plantas comestíveis por meio de fotossíntese	Suprimento de alimentos	Vegetais produzidos em lotes urbanos e áreas periurbanas	Produção de alimentos (t/ano)
Percolação e regulação de <i>runoff</i> e vazões de rios	Regulação do fluxo de água e mitigação de <i>runoff</i>	Solo e vegetação percolam água durante chuvas fortes e/ou prolongadas	Capacidade de filtração do solo; % de superfícies impermeabilizadas (há)
Fotossíntese, sombreamento e evapotranspiração	Regulação da temperatura urbana	Árvores e outras formas de vegetação urbanas fornecem sombra, criam umidade e bloqueiam o vento	"Índice de Área de Folhas"; decréscimo de temperatura por área de cobertura vegetal em relação à área do lote (°C)
Absorção de ondas sonoras por vegetação e água	Redução de ruídos	Absorção de ondas sonoras por barreiras de vegetação, especialmente vegetação densa	Área de folha (m <sup>2</sup> ) e distância até rodovias (m); redução de ruído (dB)/unidade de vegetação (m)
Filtragem e fixação de gases e material particulado	Purificação do ar	Remoção e fixação de poluentes pela vegetação urbana em folhas, galhos e raízes	Remoção de O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO e PM10 μm (t/ano) multiplicada pela cobertura vegetal (m <sup>2</sup> )
Barreira física e absorção de energia cinética	Moderação de eventos climáticos extremos	Amortecimento de tempestades, inundações e marés por barreiras vegetais; absorção de calor durante ondas de calor severas	Densidade da cobertura de barreiras vegetais separando áreas edificadas do mar
Remoção ou decomposição de nutrientes polixênicos	Tratamento de resíduos	Filtragem de efluentes e fixação de nutrientes em áreas úmidas urbanas	P, K, Mg e Ca (em mg/kg) comparados a qualquer padrão de qualidade de água ou solo
Sequestro e fixação de carbono via fotossíntese	Regulação do clima	Sequestro e armazenamento de carbono pela biomassa de árvores e arbustos urbanos	Sequestro de CO <sub>2</sub> pelas árvores (carbono multiplicado por 3,67 para conversão em CO <sub>2</sub> )
Movimentação de gametas florais pela biota	Polinização e dispersão de sementes	Ecossistemas urbanos fornecem habitat para pássaros, insetos e polinizadores	Diversidade de espécies e abundância de pássaros e abelhas
Ecossistemas com valor de recreação e educação	Recreação e desenvolvimento cognitivo	Parques urbanos proveem múltiplas oportunidades para recreação, meditação e pedagogia	Superfícies de áreas verdes urbanas por habitante (ou milhar de habitantes)
Provisão de habitat para espécies de animais	Observação de animais	Espaços verdes urbanos fornecem habitat para pássaros e outros animais que as pessoas gostam de observar	Abundância de pássaros, borboletas e outros animais valorizados por seus atributos estéticos

Fonte: Adaptada pela Autora, a partir de GÓMEZ-BAGGETHUN e BARTON (2013)

**Tabela 7 - Exemplos de valoração econômica de serviços ecosistêmicos urbanos (exemplos de estudos empíricos conduzidos na Europa, nos EUA e na China) (Parte 1 de 2)**

Serviço Ecosistêmico	Cidade	Infraestrutura ecológica	Contas biofísicas	Valoração econômica	Referência
	Barcelona, Espanha	Floresta urbana	305,6 ton/ano	€ 1.115.908	Chaparro e Terradas (2009)
	Chicago, EUA	Floresta urbana	5.500 ton/ano	US\$ 9 milhões	McPherson et al. (1997)
	Washington, EUA	Floresta urbana	540 t/ano 0,12 t/ano/habitante	-	Novak e Crane (1999)
Purificação do ar	Modesto, EUA	Floresta urbana	154 t/ano 3,7 lb/árvore	US\$ 1,48 milhão US\$ 16/árvore	McPherson et al. (1997)
	Sacramento, EUA	Floresta urbana	189 t/ano	US\$ 28,7 milhões US\$ 1.500/ha	Scott et al. (1998)
	Lanzhou, China	Vegetação urbana	28.890 t pm/ano 0,17 t pm/ha/ano 1,8 milhão tSO <sub>2</sub> /ano 10,9 t SO <sub>2</sub> /hab/ano	US\$ 102 US\$ 6,3/ha -	Jim e Chen (2009)
	Beijing, China	Floresta urbana	2.192 t SO <sub>2</sub> /ano 1.518 t pm/ano 132 t SO <sub>2</sub> /ahb/ano	US\$ 4,7 milhões US\$ 283/ha -	Jim e Chen (2009) Elmqvist et al. (não publicado)
Regulação do microclima	Chicago, EUA	Árvores urbanas	Economia de 2,1GJ/árvore para aquecimento Economia de 0,48 GJ/árvore para resfriamento	US\$ 10/árvore US\$ 15/árvore	McPherson et al. (1997) McPherson (1992)
	Modesto, EUA	Árvores de ruas e parques	Economia de 110.133 Mbtu/ano	US\$ 870.000 122kWh/árvore (US\$ 10/árvore)	McPherson et al. (1999)
	Sacramento, EUA	Vegetação urbana	Economia de 9,8 MW/hab/ano	US\$ 1.774/ha/ano	Simpson (1998)
	Beijing, China	Floresta urbana	1,4 KWh/hab/dia	US\$ 12,3 milhões US\$ 1.252/ha/ano	Jim e Chen (2009)
Sequestro de carbono	Barcelona, Espanha	Floresta urbana	113.437 t (brutas) 5,422 t (líquidas)	-	Chaparro e Terradas (2009)
	Modesto, EUA	Floresta urbana	13.900 t ou 336lb/árvore	US\$ 460.000 ou US\$ 5/árvore	McPherson et al. (1999)
	Washington DC, EUA	Floresta urbana	16.200 t 3.500 t/hab/ano	US\$ 299.000/ano US\$ 653/ha;ano	Elmqvist et al. (não publicado)

(continua)

**Tabela 7 - Exemplos de valoração econômica de serviços ecossistêmicos urbanos (exemplos de estudos empíricos conduzidos na Europa, nos EUA e na China) (Parte 2 de 2)**

Serviço Ecosistêmico	Cidade	Infraestrutura ecológica	Contas biofísicas	Valoração econômica	Referência
Sequestro de carbono (continuação)	Filadélfia, EUA	Floresta urbana	530.000 t (brutas) 96 t/hab/ano 16.100 t (líquidas) 2.9 t/hab/ano	US\$ 9,8 milhões (brutos) US\$ 297.000 (líquidos)	Novak et al. (2007)
	Beijing, China	Floresta urbana	4.200.000 t 256 t/ha/ano	US\$ 20.827/hab/ano	Jim e Chen (2009)
Regulação dos fluxos de água	Modesto, EUA	Floresta urbana	Runoff reduzido em 292.000 m³, equivalentes a 845 galões/árvore	US\$ 616.000 ou US\$ 7/árvore	McPherson et al. (1999)
	Sacramento, EUA	Floresta urbana	Chuvas anuais reduzidas em 10%	US\$ 572/ha	Xiao et al. (1998)
Informação estética	Modesto, EUA	Floresta urbana	88.235 árvores	US\$ 1,5 milhão (US\$ 17/árvore)	McPherson et al. (1999)
	Guangzou, China	Área verde urbana	7.360ha	US\$ 17.822/ha/ano	Jim e Chen (2009)

Fonte: Adaptada pela Autora, a partir de GÓMEZ-BAGGETHUN e BARTON (2013)

Apesar do significativo valor atribuído aos serviços ecossistêmicos urbanos, Bolund e Hunhammar (2009) pontuam que alguns dos processos ecossistêmicos que ocorrem nas cidades podem ser prejudiciais a seus habitantes e à infraestrutura, constituindo “desserviços ecossistêmicos” (Tabela 8). Obviamente, tal alerta não subsidia nem justifica ações que agridam ou degradem o meio ambiente, apenas sinaliza que os desserviços ecossistêmicos devem ser incluídos na discussão.

A lição a se levar desses estudos é a de que, com incentivos e manejo adequados, as cidades podem se tornar produtoras de grande parte dos serviços ecossistêmicos necessários à sua continuidade e à qualidade de vida de seus habitantes (CBD, 2013).

Entretanto, argumenta Andersson (2006), “a capacidade de uma cidade de prover esses serviços depende da configuração de seus ecossistemas, e não pode ser considerada garantida”.

Essa observação traz à baila outro conceito interessante, o dos “ecossistemas urbanos”, que podem ser definidos como “aqueles onde a infraestrutura construída cobre uma ampla proporção da superfície do solo, ou onde as pessoas vivem em altas densidades” (PICKETT et al., 2001, apud GÓMEZ-BAGGETHUN e BARTON, 2013, p. 177). Dito de outra forma, os ecossistemas urbanos são as comunidades de plantas e animais inseridos nas cidades. Ou seja, os ecossistemas urbanos são compostos dos mesmos

elementos dos ecossistemas naturais, mas diferem destes na medida em que são também compostos de, e interagem com, elementos construídos pelo homem.

**Tabela 8 - Classificação de importantes desserviços ecossistêmicos em áreas urbanas e funções e componentes ecossistêmicos subjacentes**

<b>Funções e Componentes</b>	<b>Desserviço Ecossistêmico</b>	<b>Exemplos</b>	<b>Exemplos de indicadores e aproximações</b>
Fotossíntese	Problemas com a qualidade do ar	Espécies de árvores e arbustos urbanos emitem compostos orgânicos voláteis (VOC)	Emissão de VCO(t/ano) / unidades de vegetação
Crescimento de vegetação por fixação de biomassa	Bloqueio de vistas panorâmicas	Bloqueio de vistas em edifícios por árvores próximas	Número de árvores altas próximas a edifícios
Movimento de gametas florais	Alergias	Plantas polinizadas pelo vento causam reações alérgicas	Alergenicidade (segundo ranking da OPALS, por exemplo)
Envelhecimento da vegetação	Acidentes	Queda de galhos sobre rodovias	Número de árvores envelhecidas
Desenvolvimento de vegetação densa	Medo e estresse	Áreas verdes escuras são percebidas como inseguras à noite	Superfície de parques não iluminados
Fixação de biomassa nas raízes; decomposição	Danos à infraestrutura	Ruptura de pavimentos por raízes de árvores; atividade microbológica	Pavimentos afetados (m <sup>2</sup> ); lenha (m <sup>3</sup> )
Provisão de habitat para espécies animais	Competição por habitat com os humanos	Animais e insetos percebidos como assustadores, desagradáveis, nojentos	Abundância de insetos, roedores, etc.

Fonte: Adaptada pela Autora, a partir de GÓMEZ-BAGGETHUN e BARTON (2013)

Bolund e Hunhammar (2009) identificaram sete ecossistemas contidos nas cidades, que, segundo os autores, poderiam ser chamados de “naturais, ainda que quase todas as áreas nas cidades sejam manipuladas e geridas pelo homem” (p. 294). São eles: arborização nas ruas, gramados e parques, florestas urbanas, áreas cultivadas, áreas pantanosas, lagos e mar, e cursos d’água. De acordo com os autores, essas categorias seriam suficientes para classificar a maior parte dos ecossistemas urbanos e seus componentes, ainda que outras áreas nas cidades, como lixões e lotes abandonados possam também conter populações significativas de plantas e animais.

Adler e Tanner (2015) sugeriram uma classificação um pouco diversa, e mais reduzida, mas que ao mesmo tempo engloba as parcelas não consideradas no sistema anterior. Para estes autores, os ecossistemas urbanos compreendem quatro diferentes habitats: construídos (muros, construções, áreas pavimentadas, etc.), de resíduos (aterros e lotes abandonados), verdes (parques, jardins, campos de jogo, cemitérios, etc.) e aquáticos (charcos, reservatórios, cursos d’água, etc.).

Independentemente de como os ecossistemas urbanos são divididos, o mais importante, para Adler e Tanner (2015), é a compreensão de que neles os ciclos ecológicos são profundamente alterados:

Todas as cidades importam quantidade imensa de energia química sob a forma de combustíveis fósseis. Os moradores urbanos usam essa energia para viver e para deslocar água, nutrientes e materiais a grandes distâncias. Os motores de combustão interna e as superfícies pavimentadas alteram a temperatura e a umidade, e os particulados podem semear nuvens e alterar os padrões de precipitação (p. 36).

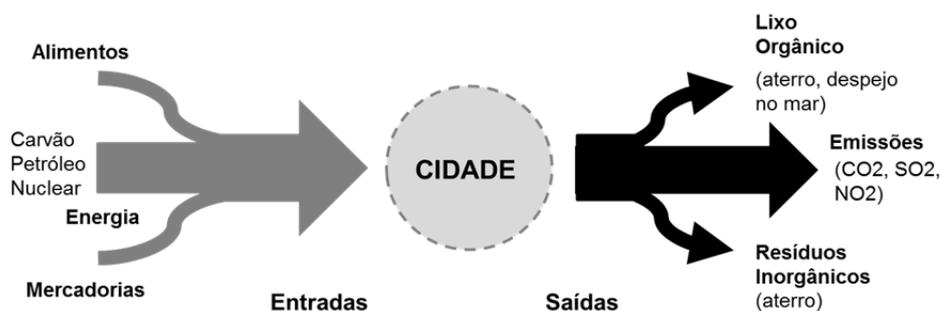
O fato de que as cidades recebem “nutrientes” sob a forma de energia, os processam e desse processamento sobram resíduos que precisam ser expelidos para garantir sua subsistência (numa cadeia de eventos denominada metabolismo urbano) permite que as áreas urbanas também possam, em si, ser consideradas um ecossistema (ADLER e TANNER, 2015; ROGERS e GUMUCHDJIAN, 2013; BOLUND e HUNHAMMAR, 2009).

Essa visão é reforçada por Jansson (2013) e Gómez-Baggethun et al. (2013), em suas defesas de que é preciso ampliar o foco da “ecologia nas cidades”, representada pelas preocupações com eficiência energética dos edifícios, logística sustentável e provisão de áreas verdes a seus habitantes, para abarcar também a “ecologia das cidades”.

O que difere os ecossistemas urbanos dos demais, além do grau de alteração, é o volume de reciclagem de energia, água, nutrientes, materiais e espécies. Enquanto nos ecossistemas naturais existe alta reciclagem, nos urbanos essas taxas costumam ser muito mais baixas; e quanto menor a reciclagem, mais modificados resultam os habitats (ADLER e TANNER, 2015).

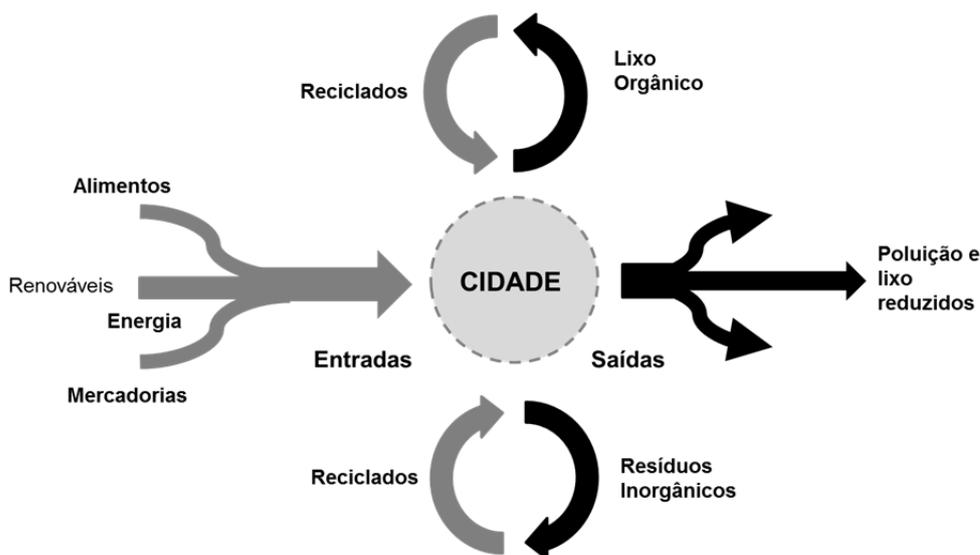
Rogers e Gumuchdjian (2013) também abordaram esta questão. Para eles, uma das chaves para o planejamento de cidades mais sustentáveis é aumentar a reciclagem dos insumos nelas utilizados nas cidades, de modo a incentivar a conversão da forma do metabolismo urbano de linear (ou seja, com alto grau de consumo e poluição; Figura 14) para circular (que minimiza novas entradas de energia e maximiza a reciclagem; Figura 15).

Uma das maneiras de fomentar essa mudança é aumentar a produção dos serviços ecossistêmicos urbanos, seja por meio de mudanças no planejamento das cidades que objetivem interconectar os espaços verdes já existentes (ANDERSSON et al., 2014; CBD, 2013), seja pela implantação de estratégias de infraestrutura verde (GÓMEZ-BAGGETHUN et al., 2013), seja pela adoção de incentivos de mercado (BANCO MUNDIAL, 2014; TEEB, 2013).



**Figura 14 – Metabolismo urbano linear**

Fonte: Rogers e Gumuchdjan (2013)



**Figura 15 – Metabolismo urbano circular**

Fonte: Rogers e Gumuchdjan (2013)

Ainda assim, é importante considerar que as cidades são, e continuarão sendo, por melhor que seja administrada sua relação com a natureza, grandes consumidoras de serviços ecosistêmicos produzidos em outras áreas (CBD, 2013; GÓMEZ-BAGGETHUN e BARTON, 2013; TEEB, 2013).

Os processos de globalização tornaram fácil o deslocamento de grandes quantidades de energia e materiais pelo planeta (CBD, 2013), reforçando a dependência de todas as formas de assentamentos humanos do capital natural disponível apenas de forma remota (TEEB, 2013).

Negligenciar os vínculos entre o urbano e o rural, portanto, pode resultar em que importantes mecanismos de informação e resposta [acerca dos níveis de produção e consumo dos serviços ecosistêmicos] permaneçam invisíveis, levando a políticas e ações equivocadas com graves consequências para a sustentabilidade global (HAASE, FRANTZESKAKI E ELMQVIST, 2014).

Uma das ferramentas disponíveis para analisar a complexa interação entre os meios urbanos e rurais segue o conceito de pegada ecológica (CBD, 2013), que, como visto, envolve avaliar que medida de terra é necessária para manter os habitantes das cidades abastecidos de alimentos, materiais e energia. E mesmo que a pegada por indivíduo costuma ser menor na cidade que em áreas não urbanas (ADLER e TANNER, 2015), deve-se manter em mente que as áreas urbanas usualmente têm pegadas ecológicas que se estendem por superfícies imensas.

As cidades estão sujeitas a fortes influências humanas, e as decisões acerca de seu planejamento e administração têm profundas implicações para as funções e serviços ecossistêmicos (ANDERSSON, 2006).

Dessa forma, demonstrar o valor dos serviços ecossistêmicos providos pelas áreas rurais e que beneficiam as cidades pode ajudar os tomadores de decisão a fomentar um uso mais eficiente do capital natural (TEEB, 2013), inclusive no que tange ao planejamento, implantação e manutenção de áreas protegidas e ao estabelecimento de mecanismos de compensação aos produtores dos serviços (BANCO MUNDIAL, 2004).

Em resumo, as cidades são constantemente consideradas ambientes ecologicamente desinteressantes, mas áreas urbanas podem ser muito ricas em biodiversidade. Além disso, ainda que sejam capazes de prover apenas uma parte dos serviços ecossistêmicos nelas consumidos, as cidades representam arenas chave para o aprendizado de como os humanos convivem com a natureza, e do que é necessário para o manejo sustentável dos ecossistemas (ANDERSSON et al., 2014).

Diante do exposto, tem-se que conservar e restaurar os serviços ecossistêmicos em áreas urbanas (GÓMEZ-BAGGETHUN et al., 2013), e reduzir os insumos consumidos e dejetos produzidos pelas cidades, encolhendo a área impactada por elas (ROGERS e GUMUCHDJIAN, 2013) são passos importantes para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e torná-las mais justas, saudáveis e resilientes.

As análises contidas no Capítulo 6 indicam as regiões, dentro da área de estudo e em seu entorno próximo, que mais consomem serviços ecossistêmicos, e que mais têm potencial para provê-los. Especificamente no caso da água, são apontadas também as áreas em que há maiores chances de contaminação e taxas mais elevadas de escoamento superficial.

Assim, a partir desses resultados, é possível apontar onde intervenções visando a recuperação dos ecossistemas urbanos são mais necessárias e onde haveria maiores ganhos com a aplicação de medidas para conservá-los.

## 4

### Cidades e Serviços Ecológicos

*A new definition of urban sustainable development we support is, “a form of development that fosters adaptive and transformative capabilities, and creates opportunities to maintain equitable, long-term prosperity and well-being in complex and interlinked social, economic, and ecological systems”*

Maria Schewenius, Timon McPhearson e Thomas Elmqvist, 2014

#### 4.1

#### Urbanização e Planejamento Urbano em uma era de incertezas climáticas

As cidades sempre foram um polo de atração de pessoas em busca de trabalho e melhores condições de vida, e podem ser pensadas tanto como “aglomerações de espaços contestados que geram um leque de serviços como transporte, habitação, atenção à saúde [...] [e] empregos” (ERNSTSON et al., 2010, p. 531), quanto como locais de criatividade, inovação e aprendizado (p. 19), onde as populações locais definem suas próprias prioridades e estão mais próximas dos processos de mudança que as afetam (CBD, 2013). O que ambas as perspectivas têm em comum é delinear o fato de que nas cidades, dominadas por uma única espécie, os humanos (ANDERSSON, 2006), desenrolam-se processos sociais, culturais, econômicos e políticos que conformam sua identidade.

Assim, a paisagem urbana fornece um espaço para discussão e “fertilização cruzada” das mentes de seus cidadãos e de várias disciplinas, contribuindo para a criação de novas linguagens, conceitos, ferramentas e instituições (HAASE, FRANTZESKAKI e ELMQVIST, 2014).

Segundo relatório da UN HABITAT (2009), muitos fatores impactaram diretamente as áreas urbanas nas últimas décadas, tais como desafios ambientais (mudanças climáticas e seus efeitos sobre a produção de alimentos, acesso à água, saúde humana, etc.), mudanças nas estruturas econômicas mundiais (notadamente a globalização dos fatores de produção), mudanças institucionais (em especial demandas por transparência e governança, para fazer

frente à complexidade crescente de governar em um contexto globalizado), e mudanças na sociedade civil (com os cidadãos cada vez mais conscientes de seus direitos e menos dispostos a aceitar passivamente as decisões de políticos e tecnocratas).

Tais mudanças colocaram as cidades no centro das decisões mundiais, a ponto de Muggah (2015) vaticinar que “nas décadas por vir, serão as cidades, não os estados-nação, que decidirão a estabilidade e o desenvolvimento”.

Atrelado a esse protagonismo está o fato de que parcela cada vez maior da população vive em cidades, e, no caso brasileiro, essa parcela alcançava em 2010 impressionantes 84,4% do total (IBGE, 2013).

Estudos da *Convention on Biological Diversity* (CBD, 2013) indicam que até 2050 cerca de 6,3 bilhões de pessoas viverão em cidades ao redor do mundo, praticamente dobrando a população urbana de 2010. Ainda mais significativo que isso é o fato de que a área urbana deve atingir, até 2030, o dobro daquela ocupada no ano 2000, ou seja, o tamanho das cidades expandir-se-á ainda mais rápido que o da população.

Tal expansão ocorrerá principalmente em países em desenvolvimento, em áreas costeiras e ao redor de pontos de concentração de biodiversidade, e o avanço das cidades sobre reservas de capital natural terá implicações não só para a biodiversidade local, mas também para a global (SCHEWENIUS, MCPHEARSON e ELMQVIST, 2014).

O aumento da população urbana demandará o uso de grandes volumes de recursos naturais. Por exemplo, estima-se que a necessidade de alimentos, energia e água potável aumente em 100%, 80% e 55% respectivamente entre os anos de 2000 e 2050, para atender aos cerca de 70% dos habitantes do planeta que viverão em cidades até lá (CBD, 2013).

Grande parte dessas novas demandas será atendida por áreas localizadas fora das fronteiras das cidades, “às expensas da capacidade de ecossistemas terrestres e marinhos de gerar e manter serviços ecosistêmicos essenciais” (FOLEY et al., 2005, apud ANDERSSON et al., 2014, p. 445).

Resultados do *Millennium Ecosystem Assessment* (2005) demonstram que 60% dos serviços ecosistêmicos globais estão sendo utilizados de forma insustentável, em grande parte devido ao papel que a urbanização exerce sobre a erosão do capital natural (JANSSON, 2013).

O processo de urbanização depende de complexas interações sociais, econômicas e tecnológicas, se manifesta primariamente por meio da criação de paisagens urbanas com padrões diversos de adensamento,

expansão/espalhamento e encolhimento da área ocupada pelas cidades, (HAASE, FRANTZESKAKI e ELMQVIST, 2014) e varia de local para local em função de práticas culturais, densidade da população, condições de topografia, etc., sem que haja modelos uniformes que conformem seu desenrolar. É, entretanto, um fenômeno bastante tangível que influencia o meio natural e altera processos ecológicos, resultando em um ambiente mais heterogêneo, geometricamente mais complexo e ecologicamente mais fragmentado (ANDERSSON, 2006).

A atual onda de urbanização é um fenômeno global multidimensional, com alterações de densidades populacionais e conversões de uso do solo tão rápidas que não se tem o completo entendimento do processo, nem de suas consequências (ERNSTON et al., 2010).

No caso da América Latina, o espalhamento das cidades, e não o aumento populacional, é que será o grande desafio, uma vez que (1) esta já é uma das regiões mais urbanizadas do planeta, e (2) o grande vetor de mudança nessa região é a conversão de áreas agrícolas abandonadas em áreas urbanas (SCHEWENIUS, MCPHEARSON e ELMQVIST, 2014).

A maior parcela da expansão urbana futura ocorrerá em áreas de baixas capacidades econômica e institucional (CBD, 2013), com concentração em assentamentos informais e favelas (UN HABITAT, 2011), ou seja, em locais onde há maior dificuldade de lidar com as consequências das mudanças climáticas e com os déficits já existentes em governança, infraestrutura e equidade socioeconômica.

Sobre este último ponto, de Boer (2015) anota que o *locus* da pobreza mundial está cada vez mais concentrado em estados frágeis e locais de conflito, o que, associado ao ritmo sem precedentes de urbanização que ora se verifica, levará a que as emergências globais estejam cada vez mais concentradas nas cidades, particularmente naquelas de países menos desenvolvidos, onde a ampliação das áreas urbanas se dará de forma mais rápida.

Ao conceito de estados frágeis ou falidos, que podem ser entendidos como aqueles em que a autoridade estatal deixa de cumprir com suas funções básicas, tais como prover segurança e outros bens públicos às suas populações (MONTEIRO, 2007), Muggah (2015) apõe o de cidades frágeis, definidas por ele como locais onde o contrato social que vincula as autoridades municipais e seus cidadãos ruiu, deixando-os à beira da anarquia.

Isso importa porque, como visto no capítulo anterior, não só as populações mais pobres dependem mais dos serviços ecosistêmicos para sua subsistência,

como também estão mais expostos aos riscos e danos trazidos pelas mudanças climáticas.

Ademais, para o autor, um dos principais motores da fragilidade das cidades – e dos altos níveis de violência, ausência de bens públicos e baixa qualidade de vida a ela associados – é a rápida urbanização e a natureza desregulada do crescimento urbano.

Dessa forma, claro fica que, deixado sem controle, o processo de urbanização traz em si ameaças à coesão social e à conservação e perenidade dos recursos naturais, dos serviços ecosistêmicos e, por consequência, até à própria vida humana.

Deve-se ter em conta, porém, que a urbanização não é apenas fonte de riscos. Se administrada corretamente, pode auxiliar no fortalecimento da biodiversidade e da produção de serviço ecosistêmicos (JANSSON, 2013), contribuindo, dessa forma, para o aumento da resiliência (UN HABITAT, 2009).

Ao que o relatório da CBD (2013) acrescenta:

Mais de 60% da área projetada para ser urbana em 2030 ainda precisa ser construída. Isso apresenta oportunidades sem precedentes [tanto] para ampliar vastamente a sustentabilidade global por meio do projeto de sistemas para mais eficiência no uso dos recursos e da água, como para explorar de que forma as cidades podem ser responsáveis pelo manejo da biodiversidade e dos serviços ecosistêmicos dentro e fora do seus limites físicos (p. 19).

Em artigo de 2010, Rosenzweig et al. reconheceram a importância que as cidades têm para os esforços globais de mitigação. Para os autores, o foco da resposta global às mudanças climáticas esteve desde sempre focado nos estados-nação, até então sem que houvesse sucesso na formatação de um acordo abrangente (o que só ocorreu no final de 2015) e na tomada de ação. Em contraste, diversas cidades já haviam estabelecido limites de emissões de gases de efeito estufa e estavam desenvolvendo seus próprios planos de mitigação e adaptação.

As cidades são centros de inovação (CBD, 2013; UN HABITAT, 2011; ERNSTSON et al., 2010; ROSENZWEIG et al, 2010) e espaços férteis em diversidade cultural, social, espaço-temporal, institucional e biológica (HAASE, FRANTZESKAKI e ELMQVIST, 2014). Dentre as razões para esse perfil, segundo Ernstson et al. (2010), é o fato de que, em comparação com as áreas rurais, a população mais concentrada das zonas urbanas interage em processos de mobilização de recursos e em dimensões cognitivas coletivas, levando a que os problemas sejam atacados e solucionados mais rapidamente, o que por sua

vez leva ao reconhecimento de novos problemas e à geração acelerada de conhecimentos por meio de um processo contínuo de retroalimentação.

Devido a essas características as cidades podem funcionar como laboratórios para testar estratégias e estruturas de governança para o manejo dos ecossistemas (ERNSTSON et al., 2010) e a habilidade humana de criar locais que sejam socialmente justos, ecologicamente sustentáveis, economicamente produtivos, politicamente participativos e culturalmente vibrantes (CBD, 2013).

Como a capacidade de inovar também é, em si, um motor de urbanização, o desafio está em apropriar a inovação urbana em prol da sustentabilidade (ERNSTSON et al., 2010).

Toda essa discussão adere-se às questões de planejamento urbano tendo em vista que este trata, basicamente, de disciplinar o uso do solo nas cidades, do que e quanto é permitido construir em tal território. E tais definições têm impacto direto na infraestrutura e energia necessárias para manter a cidade operando, isto é, nos recursos que serão consumidos – e, em última instância, da origem desses recursos.

Segundo Rogers e Gumuchdjan (2013, pp. 78-79) (o grifo não consta do original),

As próprias cidades devem ser vistas como sistemas ecológicos e esta atitude traduz nosso pensamento no planejamento das cidades e no gerenciamento do uso de seus recursos. Os recursos consumidos por uma cidade podem ser medidos em termos de seus “rastros ecológicos” – uma área, espalhada por todo o mundo e muito maior que suas fronteiras físicas, da qual a cidade depende. Estes rastros estão nas áreas que proporcionam os recursos da cidade e fornecem locais para o destino final do lixo e da poluição. [...] À medida que novas cidades consumidoras se expandem, também cresce a competição por esses recursos e crescem essas pegadas. A expansão desses rastros ecológicos urbanos está ocorrendo simultaneamente com a erosão de terras férteis, mares e áreas florestais intocadas. Em função dessa diminuição de reserva, as pegadas ecológicas urbanas devem ser drasticamente reduzidas e circunscritas. (...) **Para atingir esse ponto, devemos planejar cada cidade para administrar o uso dos recursos e para isso precisamos desenvolver uma nova forma de planejamento urbano holístico e abrangente.**

Ou seja, reconhecer, nas decisões de planejamento urbano, que externalidades serão causadas pelo ordenamento territorial constitui um passo importante para promover cidades mais integradas à natureza. A lição a se extrair é a da importância do planejamento territorial como ferramenta para

enfrentar os desafios trazidos pela conjunção do acelerado ritmo de urbanização com os impactos das mudanças climáticas (BANCO MUNDIAL, 2014; CBD, 2013; UN HABITAT, 2011; UN HABITAT, 2009), de modo a fomentar o desenvolvimento sustentável, nos seus três pilares.

A consciência da amplitude dos efeitos climáticos, que durante muito tempo ficou restrita a meios científicos e acadêmicos avança, finalmente, para outros campos. Por exemplo, nos últimos 11 anos, o Fórum Econômico Mundial vem preparando seu Relatório Anual de Riscos Globais. O documento usa como base as percepções de centenas de conceituados especialistas de diferentes áreas e países a respeito dos principais riscos que o mundo enfrenta. Durante muitos anos, as crises econômicas mundiais sucederam-se no primeiro lugar das preocupações dos especialistas. Agora, não mais.

Na edição de 2015 (WEF, 2015), a questão das mudanças climáticas chegou ao primeiro lugar como o mais grave e de maior impacto entre todos os riscos contemplados. A seguir, vieram a proliferação de armas de destruição em massa, os conflitos em razão da escassez de água, e os enormes movimentos migratórios involuntários. Considerando que tanto a redução do acesso à água quanto a migração forçada de populações também podem ter como base os efeitos adversos das alterações no clima, tem-se que, dos quatro maiores riscos para a estabilidade e o desenvolvimento mundiais, três vinculam-se ao meio ambiente e aos ecossistemas.

Segundo relatório do *Millennium Ecosystem Assessment* (2005), os impactos de mudanças adversas nos ecossistemas podem ser classificados em diretos, quando seus efeitos ocorrem nas imediações do ecossistema, ou indiretos. Exemplos do primeiro incluem desde doenças causadas por ingestão de água contaminada após a ocorrência de alterações na capacidade de filtração de manguezais até o aumento no número de insetos decorrente da construção de uma represa.

Já os impactos indiretos recaem sobre o bem-estar humano por meio de redes mais complexas de causas e efeitos, incluindo questões sociais, econômicas e políticas. O exemplo fornecido pelo estudo é o de uma cadeia de eventos que começa com a salinização da água utilizada para irrigação agrícola, que leva à redução na produtividade da área, que afeta a segurança nutricional, o desenvolvimento infantil e a susceptibilidade a doenças infecciosas daqueles que se alimentam dessa produção.

Independentemente da natureza dos efeitos, resta inegável que as mudanças climáticas trazem consigo desafios às cidades e suas populações, como os citados na Tabela 9:

**Tabela 9 - Impactos projetados para as áreas urbanas de mudanças e eventos climáticos extremos**

Fenômeno climático	Probabilidade de ocorrência	Principais impactos projetados
Menos dias e noites frios	Virtualmente certo	Redução da demanda de energia para aquecimento
Dias mais quentes e maior frequência de dias e noites quentes	Virtualmente certo	Elevação da demanda de energia para condicionamento de ar
Temperaturas mais altas	Virtualmente certo	Redução de interrupções no tráfego devido a neve e de prejuízos ao turismo e inverno devido a geadas Alterações no permafrost, danos a edifícios e infraestrutura
Maior frequência de ondas de calor	Muito provável	Redução na qualidade de vida dos habitantes de zonas quentes sem ar condicionado; impactos sobre as populações idosa, muito jovem e pobre, incluindo perda significativa de vidas humanas Aumento no uso de energia para condicionamento de ar
Maior frequência de chuvas fortes e tempestades	Muito provável	Destruição de assentamentos humanos, comércio, transporte e sociedades devido a alagamentos Perda significativa de vidas humanas; perda e danos a propriedades e à infraestrutura Aumento do uso potencial da água de chuva para geração de energia hidrelétrica em muitas áreas
Incremento de áreas sujeitas a secas	Provável	Falta d'água para habitações, indústria e serviços Redução do potencial de geração de energia hidrelétrica
Aumento de ciclones tropicais intensos	Provável	Potencial de migração da população Destruição de assentamentos humanos por inundações e ventanias Interrupção do abastecimento de água Retirada de coberturas de riscos em áreas vulneráveis por seguradoras privadas (ao menos nos países desenvolvidos) Perda significativa de vidas humanas; perda e danos a propriedades e à infraestrutura Potencial para migração da população
Aumento da incidência de elevação extrema do nível do mar (excluindo tsunamis)	Provável	Aumento dos custos de proteção da costa e custos de realocação de usos do solo Redução da disponibilidade de água doce devido a intrusão salina Perda significativa de vidas humanas; perda e danos a propriedades e à infraestrutura Potencial para movimentação de população

Fonte: UN HABITAT (2011)

As mudanças climáticas ameaçam tanto a infraestrutura física de uma cidade – tubulações de água, esgotos e drenagem, edifícios, vias, etc. –, como seus ativos econômicos, como atividades de turismo, comércio e manufatura.

Tais fatores, se danificados, podem elevar os custos ou até mesmo inviabilizar a produção econômica local, acarretando a redução do número de empregos disponíveis, do perfil de renda e dos níveis de bem-estar, o que por sua vez leva a aumento da violência urbana e, eventualmente, à migração da população.

O nível de exposição de uma cidade específica depende do quanto sua população e de seus ativos econômicos estão localizados em áreas de risco e de se há ou não desenvolvimento de novos empreendimentos ou habitações nessas áreas. Onde as áreas urbanas crescem desordenadamente e sem preocupações com as demandas atuais e futuras de recursos naturais e de seus impactos sobre o meio ambiente e o clima, grandes parcelas de seus cidadãos e seus ativos tornam-se vulneráveis a riscos de danos e de ruptura das ordens social e econômica (UN HABITAT, 2011).

Foi estimado que em 2008 cerca de 20 milhões de pessoas foram deslocadas involuntariamente devido a desastres naturais, e a projeção até 2050 é de que outras 200 milhões de pessoas migrem em função de efeitos adversos das mudanças climáticas (UN HABITAT, 2011).

E, como tem sido visto na Europa nos últimos anos, migrações em massa podem levar a conflitos sociais nos países receptores, vez que os imigrantes são constantemente vistos como competidores por empregos e redes de proteção social.

Importa reforçar também que os efeitos da degradação dos ecossistemas e consequentes alterações do clima não são infligidos homoganeamente pela sociedade.

A capacidade de os indivíduos de diferentes conjuntos da população urbana de lidarem ou adaptarem-se às mudanças climáticas é influenciada por fatores como faixa etária, gênero e por uma combinação dos capitais humano, físico, financeiro, natural e social disponíveis, havendo evidências de que grupos minoritários e de baixa renda são mais prejudicados que os demais (UN HABITAT, 2011).

Por essa razão, as mudanças climáticas podem até mesmo serem consideradas eventos distributivos (UN HABITAT, 2011), uma vez que diferenciam os impactos sobre indivíduos e grupos com base em renda e acesso a recursos naturais, e que a população mais pobre costuma estar desproporcionalmente mais exposta a riscos, por diversas razões, tais como:

- maior exposição a perigos, devido a habitações localizadas em áreas contaminadas, encostas instáveis e charcos;

- ausência de infraestrutura e habitação adequadas para a redução de riscos, seja pela baixa qualidade das edificações, seja pela falta de saneamento básico;
- menor capacidade adaptativa, devido à insuficiência de recursos que viabilizem a mudança para habitações de maior qualidade ou melhor localizadas;
- menor provisão de assistência estatal na ocorrência de desastres; e
- menor proteção legal e financeira, pela ausência de regularização fundiária e de acesso a seguros, por exemplo.

Por afetarem mais intensamente as populações mais pobres, as mudanças climáticas tendem a reforçar desigualdades já existentes e podem levar a uma espiral descendente (MA, 2005) que as impede de sair da pobreza: incapazes de lidar com os impactos do clima em seu local de moradia, são obrigadas a migrar para outras regiões, onde acabarão residindo novamente em habitações precárias e mais expostas a riscos, dependentes de redes [insuficientes] de proteção social e, portanto, repetindo o círculo vicioso que as deixam continuamente vulneráveis.

Da mesma forma, em relação aos países, são aqueles menos desenvolvidos os mais expostos aos riscos derivados das mudanças climáticas, em função de economias e instituições fracas que limitam sua capacidade de protegerem-se e aos seus cidadãos.

Se os efeitos nocivos das mudanças climáticas sobre as cidades são inegáveis, resta discutir o caminho inverso, ou seja, de que forma as cidades influenciam a degradação do meio ambiente que fomentam tais mudanças.

As conversões de uso do solo, o uso de combustíveis fósseis e os altos níveis de poluição atmosférica representam a face visível do aumento do volume de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, que conjugado a ações de desmatamento que reduziram a capacidade do planeta de absorver esses gases, levaram à redução da biocapacidade e à elevação da temperatura média da superfície terrestre – prenúncios das mudanças climáticas ora em curso.

Nas palavras de Richard Rogers e Philip Gumuchdjian (2013, p.44),

É uma ironia que as cidades, o habitat da humanidade, caracterizem-se como o maior agente destruidor do ecossistema e a maior ameaça para a sobrevivência da humanidade do planeta.

Isso porque o crescimento demográfico humano e os patamares de prosperidade, sucessivamente mais elevados, alcançados nos últimos 150 anos se apoiaram na depleção dos ecossistemas para deles extrair recursos

naturais e neles depositarem seus resíduos, e na ampliação das superfícies cobertas por áreas urbanas. Ou seja, como apontado em relatório do Banco Mundial (2004), ao mesmo tempo que se começou a exigir cada vez mais dos ecossistemas, reduzia-se sua capacidade de atender às novas demandas.

Como resultado, as cidades tornaram-se responsáveis por 70% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (TEEB, 2013), além de influenciarem emissões referentes à agricultura, silvicultura e alterações no uso e cobertura do solo. Essa influência ocorre de duas maneiras principais (UN HABITAT, 2011): a primeira por meio de mudanças diretas de áreas antes utilizadas para a agricultura em zonas urbanizadas, e a segunda devido ao aumento da demanda de água, alimentos e produtos acabados, quase sempre produzidos além dos limites urbanos, para atender aos padrões de consumo das populações urbanas.

A destruição de ecossistemas dentro e fora das cidades pode envolver custos econômicos associados aos serviços ecossistêmicos, dada a necessidade de restaurar e manter serviços públicos via novas instalações de infraestrutura cinza para substituir a infraestrutura verde que foi perdida (GÓMEZ-BAGGETHUN e BARTON, 2013), substituição esta que somente é possível para alguns dos serviços ecossistêmicos, como no caso de redes de captação e tratamento para fornecimento de água potável.

A forma adotada pelas cidades e a densidade populacional nelas existentes também estão associadas a diversas consequências para o meio ambiente e a provisão dos serviços ecossistêmicos (UN HABITAT, 2011). Se por um lado altíssimas densidades estão usualmente associadas a situações de informalidade e vulnerabilidade (caso das favelas), por outro densidades muito baixas (como nos subúrbios americanos) convergem para elevados índices de consumo de energia e emissão de GEE causada pelo extensivo uso de veículos.

Há evidências de que a densidade populacional média venha diminuindo em todo o planeta (UN HABITAT, 2011), e o fenômeno da suburbanização, ou seja, o espraiamento das cidades para áreas anteriormente cobertas por vegetação (ainda que cultivada), reduz a capacidade dessas áreas de absorverem GEE e impermeabiliza as superfícies, aumenta o escoamento superficial das águas de chuva (*runoff*) e fortalece a ocorrência de ilhas de calor – ou seja, capitaliza os efeitos deletérios da urbanização.

À medida em que as alterações no clima continuarem a ocorrer, tornar-se-ão mais frequentes calamidades causadas por deslizamentos de terra, inundações, avanço do mar sobre a costa, etc., e a exposição das cidades aos

riscos será inversamente proporcional à sua preparação para fazer frente às mudanças climáticas.

Tal preparação pode se dar em duas frentes principais, ações de mitigação (que envolvem a redução das emissões e a captura de GEE) e ações de adaptação (que implicam em reduzir a vulnerabilidade de uma cidade, grupo populacional ou indivíduo, por meio de estratégias como as indicadas na Tabela 10). As estratégias de adaptação baseadas em ecossistemas e sua importância para o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis foram discutidas no capítulo anterior deste trabalho.

**Tabela 10 - Exemplos de ações de adaptação específicas por setor (Parte 1 de 2)**

<b>Setor</b>	<b>Estratégia / Alternativa de Adaptação</b>	<b>Quadro político subjacente</b>	<b>Principais limitadores à implementação</b>	<b>Principais oportunidades para implementação</b>
Água	Ampliar técnicas de captação, armazenamento e conservação da água de chuva; reúso de água; dessalinização; eficiência no uso da água e irrigação	Políticas nacionais de uso da água e manejo integrado de recursos hídricos; manejo de riscos relacionados à água	Recursos humanos e financeiros; barreiras físicas	Manejo integrado de recursos hídricos; sinergias com outros setores
Infra-estrutura e assentamentos	Realocação; diques marítimos e barreiras contra tempestades; reforço de dunas; aquisição de terras e criação de charcos para amortecimento da elevação do nível do mar e de inundações; proteção de barreiras naturais existentes	Padrões e regulamentos para integração de considerações acerca das mudanças climáticas no planejamento; políticas de uso do solo; códigos de edificação; seguros	Barreiras financeiras e tecnológicas; disponibilidade de espaço para realocação de pessoas	Políticas integradas e gerenciamento; sinergia com objetivos de desenvolvimento sustentável
Saúde Humana	Planos de ação de saúde para altas temperaturas; serviços médicos de emergência; melhores sistemas de vigilância e controle de doenças sensíveis a altas temperaturas; água limpa e melhoria no saneamento	Políticas públicas de saúde que reconheçam os riscos advindos do clima; serviços de saúde fortalecidos; cooperação regional e internacional	Limites para a tolerância humana (grupos vulneráveis); limitações de conhecimento; capacidade financeira	Serviços de saúde melhorados; melhor qualidade de vida

(continua)

**Tabela 10 - Exemplos de ações de adaptação específicas por setor** (Parte 2 de 2)

Setor	Estratégia / Alternativa de Adaptação	Quadro político subjacente	Principais limitadores à implementação	Principais oportunidades para implementação
Turismo	Diversificação de atrações e fontes de recursos turísticas; realocação de pistas de esqui para locais mais altos e geleiras; produção de neve artificial	Planejamento integrado (por exemplo, capacidade de carga de pessoas, vínculos com outros setores); incentivos financeiros (por exemplo, subsídios e créditos tributários)	Potencial de atração e marketing de novas atrações; desafios financeiros e logísticos; potenciais impactos adversos sobre outros setores (por exemplo, produção de neve artificial eleva o consumo de energia)	Receitas de novas atrações; envolvimento de grupos maiores de <i>stakeholders</i>
Transporte	Regulamentação / realocação; padrões de projeto e planejamento para rodovias, ferrovias e outras formas de infraestrutura para fazer frente ao aquecimento e questões de drenagem	Integração de considerações acerca das mudanças climáticas nas políticas nacionais de transporte; investimentos em pesquisa e desenvolvimento para situações especiais (por exemplo, áreas de permafrost)	Barreiras financeiras e tecnológicas; disponibilidade de rotas menos vulneráveis	Tecnologias melhores e integração com setores chave (por exemplo, energia)
Energia	Fortalecimento da infraestrutura de transmissão e distribuição aérea; cabeamento subterrâneo para serviços concedidos; eficiência energética; uso de fontes renováveis; dependência reduzida de fontes únicas de energia; maior eficiência	Políticas, regulamentos e incentivos fiscais e financeiros nacionais de energia para encorajar o uso de fontes alternativas; incluir considerações acerca das mudanças climáticas aos padrões de projeto	Acesso a alternativas viáveis; barreiras financeiras e tecnológicas; aceitação de novas tecnologias	Estímulo a novas tecnologias; uso de fontes locais

Fonte: UN HABITAT (2011)

A preparação das cidades também pode ser vinculada à sua capacidade institucional e de governança e à disponibilidade de informações aos seus residentes, apesar de nem sempre países mais pobres encontrarem-se menos adaptados (UN HABITAT, 2011) – por exemplo, países de economia

essencialmente agrícola de subsistência possivelmente conseguiram preservar níveis mais elevados de serviços ecosistêmicos disponíveis do que os altamente industrializados.

Em resumo, as mudanças climáticas e suas consequências alçaram-se ao topo das preocupações ambientais nos últimos anos, e impõem altos custos sociais e econômicos às cidades, especialmente às parcelas mais pobres da população urbana. Por outro lado, as cidades são grandes contribuintes dos fatores que levam às mudanças climáticas, como a emissão de GEE e a degradação e destruição de ecossistemas e dos serviços ecosistêmicos por eles produzidos. A crescente urbanização aumenta a demanda por recursos naturais e impõe mudanças significativas nos processos ambientais que dão suporte aos benefícios que as sociedades extraem dos serviços ecosistêmicos.

A principal diferença do fenômeno contemporâneo de urbanização, para Ernstson et. Al (2010), é que o pano de fundo sobre o qual ocorre é repleto de incertezas, e de tal forma vinculado questões de mudanças climáticas, migração e crises econômicas que nenhum ator ou conjunto de atores tem completo domínio do processo.

Tais questões aumentam a pressão sobre os urbanistas e políticos para direcionar o crescimento urbano no sentido de maior proteção aos ecossistemas, tanto dentro como fora das cidades, que produzem muitos dos recursos críticos usados nas cidades (SCHEWENIUS, MCPHEARSON e ELMQVIST, 2014).

Tradicionalmente, o planejamento urbano e territorial era visto como um plano para o espaço físico, imposto por meio do controle do uso do solo (UN HABITAT, 2009). Entretanto, afirmam Ernstson et. Al (2010), no atual contexto “o paradigma tradicional de planejar para um futuro previsível é não somente insuficiente, mas pode, de certa forma, ser também destrutivo” (p. 531). Muitas cidades ao redor do mundo seguiram o paradigma modernista europeu, iniciado no final do século 19, segundo o qual o planejamento urbano seria uma “função estatal”, uma atividade técnica centrada exclusivamente em ditar a forma dos assentamentos humanos, deixando fora da discussão questões sociais, econômicas e políticas (UN HABITAT, 2009).

Em países mais desenvolvidos esse processo vem sendo substituído por formas mais inclusivas, participativas e flexíveis de ordenar o desenvolvimento das cidades. Entretanto, na maior parte dos países em desenvolvimento ainda persiste a maneira modernista de pensar o planejamento das cidades, que inviabiliza a criação de cidades ambientalmente sustentáveis e socialmente justas, uma vez que exclui a população mais pobre e encoraja padrões

insustentáveis de consumo (UN HABITAT, 2009). Parte da inadequação do urbanismo modernista à realidade atual reside no fato de que este se baseia em rígidos códigos de zoneamento, virtualmente impossíveis de serem seguidos pela população de renda mais baixa, que se vê empurrada para assentamentos informais, como favelas, ou para regiões suburbanas de expansão descontrolada. Em ambos os casos, com baixo acesso a infraestrutura de saneamento, educação, saúde e segurança.

Por essa razão, “Planejar para a informalidade” é um dos desafios para o planejamento urbano e territorial apontados pela Conferência da UN HABITAT de 2009. Outros desafios incluem a relação entre o processo de planejamento e o mercado imobiliário (uma vez que uma das implicações da urbanização acelerada é a escalada nos preços de terrenos e imóveis e o desenvolvimento de novos projetos que atendem prioritariamente aos interesses dos incorporadores), a preparação das cidades para lidar com as mudanças climáticas e o planejamento integrado de diferentes escalas (dado que certos problemas urbanos expandem-se para além dos limites de uma única cidade, e somente podem ser atacados de forma conjunta nas escalas regional ou nacional).

Todos esses quatro desafios têm relação com o objetivo deste trabalho, considerando as características de fragilidade social e carência de infraestrutura urbana da maior parte da mesorregião do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro, o fato de que a própria construção do Arco é um forte fomentador da ocupação (desregulada) de suas margens e que garantir a produção dos serviços ecossistêmicos, como visto anteriormente, é um dos pilares para a criação de cidades mais resilientes. Em síntese, em que pesem as implicações globais da atual onda de crescimento urbano para a biodiversidade e para os serviços ecossistêmicos, a urbanização pode ser vista como um fenômeno positivo, visto que é pré-condição para melhorar o acesso a bens públicos e oportunidades econômicas e sociais (UN HABITAT, 2011).

Também é inegável que as cidades necessitam mudar seus padrões de crescimento e operação visando reduzir suas pegadas ecológicas, e, segundo Andersson et al. (2014), um passo crucial neste sentido é o de oferecer oportunidades, dentro das próprias cidades, para o manejo sustentável dos recursos naturais e para a reconexão dos cidadãos com a biosfera.

A solução para capitalizar os aspectos positivos da urbanização em prol de cidades mais inclusivas e sustentáveis requer que o processo de planejamento urbano vá além da abordagem tradicional de zoneamento somado à criação de

áreas protegidas e passe a incorporar o capital natural no *design* dos espaços urbanos, e se apoia no fato de que as cidades concentram os conhecimentos, inovações e recursos humanos e financeiros necessários para cumprir esses objetivos (CBD, 2013).

Enquanto parte da região de influência do Arco Metropolitano foi alvo de sucessivos planos urbanos tradicionais, outra parcela, significativa, desenvolveu-se sem qualquer planejamento, quase aleatoriamente. Em ambos os casos, a disposição física das cidades nesta área e suas redes de infraestrutura e transporte encontram-se inadequadas ao enfrentamento dos desafios ecológicos e sociais que se apresentam. Como discutido no Capítulo 5 desta dissertação, os Planos Diretores dos municípios da região foram desenvolvidos de forma isolada, e em grande parte apenas consolidaram usos do solo já existentes. O Plano Diretor do Arco Metropolitano (PDAM), por sua vez, concentra-se em delinear questões econômicas.

Assim, novas reflexões acerca da importância e dos objetivos do planejamento urbano e territorial devem ser associadas a estratégias de fortalecimento e preservação dos serviços ecosistêmicos nessa região, para que as cidades que compõem a região de abrangência do PDAM possam interagir de maneira mais inclusiva com seus cidadãos e de maneira mais cooperativa com a natureza.

Por essa razão, entende-se que a avaliação das tendências de expansão urbana versus a situação atual e futura dos serviços ecosistêmicos na região, contida no Capítulo 6 deste trabalho, pode contribuir para o delineamento de diretrizes integradoras e de valorização do capital natural no planejamento urbano e territorial na área de influência do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro.

## 4.2

### **Cidades Sustentáveis, Adaptação baseada em Ecossistemas e Resiliência Urbana**

As cidades formam o ambiente em que vive uma proporção cada vez maior da população mundial, e, como pontuam Ernstson et al. (2010), as populações urbanas continuam a se agregarem em áreas vulneráveis aos efeitos danosos das mudanças climáticas.

Por suas características de uso e ocupação do solo, incluindo, entre outras particularidades, altas taxas de impermeabilização e poucas ou inexistentes áreas destinadas à agricultura, as áreas urbanas tendem a produzir serviços ecossistêmicos em quantidade insuficiente para suprir suas necessidades e são, portanto, altamente dependentes dos serviços produzidos em outras regiões. Ou seja, a pegada ecológica das cidades estende-se para além de seus limites, podendo alcançar os extremos do planeta.

Por essas razões, o planejamento de cidades sustentáveis e resilientes, passa, como visto anteriormente, pelo fortalecimento da produção dos serviços ecossistêmicos que dão suporte à vida urbana, dentro e fora dos limites das cidades.

Mas o que constituiria uma cidade sustentável? Para Andersson (2006), do ponto de vista da autossuficiência, tal caso simplesmente não existe. Entretanto, continua o autor, a avaliação de como as áreas urbanas impactam as regiões ao seu redor e o planeta como um todo reforçam o papel pedagógico dos ecossistemas funcionais e pode fazer com que o processo de formação da cidade seja [mais] sustentável.

O Relatório final do *Milennium Ecosystem Assessment* (2005) aponta três fatores que caracterizariam modos de vida – e, por extensão, cidades – sustentáveis:

- aqueles que têm “capacidade de lidar com e de se recuperar de estresses e choques e manter ou melhorar suas capacidades e ativos tanto agora quanto no futuro” (DFID, 1999 apud MA, 2005);
- no contexto social, aqueles que melhoram, ou, ao menos, não prejudicam, modos de vida de outrem;
- **aqueles que não degradam ou destroem ecossistemas**, prejudicando os modos de vida e o bem-estar de terceiros agora ou no futuro [o grifo não consta do original].

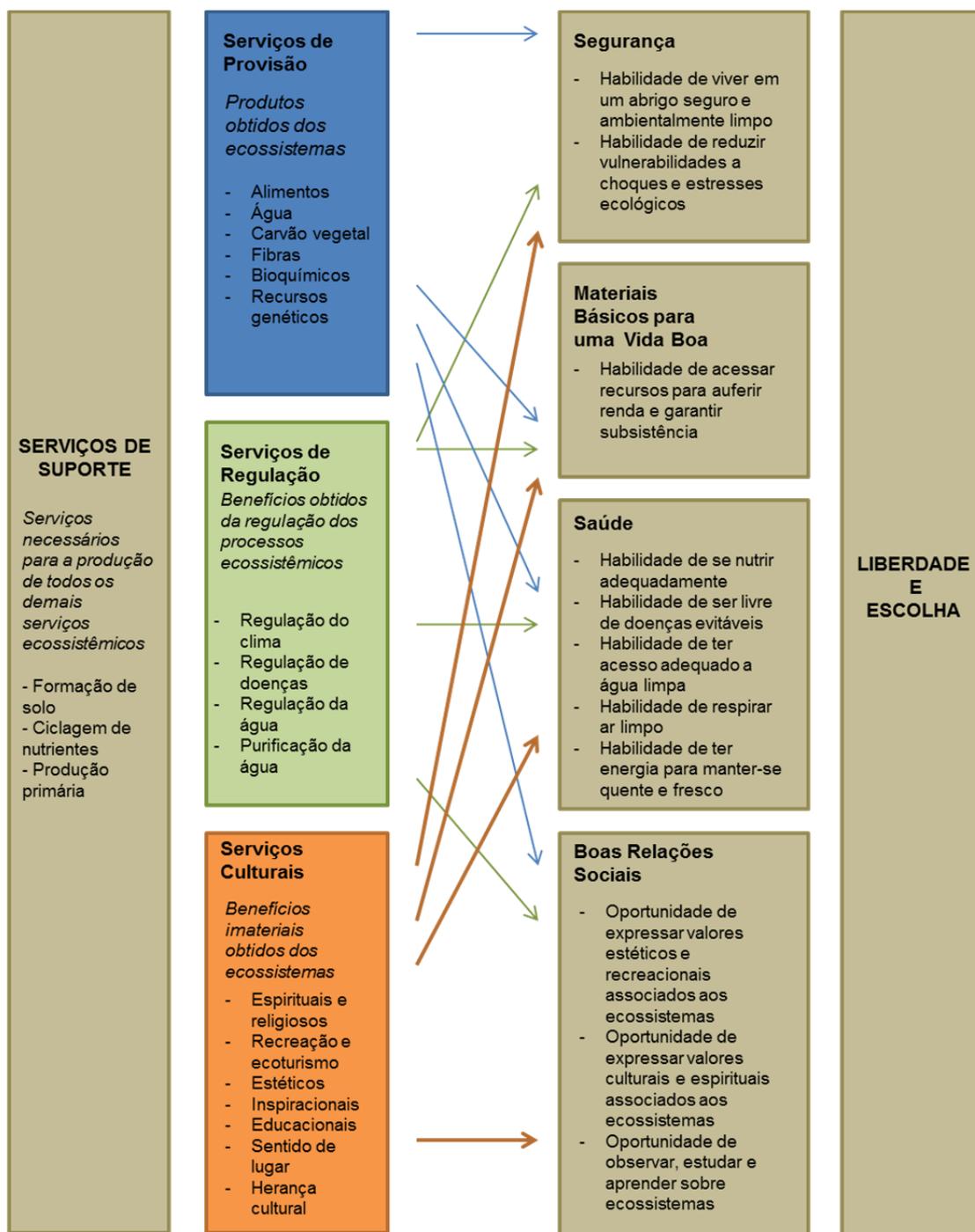
Em consonância com essa linha de pensamento, em sua Conferência de 2009, o Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos (UN HABITAT) listou uma série de critérios a serem abordados no planejamento urbano visando processos de urbanização ambientalmente sustentáveis.

Tais critérios incluíam, dentre outros, a necessidade de garantir acesso a saneamento e serviços públicos pela população mais pobre, estratégias para reduzir o uso de combustíveis fósseis, ações para aumentar a eficiência dos sistemas de transporte público, adensamento e alocação de usos mistos no solo

urbano, e, foco deste trabalho, a conservação dos ecossistemas e o fomento à produção dos serviços ecosistêmicos consumidos pelas cidades.

A importância de manter os ecossistemas funcionais, de um ponto de vista puramente pragmático, é o fato de que, como visto anteriormente, os serviços deles oriundos têm vinculação direta com o bem-estar e a qualidade de vida das pessoas, como demonstrado na Figura 16.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1413543/CA



**Figura 16 – Vínculos entre serviços ecosistêmicos e o bem-estar humano**  
 Fonte: MA, 2005.

Modelos mais sustentáveis de planejamento e melhores estruturas de governança urbanas são necessários para elevar a capacidade de um sistema (um indivíduo, uma floresta, uma cidade ou uma economia) de lidar com mudanças, suportar choques e perturbações e ainda assim continuar a se desenvolver, capacidade esta conhecida como resiliência (SRC, 2014).

Baixos níveis de resiliência podem levar a alterações indesejadas na capacidade do sistema, e o resultado tende a ser ecossistemas pobres em biodiversidade, vulneráveis às mudanças climáticas e incapazes de gerar os serviços ecosistêmicos necessários às sociedades humanas (SRC, 2014).

Por essas razões, os investimentos em resiliência podem ser considerados como um seguro contra eventos extremos no futuro, algo de grande importância dado o cenário atual de incertezas crescentes.

A perspectiva da resiliência tem aparecido como um conceito importante para entender a fragilidade e a trajetória de sistemas socioecológicos, e, para Andersson (2006), é a mais adequada para os ambientes urbanos porque permite a integração da dinâmica social com as funções dos ecossistemas.

Já a UN HABITAT (2011) aponta que a resiliência é o resultado da adaptação bem sucedida às mudanças climáticas, e que seu desenvolvimento pode ser compreendido como uma maneira de viabilizar o enfrentamento não só dos choques e estresses ambientais, mas também dos outros desafios que limitam as vidas e a sobrevivências das pessoas.

Em outras palavras, a construção da resiliência deve abranger também questões sociais, econômicas e de representação dos grupos populacionais de uma cidade.

Cidades que são projetadas e se desenvolvem com base em melhores práticas de sustentabilidade e resiliência podem dar suporte ou até mesmo melhorar a capacidade dos ecossistemas dentro de si e ao seu redor de produzirem serviços ecosistêmicos (ICLEI, 2013, apud SCHEWENIUS, MCPHEARSON e ELMQVIST, 2014), de forma que o planejamento urbano e territorial que incorpore a questão dos serviços ecosistêmicos tem papel chave no desenvolvimento da capacidade adaptativa das cidades frente aos crescentes desafios associados às mudanças climáticas e de uso do solo (TEEB, 2010).

Ernstson et al. (2010) sugerem, para isso, que ao invés de tomar as cidades como pontos de partida e transformar todo o ambiente físico ao seu redor para adequar-se a elas, deve-se fomentar um relacionamento recíproco, que integre as cidades como parte da dinâmica da paisagem e dos ecossistemas regionais.

Um dos principais fatores identificados com a resiliência de um ecossistema é sua redundância funcional (MA, 2005). A redundância indica a possibilidade de uma espécie do mesmo grupo funcional compensar a perda de outra, de modo a dar continuidade à produção do serviço ecossistêmico. Um exemplo disso ocorre quando uma determinada planta capaz de filtrar nitrogênio toma o lugar de outra que já não está disponível. Quanto maior a redundância funcional, maior a segurança de que o ecossistema continuará a prover o serviço ecossistêmico em níveis constantes.

Na ausência de redundância funcional, quando uma espécie é retirada do ecossistema e este para de produzir determinado serviço, é necessário buscar substitutos artificiais – usualmente na forma de infraestrutura cinza.

Entretanto, apenas parte dos serviços ecossistêmicos pode ser substituído por intervenções antrópicas, e ainda assim, há que se considerar (1) os custos envolvidos para a entrega do serviço substituto, (2) as distâncias a percorrer para acesso ao serviço substituto, e (3) os impactos de longo prazo da extinção do serviço ecossistêmico original.

O primeiro fator pode agravar a desigualdade no acesso aos serviços ecossistêmicos, visto que nem todos poderiam arcar com o preço mais alto. O segundo pode levar ao aumento das emissões de GEE na captação e transporte dos serviços ecossistêmicos de seu local de produção até seu local de origem, realimentando ainda o fator custo e as causas das mudanças climáticas. E o terceiro implica em avaliar se, para extrair-se o serviço ecossistêmico substituto, não se estaria nem reduzindo a capacidade futura de sua própria produção, e nem gerando externalidades negativas sobre outras populações e serviços.

Além disso, nem sempre os beneficiários do serviço substituto são os mesmos do serviço original – quase nunca em favor da população mais vulnerável. Por exemplo, pode-se substituir o serviço de provisão vinculado à pesca costeira artesanal por criação em cativeiro, mas, neste caso, os beneficiários do serviço deixariam de ser os pescadores locais, que seriam substituídos por empresas de maior porte (MA, 2005). Considerados todos esses fatores, tem-se que na maior parte dos casos a substituição dos serviços ecossistêmicos por estruturas artificiais é inviável.

As consequências das mudanças climáticas tornam necessário intervir nas cidades de forma a prepará-las para as consequências de um ambiente de média de temperatura e nível do mar mais elevados, além de um regime pluvial alterado, dentre outros fatores.

Muitas das ações de adaptação já realizadas contemplam a utilização de mecanismos tradicionais da área de engenharia civil, como diques, estruturas de contenção de encostas e canalização em concreto, além de tratamento químico de águas potáveis e servidas, que podem ser reunidos sob o conceito guarda-chuva de “Infraestrutura Cinza”.

Entretanto, uma vez entendido que o meio ambiente e os serviços ecossistêmicos, se cuidados e mantidos em patamar adequado, podem apoiar o planejamento urbano e otimizar o uso do solo abre-se a perspectiva de promover ações de Adaptação baseada em Ecossistemas (EbA, acrônimo para o original em inglês *Ecosystem based Adaptation*).

Segundo Guia preparado pela UNEP (2012), EbA compreende (p. 16)

o uso da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos como parte da estratégia geral de adaptação para auxiliar pessoas e comunidades a lidarem com os efeitos negativos das mudanças climáticas nos níveis local, nacional, regional e global.

Logo depois, Munang et al (2013) definiram a aplicação de ações de EbA como “o uso do capital natural pelas pessoas para adaptar-se aos impactos das mudanças climáticas”. E acrescentaram que a aplicação de estratégias de EbA poderia ainda trazer múltiplos benefícios paralelos de mitigação, proteção de meios de subsistência e combate à pobreza, ao endereçar vínculos cruciais entre mudanças climáticas, biodiversidade e manejo sustentável de recursos (ver Tabela 11).

**Tabela 11 - Benefícios resultantes de ações de EbA**

<b>Estratégias de Adaptação baseada em Ecossistemas</b>	<b>Benefícios associados</b>
Restauração de áreas naturais fragmentadas ou degradadas	Melhoria de serviços ecossistêmicos críticos, tais como fluxo de água e produção de alimentos e pescados
Proteção de áreas de reabastecimento de lençóis freáticos ou restauração de planícies alagadas	Assegura recursos hídricos de forma que comunidades inteiras possam resistir a secas e inundações
Conexão de trechos de florestas, cerrado, recifes e outros habitats	Permite que as pessoas e a biodiversidade possam mover-se de forma melhor para habitats mais viáveis à medida em que o clima muda
Proteção ou restauração da infraestrutura natural, tal como praias, manguezais, barreiras de coral e florestas	Protege as comunidades de humanos contra perigos naturais, erosão e inundação

Fonte: Munang et al. (2013), adaptado de The Nature Conservancy (2009)

A esses argumentos, o SRC (2014) acrescenta que a Adaptação baseada em Ecossistemas reconhece toda a matriz de interações dentro de um ecossistema, incluindo os humanos, ao invés de considerar temas, espécies e serviços ecossistêmicos de forma isolada. Essa abordagem, então, reconheceria que a capacidade de os ecossistemas gerarem bens e serviços é definida pelos

humanos e suas ações, incluindo a colaboração entre indivíduos, redes, organizações, agências, pesquisadores e usuários locais dos recursos.

Estratégias de EbA complementam outras respostas às mudanças climáticas de duas maneiras diferentes, porque os ecossistemas naturais (1) são resistentes e resilientes e (2) representam alternativa comprovada e de custo razoável para proteção contra as ameaças das mudanças climáticas (Banco Mundial, 2009).

A adoção de ações de EbA pode também contribuir para a preservação do meio ambiente, ao complementar a estratégia tradicional de estabelecer áreas protegidas. Para o Banco Mundial (2009), tem havido debate considerável sobre a real efetividade das áreas protegidas como instrumento para proteção, uma vez que muitas delas são pequenas e/ou isoladas demais para sustentar toda a gama de serviços ecosistêmicos presentes na região, e que algumas não passam de ‘parques de papel’ devido à limitação de recursos para sua manutenção.

Andersson et al. (2014) acrescentam ainda que a abordagem tradicional, de criação de áreas preservadas, tende a reforçar a dicotomia de conservação versus exploração, e, de forma simplista, exclui do debate muitos usos do solo importantes, seus serviços ecosistêmicos agregados e o engajamento da população local.

Para cumprir com a definição de, simultaneamente, suprir as necessidades atuais e manter a capacidade de as gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades, o desenvolvimento sustentável deve ser ancorado em três pilares: o ambiental, o social, e o econômico.

No afã de estabelecer a preservação ambiental, os dois outros aspectos por vezes são deixados de lado, levando tanto ao fracasso da conservação que se buscava quanto à distribuição e utilização sub-ótima dos recursos da natureza e da sociedade.

Do ponto de vista social, estabelecer áreas protegidas em regiões ora produtivas, sem o devido planejamento de realocação econômica da população no local pode privar tal comunidade de seus meios de subsistência, forçando-a a migrar em busca de outras oportunidades. Oportunidades essas que, na maior das vezes, traduzem-se em subempregos, ou na simples mudança do local da degradação, à medida em que as pessoas vão buscar outros meios de sobrevivência.

Do ponto de vista econômico, a renúncia “gratuita” (sem a adequada compensação) da possibilidade de produzir a partir da terra e dos recursos

naturais nela contidos prejudica o desenvolvimento, não só do proprietário da área em questão, mas também da coletividade que a cerca. Menor produção leva a menor arrecadação, e, com menos recursos disponíveis, os governos tornam-se menos capazes de prover bens públicos, como educação, saúde e segurança, em nível adequado. Níveis mais baixos de produção também levam à redução do número de empregos disponíveis e/ou dos salários locais, realimentando o ciclo migratório.

O deslocamento em massa da população significa também o abandono de cidades já estabelecidas, levando a maiores pressões por expansão em outros locais, em ritmo bastante superior ao que seria percebido sem o fluxo migratório. Dessa forma, além de desperdiçar-se a infraestrutura urbana consolidada, aumenta-se o número de novas construções, que demandam o uso de mais recursos naturais para produção de moradias, escolas, etc.

Ou seja, a preservação ambiental per si também pode gerar externalidades negativas de forma que o estímulo à preservação ambiental deve considerar também eventuais impactos sociais e econômicos negativos.

A OXFAM<sup>6</sup> (2012) propôs uma forma de demonstrar essa necessidade, a partir de trabalho de Rockström et al. (2009, apud SRC, 2014). O último trabalha com o conceito de fronteiras planetárias em relação a nove dimensões ecológicas (mudanças climáticas, acidificação oceânica, depleção da camada de ozônio, ciclos biogeoquímicos, consumo global de água limpa, mudanças no uso do solo, perda de biodiversidade, carga de aerossóis na atmosfera e poluição química).

Acerca dessas dimensões, foram apurados (exceto para as duas últimas) os limites suportados pelo planeta e a situação corrente à época do estudo. Como pode ser verificado na Figura 17, que reproduz ambas as grandezas, um terço das fronteiras já foi ultrapassado, trazendo riscos para a existência de diversas espécies.

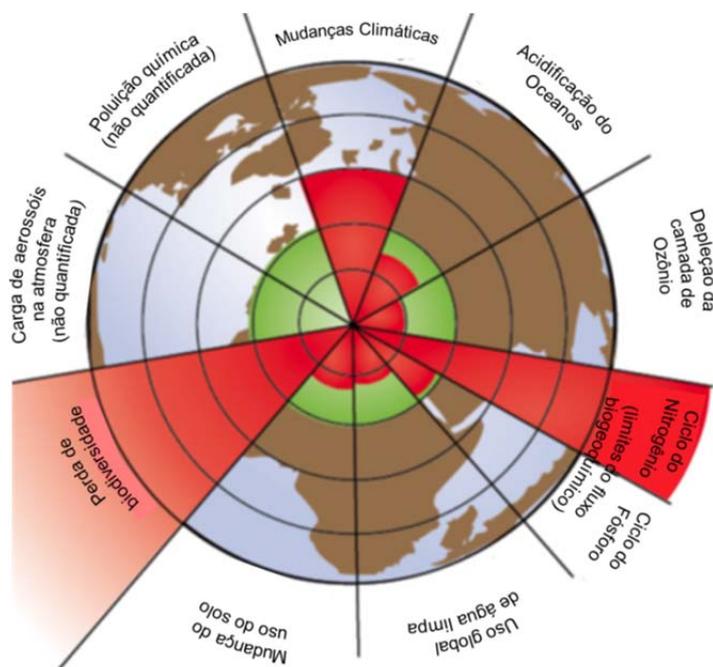
Embora bastante ilustrativa da degradação ambiental do planeta, as fronteiras planetárias tratam somente da perspectiva ambiental, que é fundamental para o desenvolvimento sustentável, mas não de forma isolada.

Partindo deste trabalho, em 2012 a OXFAM desenvolveu o conceito de “privações humanas críticas”, representando o nível mínimo de necessidades humanas que devem ser atendidas, descritas em onze dimensões (água, renda,

---

<sup>6</sup> OXFAM International, confederação de organizações filantrópicas que sucedeu ao Oxford Committee for Famine Relief.

educação, resiliência, voz ativa, empregos, energia, equidade social, igualdade de gêneros, saúde e alimento).



**Figura 17 - Limites planetários:** as nove cunhas vermelhas representam uma estimativa da posição atual em relação a cada limite. O círculo interno verde representa a margem de operação segura.

Fonte: Rockström (2009), apud SRC (2014)

A área localizada entre o atendimento às privações humanas críticas e as fronteiras planetárias (ou “limites naturais críticos”), representada na Figura 18, configuraria o espaço do desenvolvimento sustentável.

As constantes evoluções tecnológicas nos sistemas de infraestrutura cinza (captação e tratamento de água, estabilização de encostas, climatização de ar, etc.) acabaram por, inadvertidamente, talvez, causar um severo distanciamento – físico e emocional – entre as cidades e as áreas naturais.

Ao oferecer oportunidades para que as pessoas atuem no manejo dos serviços ecossistêmicos (HAASE, FRANTZESKAKI e ELMQVIST, 2014), a aplicação de técnicas de Adaptação baseada em Ecossistemas nas cidades pode contribuir para reconectar esses dois aspectos, criando um sentimento de pertencimento e vinculação ao meio ambiente que retroalimenta ações de proteção e uso sustentável do meio ambiente.

Parte significativa das estratégias de EbA origina-se do reconhecimento da eficiência de estruturas de Infraestrutura Verde, ou seja, “redes de áreas naturais e seminaturais estrategicamente planejadas [...] para produzir uma vasta seleção de serviços ecossistêmicos” (COMISSÃO EUROPEIA, 2012), no atendimento às

demandas da população, em complementação ou até substituição parcial da tradicional infraestrutura cinza.



**Figura 18:** as 11 dimensões da base social são ilustrativas e foram baseadas nas prioridades dos governos para a Rio+20. As nove dimensões do limite ambiental máximo foram baseadas nas fronteiras planetárias apresentadas por Rockström et al. (2009, apud SRC, 2014)

Fonte: OXFAM, 2012

As soluções tradicionais de engenharia, que formam a infraestrutura cinza, muitas vezes “trabalham contra a natureza”, particularmente quando visam controlar e restringir ciclos ecológicos (BANCO MUNDIAL, 2009).

Em qualquer ecossistema, é mais provável que comunidades multifuncionais tenham maior resiliência frente às mudanças e às vulnerabilidades climáticas que comunidades biologicamente empobrecidas.

Segundo Herzog (2013), “para que haja resiliência, é necessário que [o sistema] tenha diversas alternativas ou redundâncias” (p. 79), capacidade que falta à infraestrutura cinza tradicional, considerada “monofuncional” (que atende a apenas um problema de cada vez e de forma isolada).

Visão que é reiterada por Hansen e Pauleit (2014), ao afirmarem que, ao contrário da monofuncionalidade da infraestrutura cinza, a infraestrutura verde reforça e cria sinergias entre os benefícios oriundos da natureza

Para estes autores, o conceito de multifuncionalidade no planejamento da infraestrutura verde significa que as diversas funções ecológicas, sociais e

econômicas devem ser explicitamente consideradas e integradas no processo decisório ao invés de serem relegadas ao acaso, com o objetivo de promover o uso do solo de modo mais efetivo.

Hansen e Pauleit (2014) também compilaram uma série de princípios a serem seguidos no planejamento de infraestrutura verde:

**Tabela 12 - Princípios para adoção de infraestrutura verde**

<b>Foco</b>	<b>Princípio</b>
Princípios que tratam da implantação da infraestrutura verde	<p><b>Integração:</b> o planejamento da infraestrutura verde considera as áreas verdes urbanas como um tipo de infraestrutura e busca integrá-las a outros sistemas de infraestrutura urbana em termos de relações físicas e funcionais</p> <p><b>Multifuncionalidade:</b> o planejamento da infraestrutura verde considera e procura combinar funções ecológicas, sociais, econômicas, bióticas, abióticas e culturais das áreas verdes</p> <p><b>Conectividade:</b> o planejamento da infraestrutura verde incluiu conexões físicas e funcionais entre espaços verdes de diferentes escalas e de diversas perspectivas</p> <p><b>Abordagem multi-escala:</b> o planejamento da infraestrutura verde pode ser utilizado para iniciativas de diferentes escalas, desde lotes individuais até comunidades, regiões e estados. A infraestrutura verde deve funcionar de forma concertada entre as diferentes escalas</p> <p><b>Abordagem multi-objeto:</b> o planejamento da infraestrutura verde inclui todos os tipos de espaços (urbanos) verdes e azuis, tais como corpos hídricos, parques públicos e privados, etc.</p>
Princípios que tratam da governança da infraestrutura verde	<p><b>Abordagem estratégica:</b> o planejamento da infraestrutura verde mira nos benefícios de longo prazo mas permanece flexível às mudanças que ocorrem ao longo do tempo</p> <p><b>Inclusão social:</b> o planejamento da infraestrutura verde defende que a idealização e a administração das ações seja feita de forma comunicativa e socialmente inclusiva</p> <p><b>Multidisciplinaridade:</b> o planejamento da infraestrutura verde é baseado no conhecimento de diferentes disciplinas, tais como ecologia da paisagem, planejamento urbano e regional e arquitetura da paisagem, e é desenvolvido com diferentes autoridades e <i>stakeholders</i> locais.</p>

Fonte: Hansen e Pauleit (2014)

A partir desses princípios, diversas ações podem ser implementadas, dentre as quais dá-se como exemplos aquelas listadas na Tabela 13.

Outro aspecto de suma importância a respeito da infraestrutura verde trata dos custos de implantação e manutenção, que seriam empecilhos ou até mesmo impeditivos para sua implantação. Entretanto, estudos realizados por MCPHEARSON, HAMSTEAD E KREMER (2014) respeito da implantação de projetos de infraestrutura em Nova Iorque comparou os investimentos necessários tanto sob a forma de infraestrutura verde quanto cinza. E, como pode ser observado na Figura 19, o custo da primeira alternativa mostrou-se inferior ao da infraestrutura tradicional em cerca de US\$ 1,5 bilhão.

Ou seja, ainda que não seja possível afirmar que a infraestrutura verde será sempre a alternativa mais barata, uma vez que isso dependerá de avaliações caso a caso, resta claro que ela pode ser competitiva.

**Tabela 13 - Exemplos de estratégias de EbA para defesa contra desastres naturais**

<b>Risco Natural</b>	<b>Tipos de Proteção Ecológica</b>
Inundações	Cobertura vegetal densa nas áreas mais altas das bacias aumenta a infiltração de chuva e reduz o escoamento superficial, reduzindo também picos de fluxo de água quando os solos estão completamente saturados. A vegetação também protege contra a erosão, reduzindo perdas de solo e transporte de lama e rocha que aumentam enormemente o poder destrutivo das águas de enchentes. A vegetação densa também protege as margens dos rios e áreas e estruturas adjacentes da erosão causada por tempestades. Solos de pântanos e planícies pantanosas absorvem água, reduzindo o volume deslocado rio abaixo
Tsunami / Tempestades	Barreiras de corais e dunas de areia (que nas áreas costeiras tipicamente dependem das comunidades de flora associadas para sua manutenção) fornecem uma barreira física contra ondas e correntes marítimas. Pântanos salgados e lagoas podem desviar e conter excesso de chuvas. Manguezais e outras florestas costeiras podem absorver a energia das ondas e conter detritos flutuantes, reduzindo o poder destrutivo das marés
Deslizamentos de terra	Vegetação densa e de raízes profundas ajuda a manter o solo coeso, reduzindo o escorregamento das camadas superficiais
Avalanches	Florestas formam uma barreira física contra avalanches e fixam blocos de neve, reduzindo a chance de que o deslizamento comece

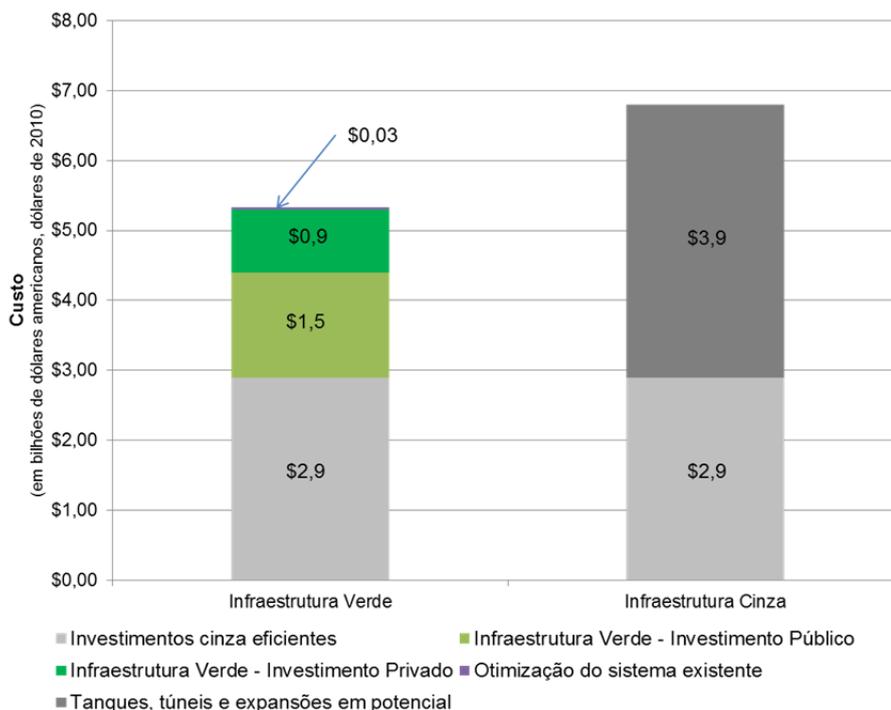
Fonte: Adaptada pela Autora, a partir de Banco Mundial (2014)

Além da infraestrutura verde, outro pilar da adaptação baseada em ecossistemas é o estabelecimento de mecanismos de compensação aos provedores de serviços ecossistêmicos.

De acordo com o Banco Mundial (2009), recentemente os esforços para promoção da conservação e uso sustentável do meio ambiente têm cada vez mais se voltado a fomentar novos comportamentos por parte dos donos da terra via alterações nos incentivos para (mudança de) uso do solo.

Um desses mecanismos de compensação, baseado em instrumentos de mercado e já instituído com variados graus de sucesso em diversas regiões do planeta, são os Pagamentos por Serviços Ecológicos (PSE).

O funcionamento de um esquema de PSE segue um racional relativamente simples, como pode ser observado na Figura 20: quem usufrui dos benefícios de um serviço ambiental deve compensar financeiramente quem o produziu. Tanto o fornecimento dos serviços ambientais como os pagamentos dele decorrentes devem ocorrer sob um sistema de governança que os administre e fiscalize.

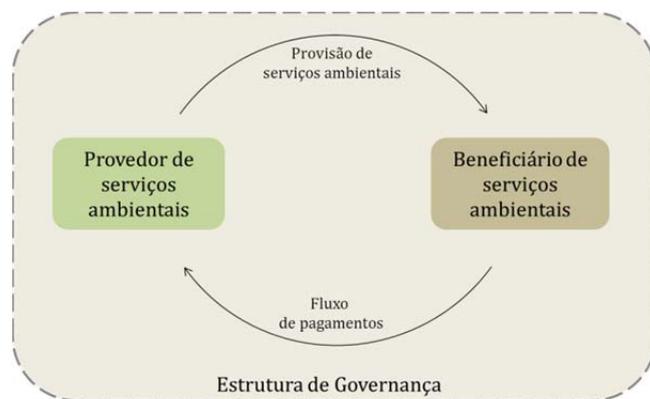


**Figura 19 – Avaliação custo-benefício da estratégia público-privada de infraestrutura verde adotada pela cidade (NYC Green Infrastructure Plan, Plano de Infraestrutura verde da Cidade de Nova Iorque) comparada a uma estratégia de infraestrutura cinza**

Partindo de análises de cenário, a cidade de Nova Iorque estimou que, ao integrar infraestrutura verde a seus sistema de drenagem, poderia alcançar uma redução mais elevada do volume de águas servidas excedentes do que se utilizasse apenas infraestrutura cinza tradicional. O valor anual agregado do desenvolvimento da nova infraestrutura verde, incluindo melhoria da qualidade do ar, redução de CO2, economia de energia e aumento do valor dos imóveis era de US\$ 3.145 a US\$ 5.852 por hectare.

Fonte: McPhearson, Hamstead e Kremer, 2014.

Tais esquemas são baseados no princípio do usuário pagador, que “parte do pressuposto de que deve haver contrapartida remuneratória pela outorga do direito de uso de um recurso natural” (TAKEDA, 2014), diferentemente do poluidor pagador, “quando é imposto ao poluidor tanto o dever de prevenir a ocorrência de danos ambientais como o de reparar integralmente eventuais danos que causar com sua conduta” (Id.).



**Figura 20 - Estrutura de um esquema de PSE - Caso Geral**

Fonte: Elaborada pela Autora.

Uma mesma área pode gerar diferentes serviços ecosistêmicos, simultaneamente ou em períodos distintos - neste caso, garante-se um fluxo contínuo e permanente de recursos ao provedor. Por exemplo, uma área degradada que possua nascentes e que passe por um processo de recuperação poderia fornecer, dentre outros, os seguintes serviços ecosistêmicos:

**Tabela 14 – Exemplos de serviços ecosistêmicos e potenciais beneficiários**

<b>Serviço Ecosistêmico</b>	<b>Potencial beneficiário</b>
Créditos de Carbono Créditos de REDD Redução de erosão	Empresas submetidas a esquemas de <i>cap and trade</i> , onde as emissões são limitadas Concessionárias (ferrovias, rodovias, hidrovias, energia), operadores de gasodutos, proprietários rurais e urbanos e poder público, cujos ativos e/ou área de influência estejam sujeitos a danos causados por escorregamentos e desabamentos de terra
Proteção de Nascentes	Concessionárias (água, hidrovias, geradoras de energia) proprietários rurais a jusante, que utilizem o curso de água e poderiam ser prejudicados por sua baixa qualidade
Polinização	Proprietários rurais vizinhos

Fonte: Elaborada pela Autora

Esquemas de PSE são aplicáveis também a comunidades protegidas, como indígenas e quilombolas, ainda que estas tenham apenas a posse, e não a propriedade dos terrenos ocupados. Isso porque os provedores dos serviços são, em última instância, aqueles que abrem mão de utilizar o solo e os recursos naturais em proveito próprio para benefício de outrem.

Da mesma forma, podem ser substrato de esquemas de PSE os serviços ambientais “intelectuais”, como a gestão e o repasse de saberes sobre o patrimônio genético.

Por último, é importante notar que esquemas de PSE podem funcionar como mecanismos de distribuição de renda, na medida em que pequenos proprietários passam a ter fluxos de caixa mais estáveis e menos arriscados que os da produção agropecuária.

Independentemente da modalidade adotada, a implantação de esquemas de PSE deve ser iniciada na correta identificação das áreas mais adequadas e na precificação dos serviços a serem prestados, porque, para otimizar o uso do solo, é necessário verificar se conversão de áreas que hoje são produtivas em áreas preservadas de fato agrega valor à sociedade.

Dessa forma, esquemas de PSE precisam fazer sentido econômico, ou seja, as seguintes condições devem ser atendidas simultaneamente:

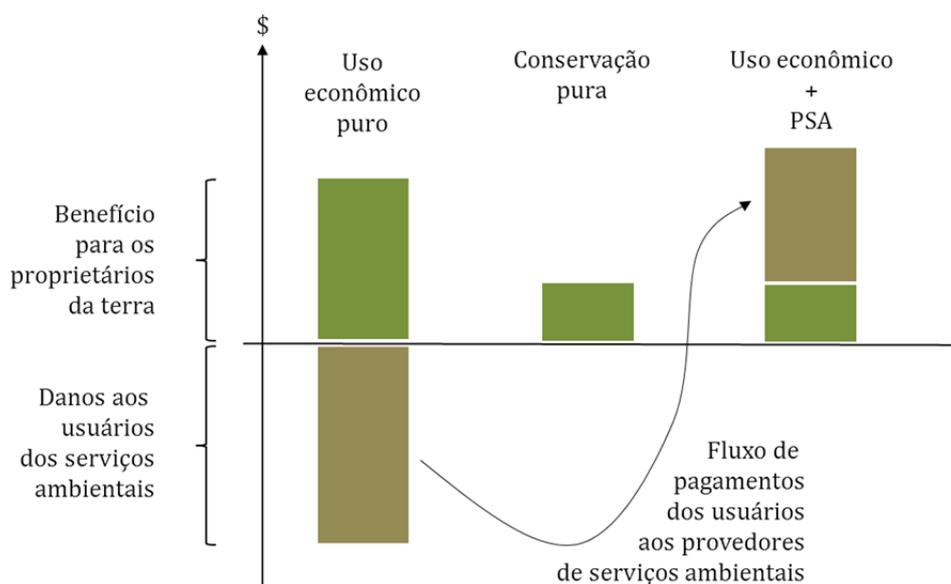
- não devem ser originados em taxaço e/ou tributação extra e os valores a pagar;

- devem ser diretamente vinculados ao potencial de ganhos da terra em uso e ao potencial de danos causados por tal uso; e
- a origem dos recursos para pagamento deve ser correlacionada com ganhos de eficiência, reduções de custos e/ou de riscos mensuráveis dos beneficiários dos serviços ecosistêmicos.

O valor dos serviços ecosistêmicos deve ser fixado como o de qualquer outro ativo econômico, ou seja, respeitando-se as forças de oferta e demanda do mercado.

Como indicado nas condições elencadas acima, também é importante notar que tal valor deve ser suficiente para cobrir as perdas do provedor dos serviços ecosistêmicos ao abrir mão de utilizar ele próprio os serviços, e deve ser inferior aos danos causados aos potenciais beneficiários. A Figura 21 demonstra essa relação.

Tais limites mínimos e máximos de valor seguem a lógica, respectivamente, de que nem os provedores teriam interesse em deixar de produzir a partir de sua terra caso seus ganhos sejam reduzidos, e nem os beneficiários teriam interesse em pagar caso o ônus ultrapasse os custos dos danos potencialmente infligidos.



**Figura 21 - Limites para fixação do valor dos pagamentos em esquemas de PSA**  
 Fonte: Adaptada pela Autora, a partir de Pagiola e Platais (2002)

Em suma, os serviços ecosistêmicos constituem um quadro teórico importante para [re]conectar a infraestrutura ecológica à infraestrutura social nas cidades, de forma a garantir o manejo sustentável do capital natural e a tornar os

ecossistemas urbanos resilientes a mudanças sistêmicas (MCPHEARSON, HAMSTEAD e KREMER, 2014).

Há pelo menos outras três frentes, além da melhora dos níveis de bem-estar e qualidade de vida, por meio das quais o manejo dos serviços ecossistêmicos nas cidades pode contribuir para torná-las mais sustentáveis:

- a redução dos gastos públicos com construção e manutenção de redes de infraestrutura cinza, quando esta puder ser eficientemente substituída por estratégias de infraestrutura verde;
- a criação de novas alternativas de geração de renda para os produtores dos serviços, por meio de esquemas de PSE; e
- o aumento da resiliência urbana, ou seja, a redução dos riscos e da severidade dos impactos das mudanças climáticas sobre as vidas e os ativos de uma cidade.

Ou seja, as cidades podem reter componentes substanciais dos ecossistemas, e, dadas as pressões sem precedentes sobre a infraestrutura urbana existente apostas pelos efeitos das mudanças climáticas, ações de EbA passam a valer muito mais que o custo nominal da preservação dos ecossistemas (CBD, 2013), e podem, como sugerido no Capítulo 6, funcionar como um catalisador de interações positivas entre cidades e ambientes naturais.

## 5

### **Impactos do Arco Metropolitano sobre as Cidades e os Serviços Ecossistêmicos em sua área de influência**

#### 5.1

##### **Arco Metropolitano do Rio de Janeiro**

Idealizado em 1974 pelo governo militar brasileiro (DE SOUZA, 2014), retomado por entidades empresariais nos anos 1990 (RIO DE JANEIRO, 2014) e construído a partir de 2007, ano de sua inclusão no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), o Arco Metropolitano do Rio de Janeiro é um grande projeto rodoviário implantado no estado para ligar diversas rodovias já existentes e diferentes municípios do entorno da capital.

Foi concebido com o objetivo de capitalizar a implantação de diversos empreendimentos industriais na região (vide Tabela 15), entre eles o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ), que seria conectado pelo Arco Metropolitano à região portuária de Itaguaí e Sepetiba e, assim, transformar a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) numa grande plataforma logística.

Além dessa conexão, outras duas “funções básicas” foram associadas à construção do Arco Metropolitano, a ligação entre os eixos rodoviários beneficiados pelo projeto sem a necessidade de circulação pela Avenida Brasil e Ponte Rio-Niterói, desviando o fluxo das principais vias de acesso à capital, e o aumento dos níveis de acessibilidade logística dos municípios próximos ao Arco e que concentram grande contingente populacional (RIO DE JANEIRO, 2014).

O projeto interliga as rodovias BR-101/RJ Sul, BR-116/RJ Sul, BR-040/RJ, BR-116/RJ Norte e BR-101/RJ Norte, totalizando 141km de extensão. Para fins de planejamento (RIO DE JANEIRO, 2014), o Arco Metropolitano foi dividido em quatro trechos, como indicado na Figura 22:

- Segmento A: Trecho da Rodovia BR-493/RJ, entre a BR-101, em Manilha (Itaboraí), e o entroncamento com a BR-116, em Santa Guilhermina (Magé);



econômico do estado (RIO DE JANEIRO, 2014), e em meados dos anos 2000, quando da retomada do projeto, acreditava-se que mais de R\$ 100 bilhões, entre investimentos públicos e privados, seriam aportados à região.

**Tabela 15 - Empreendimentos previstos para serem realizados na área do Arco Metropolitano**

<b>Empreendimento</b>	<b>Município</b>	<b>Setor</b>	<b>Investimento (R\$)</b>
Arco Metropolitano	Itaboraí, Guapimirim, Magé, Duque de Caxias, Nova Iguaçu, Japeri, Seropédica e Itaguaí	Transportes Logística	1.200.000.000
Plataforma Logística CSN	Itaguaí	Transportes Logística	4.700.000.000
Porto Sudeste LLX	Itaguaí	Transportes Logística	1.500.000.000
Porto Petrobras	Itaguaí	Transportes Logística	4.000.000.000
Porto Unisminas	Itaguaí	Transportes Logística	1.000.000.000
Porto Gerdau	Itaguaí	Transportes Logística	1.100.000.000
Porto Itaguaí - CDRJ	Itaguaí	Transportes Logística	86.000.000
CSA	Rio de Janeiro	Siderurgia Transportes Logística	13.100.000.000
CSN - Usina 2	Itaguaí	Siderurgia	7.600.000.000
Coquepar	Seropédica	Petroquímico	524.000.000
Ampliação REDUC	Duque de Caxias	Petroquímico	1.500.000.000
Expansão Bayer	Belford Roxo	Químico	100.000.000
Estaleiro EISA	Rio de Janeiro	Indústria Naval	3.285.000.000
COMPERJ	Itaboraí, São Gonçalo	Petroquímico	17.600.000.000
STX Europe	Niterói	Indústria Naval	1.100.000.000
Estaleiro Mauá	Niterói	Indústria Naval	627.200.000
Estaleiro Aliança	Niterói	Indústria Naval	211.000.000
<b>TOTAL</b>			<b>59.233.200.000</b>

Fonte: Rio de Janeiro (2014)

Finda a construção de três dos quatro trechos previstos, entretanto, o cenário econômico encontra-se diametralmente oposto àquele previsto, com queda acentuada nos investimentos privados e carência de recursos para novos projetos em todas as esferas de governo – inclusive para finalização do Segmento A.

Dadas as características atuais da mesorregião, de alta concentração de população, de localização de grande parcela dos empregos no estado e dos únicos “vazios urbanos” na região metropolitana (RIO DE JANEIRO, 2014), ainda que a situação econômica atual não incentive investimentos no patamar

idealizado quando do início da construção do projeto, tem-se que o entorno do Arco Metropolitano tornar-se-á no grande direcionador de ocupação urbana em sua área de influência.

Se o planejamento e a regulamentação da ocupação de entorno do Arco Metropolitano já eram fundamentais para evitar a replicação do modelo de vulnerabilidade e exclusão social visto na Baixada Fluminense na época de bonança econômica, agora, mais do que nunca, torna-se necessário planejar adequadamente a ocupação da área de influência do projeto, visando o desenvolvimento sustentável da região.

Reconhecendo este fato, o Governo do Estado do Rio de Janeiro comissionou o desenvolvimento de um “Plano Diretor Estratégico de Desenvolvimento Sustentável da Mesorregião do Arco Metropolitano”. O trabalho foi realizado por um consórcio privado, formado pelas empresas Tecnoloso e Arcadis Tetraplan e finalizado em 2014, com a denominação simplificada de “Plano Diretor do Arco Metropolitano” (PDAM) (RIO DE JANEIRO, 2014).

Esta seção trata de apresentar a região onde foi implantado o projeto e os principais achados e diretrizes expostos no PDAM, que servirão de base para as análises realizadas no Capítulo 6 acerca dos impactos do Arco Metropolitano sobre os serviços ecossistêmicos em sua área de influência.

Note-se que não foram incorporados a este trabalho juízos de valor acerca das motivações para a construção do Arco Metropolitano. Aqui, parte-se do princípio de que, uma vez que o projeto já foi materializado e não será desfeito, deve-se buscar caminhos para que sejam minimizados os impactos negativos e maximizados os positivos trazidos pela sua implantação, considerados exclusivamente pela perspectiva dos serviços ecossistêmicos.

## 5.2

### **Área de Influência do Arco Metropolitano**

Apesar de atravessar o território de apenas nove municípios, Itaguaí, Seropédica, Rio de Janeiro (AP 3 e AP 5<sup>7</sup>), Japeri, Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Magé, Itaboraí e Guapimirim, a elaboração do PDAM considerou que a área de abrangência do Arco Metropolitano envolve outros 12, Mangaratiba,

---

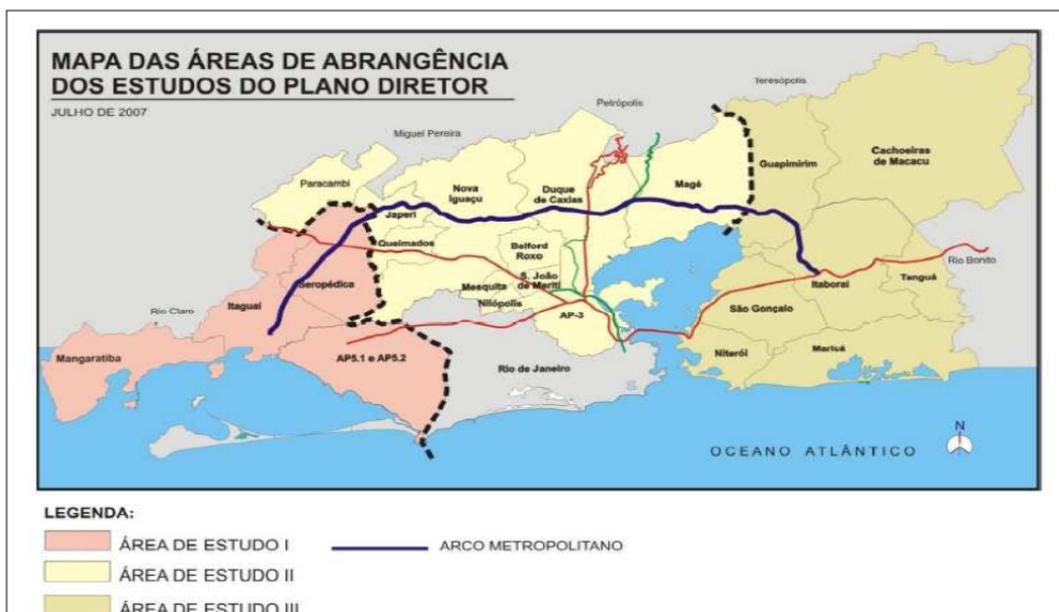
<sup>7</sup> Área de Planejamento 3 (Zona Norte) e Área de Planejamento 5 (Zona Oeste), neste último caso especificamente as AP 5.2 (Campo Grande) e 5.3 (Santa Cruz). Áreas de Planejamento são subdivisões administrativas do município do Rio de Janeiro.

Paracambi, Queimados, Mesquita, Nilópolis, São João do Meriti, Belford Roxo, São Gonçalo, Tanguá, Niterói, Maricá e Cachoeiras de Macacu.

A extensão da área de influência foi decidida a partir da identificação dos “investimentos estruturantes” e dos impactos diretos e indiretos que seriam exercidos sobre a região (RIO DE JANEIRO, 2014).

Além da localização geográfica, esses municípios têm relativamente pouco em comum. Enquanto alguns, como Rio de Janeiro, Nova Iguaçu e Duque de Caxias, concentram nos setores de indústria e serviços a maior parte de sua atividade econômica, outros, como Magé, Guapimirim e Paracambi, apoiam-se majoritariamente no setor público (IBGE, 2011).

Também do ponto de vista socioeconômico observam-se diferenças marcantes. A área de influência do Arco Metropolitano abriga tanto Niterói, que possui o maior Índice de Desenvolvimento Humano Municipal<sup>8</sup> do estado e o 7º mais elevado do país, quanto Tanguá, classificado na 86ª posição dentre os 92 municípios do estado do Rio de Janeiro avaliados em 2010 (PNUD, IPEA e FJP, 2013).



**Figura 23 – Divisão das Áreas de Estudo da região do Arco Metropolitano**

Fonte: Rio de Janeiro, 2014

<sup>8</sup> O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) é uma medida calculada pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) a partir de dados do IBGE. Trata-se de índice composto que agrega três das mais importantes dimensões do desenvolvimento humano: a oportunidade de viver uma vida longa e saudável, de ter acesso ao conhecimento e ter um padrão de vida que garanta as necessidades básicas, representadas pela saúde, educação e renda (PNUD, 201-).

Considerando essas diferenças, o conjunto formado pelos 21 municípios foi tratado no PDAM em três grupos distintos, de acordo com sua situação na RMRJ, e características físico-territoriais, econômicas, sociais e demográficas (Figura 23):

- Área de Estudo I: porção mais ao Sul do Arco Metropolitano, composta por Itaguaí, Seropédica, Mangaratiba e Rio de Janeiro (AP 5);
- Área de Estudo II: Rio de Janeiro (AP3) e quase toda a Baixada Fluminense, incluindo Japeri, Paracambi, Queimados, Nova Iguaçu, Mesquita, Nilópolis, São João de Meriti, Belford Roxo, Duque de Caxias e Magé; e
- Área de Estudo III: Itaboraí, Guapimirim, Niterói, São Gonçalo, Maricá e Cachoeiras de Macacu.

Formalmente, apenas a AP 3 e parte da AP 5 do município do Rio de Janeiro foram incluídas na mesorregião do Arco Metropolitano. Entretanto, de modo geral, as considerações deste estudo referem-se a todo o território do município, assim como a maior parte das informações e diretrizes incluídas no PDAM.

### 5.2.1

#### **Paisagem e Unidades de Conservação na Mesorregião do Arco Metropolitano**

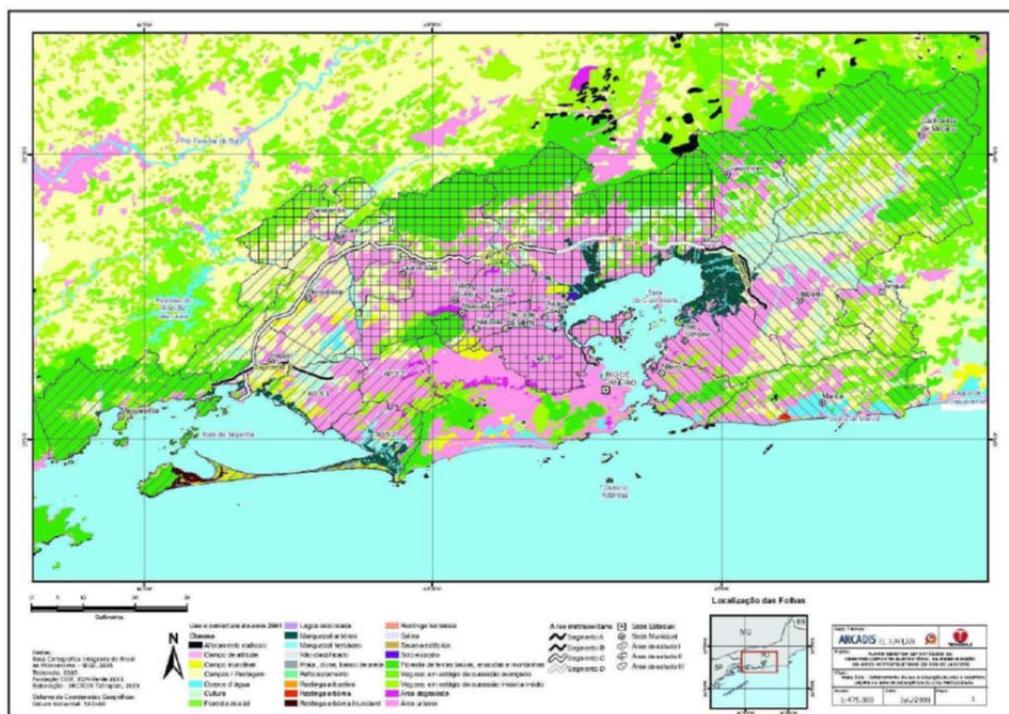
Toda a área de influência do Arco Metropolitano está contida no bioma Mata Atlântica e faz parte do Corredor Ecológico<sup>9</sup> da Serra do Mar (ou Corredor Sul da Mata Atlântica). A paisagem é formada por remanescentes de florestas naturais, além de manguezais, restinga, campos de altitude, pastagens, campos inundáveis e vegetação secundária em diversos estágios de sucessão (RIO DE JANEIRO, 2014).

Apesar de abarcar a segunda maior região metropolitana do país em população e participação no PIB, a mesorregião do Arco Metropolitano ainda

---

<sup>9</sup> Corredores Ecológicos são instrumentos de gestão e ordenamento territorial, definidos pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (Lei 9.985/2000), com o objetivo de garantir a manutenção dos processos ecológicos nas áreas de conexão entre Unidades de Conservação, permitindo a dispersão de espécies, a recolonização de áreas degradadas, o fluxo gênico e a viabilidade de populações que demandam mais do que o território de uma Unidade de Conservação para sobreviver (ICMBio, 201-).

possui grandes áreas sem ocupação urbana (Figura 24) e considerável parcela do território coberta por vegetação nativa (Tabela 16).



**Figura 24 – Mapa de Uso e Cobertura do Solo da região do Arco Metropolitano**

Fonte: Rio de Janeiro, 2014

**Tabela 16 - Percentuais de áreas Antropizada e de Vegetação Nativa na área de influência do Arco Metropolitano**

Área de Estudo	Área Total (km <sup>2</sup> )	Área Antropizada (km <sup>2</sup> )	% Área Antropizada	Área de Vegetação Nativa (km <sup>2</sup> )	% Área de Vegetação Nativa
I	1.368,35	744,92	54,4%	522,66	38,2%
II	2.098,31	1.335,91	63,7%	712,39	34,0%
III	2.631,43	1.457,02	55,4%	1.100,01	41,8%
<b>TOTAL</b>	<b>6.098,09</b>	<b>3.537,85</b>	<b>58,0%</b>	<b>2.335,06</b>	<b>38,3%</b>

Fonte: Rio de Janeiro (2014)

Devido à sua localização na zona costeira e à importância dos remanescentes de Mata Atlântica para a preservação do bioma, foram estabelecidas, no âmbito do PROBIO, diversas regiões prioritárias para conservação da biodiversidade na área de influência do Arco Metropolitano. Tais regiões prioritárias, que alcançam 32% do total do território, ultrapassam 50% da área de três dos municípios, atingindo o pico de 65,67% do território de Cachoeiras de Macacu (Tabela 17 e Figura 25).

A região abrange ainda diversas Unidades de Conservação – UC, listadas na Tabela 18 e mapeadas na Figura 26, algumas das quais compõem os Mosaicos Ecológicos<sup>10</sup> Central Fluminense, Mico-leão-dourado e Carioca.

**Tabela 17 - Áreas Prioritárias para Conservação (PROBIO II) na área de abrangência do Arco Metropolitano**

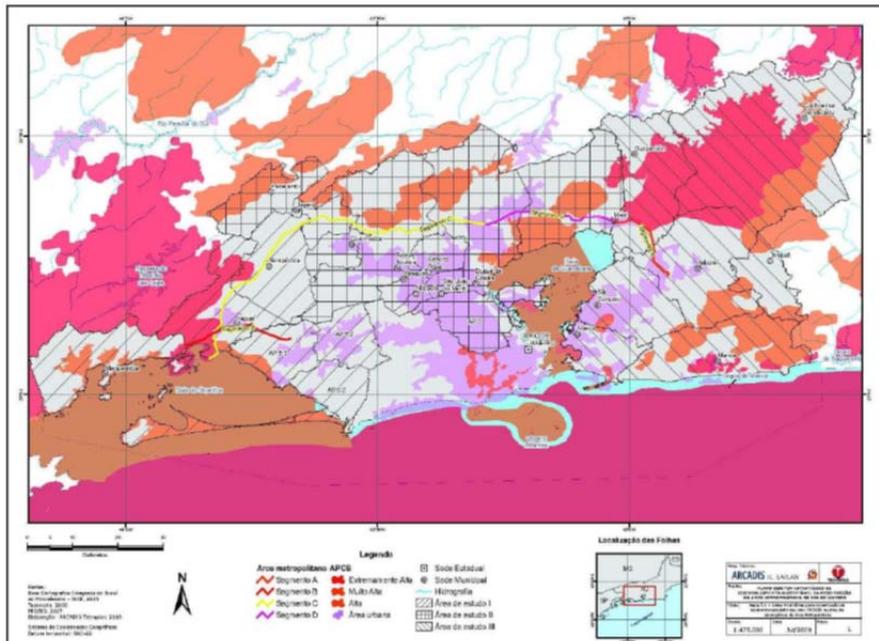
Município	Área do Município (km <sup>2</sup> )	Área de Estudo	Prioridade para Conservação (km <sup>2</sup> )			% Área Prioritária
			Alta	Muito Alta	Extremamente Alta	
Rio de Janeiro - AP 5.2	291,24	I	16,29	-	-	5,59%
Rio de Janeiro - AP 5.3	163,49	I	21,46	-	-	13,13%
Rio de Janeiro - AP 3	203,27	II	1,59	0,87	-	1,21%
Belford Roxo	77,76	II	-	-	-	-
Cachoeiras de Macacu	957,09	III	-	177,31	451,20	65,67%
Duque de Caxias	465,05	II	70,31	34,88	-	22,62%
Guapimirim	357,41	III	-	-	179,53	50,23%
Itaboraí	429,11	III	-	75,98	42,96	27,72%
Itaguaí	278,96	I	11,04	-	138,13	53,47%
Japeri	81,99	II	-	8,62	-	10,51%
Magé	390,51	II	1,15	130,38	15,43	37,63%
Mangaratiba	369,62	I	105,08	1,71	19,06	34,05%
Maricá	363,05	III	-	173,28	36,13	57,68%
Mesquita	41,62	II	-	-	-	-
Nilópolis	19,31	II	-	-	-	-
Niterói	134,59	III	9,29	-	-	6,90%
Nova Iguaçu	519,04	II	69,73	22,14	-	17,70%
Paracambi	188,35	II	-	82,69	-	43,90%
Queimados	76,43	II	-	-	-	-
Seropédica	265,04	I	-	-	12,01	4,53%
São Gonçalo	248,31	III	9,95	4,00	-	5,62%
São João de Meriti	34,98	II	-	-	-	-
Tanguá	141,85	III	-	36,95	-	26,05%
<b>TOTAL</b>	<b>6.098,07</b>		<b>315,89</b>	<b>748,81</b>	<b>894,45</b>	<b>32,13%</b>

Fonte: Rio de Janeiro (2014)

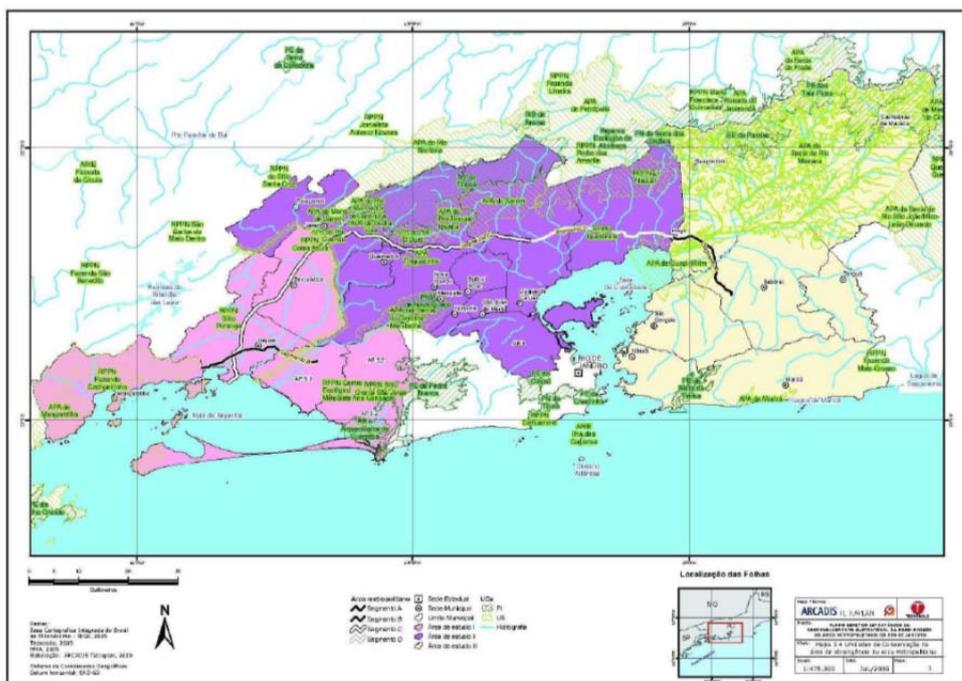
As três Áreas de Estudo nas quais o PDAM dividiu a área de influência do Arco Metropolitano possuem características bastante distintas no que diz respeito ao uso e ocupação do solo. Enquanto a Área de Estudo I (sul da região) possui os percentuais mais elevados de áreas degradadas (3,6%) e de campos e pastagens (27,3%) e nenhuma UC de Proteção Integral, a Área de Estudo III (no outro extremo do Arco), conta com os maiores percentuais de cobertura de vegetação nativa (42%), área de culturas agrícolas (12,1%) e áreas definidas

<sup>10</sup> Mosaicos Ecológicos possibilitam a gestão integrada e participativa de um conjunto de Unidades de Conservação, que estejam próximas, sobrepostas ou justapostas. Este instrumento de gestão integrada tem a finalidade de ampliar as ações de conservação para além dos limites das unidades de conservação, compatibilizando a presença da biodiversidade, a valorização da sociodiversidade e o desenvolvimento sustentável no contexto regional (ICMBio, 201-).

pele PROBIO como de prioridade para conservação muito alta (18,7%) e extremamente alta (27%).



**Figura 25 – Áreas Prioritárias para Conservação na região do Arco Metropolitano**  
 Fonte: Rio de Janeiro, 2014



**Figura 26 – Unidades de Conservação existentes na região do Arco Metropolitano**  
 Fonte: Rio de Janeiro, 2014

Retomando uma das discussões apresentadas no Capítulo 3 deste trabalho, tais características podem sinalizar regiões consumidoras e provedoras de serviços ecossistêmicos, respectivamente, entre as quais seria possível

estabelecer um mecanismo compensatório voltado à conservação dos recursos naturais.

**Tabela 18 - Unidades de Conservação Localizadas na área de abrangência do Arco Metropolitano (Parte 1 de 2)**

Área de Estudo	Nome da UC	Municípios abrangidos pela UC na área do Arco	Jurisdição	Tipo UC	Área da UC nos Municípios (km <sup>2</sup> )	Mosaico Ecológico
I	FN Mário Xavier	Seropédica	Federal	US	4,92	-
	RPPN Sítio Poranga	Itaguaí	Federal	US	2,12	-
	RPPN Fazenda Cachoeirinha	Mangaratiba	Federal	US	0,94	-
	RPPN Gotas Azuis	Seropédica	Estadual	US	0,07	-
	APA de Mangaratiba	Mangaratiba	Estadual	US	255,18	-
	APA do Rio Guandú	Rio de Janeiro, Itaguaí, Seropédica	Municipal	US	33,1	-
	<b>Subtotal Área I</b>	-	-	-	<b>296,33</b>	
II	PE da Pedra Branca	Rio de Janeiro	Estadual	PI	125,23	Carioca
	RB e Arqueológica de Guaratiba	Rio de Janeiro	Estadual	PI	36,02	Carioca
	RB do Tinguá	Nova Iguaçu, Duque de Caxias	Federal	PI	248,41	Central Fluminense
	PNM de Nova Iguaçu	Nova Iguaçu	Municipal	PI	11,37	
	PN da Serra dos Órgãos	Magé	Municipal	PI	18,23	Central Fluminense
	RPPN Sítio Granja São Jorge	Rio de Janeiro	Federal	PI	0,97	-
	RPPN Centro Ecológico Metodista Ana Gonzaga	Rio de Janeiro	Federal	US	1,02	-
	RPPN Querência	Magé	Federal	US	1,13	Central Fluminense
	RPPN El Nagual	Magé	Federal	US	1,13	Central Fluminense
	APA de Petrópolis	Magé, Duque de Caxias	Federal	US	127,84	Central Fluminense
	APA das Serras do Gericinó-Mendanha	Nova Iguaçu, Mesquita, Rio de Janeiro	Estadual	US	68,61	Central Fluminense
	APA do Rio Guandú	Japeri, Nova Iguaçu, Paracambi, Queimados	Municipal	US	30,88	-
	APA de Xerém	Duque de Caxias	Municipal	US	100,09	-
	APA de Pedra Lisa	Japeri	Municipal	US	17,71	-
	APA do Morro de Japeri	Japeri, Paracambi	Municipal	US	6,58	-
	APA do Rio D'Ouro	Nova Iguaçu	Municipal	US	25,39	-
	APA do Rio Santana	Nova Iguaçu, Paracambi	Municipal	US	1,43	-
	APA do Rio São Pedro de Jacerubá	Nova Iguaçu	Municipal	US	17,38	-
	APA do Rio Tinguá-Iguaçu	Nova Iguaçu	Municipal	US	47,53	-
	APA Tinguazinho	Nova Iguaçu	Municipal	US	11,71	-
<b>Subtotal Área II</b>	-	-	-	<b>898,66</b>		

(continua)

**Tabela 18 - Unidades de Conservação Localizadas na área de abrangência do Arco Metropolitano (Parte 2 de 2)**

Área de Estudo	Nome da UC	Municípios abrangidos pela UC na área do Arco	Jurisdição	Tipo UC	Área da UC nos Municípios (km <sup>2</sup> )	Mosaico Ecológico
	PE da Serra da Tiririca	Niterói, Maricá, São Gonçalo	Estadual	PI	23,37	-
	PN da Serra dos Órgãos	Guapimirim	Federal	PI	27,08	Central Fluminense
	EE do Paraíso	Cachoeiras de Macacu, Guapimirim	Estadual	PI	49,32	Central Fluminense
	PE dos Três Picos	Cachoeiras de Macacu	Estadual	PI	463,18	Central Fluminense e Mico-leão-dourado
III	APA de Guapimirim	Guapimirim, Itaboraí	Federal	US	139,27	Central Fluminense
	APA da Bacia do Rio São João / Mico-leão-dourado	Cachoeiras de Macacu	Federal	US	61,95	Mico-leão-dourado
	APA de Macaé de Cima	Cachoeiras de Macacu, Itaboraí, Guapimirim	Estadual	US	0,88	Central Fluminense
	APA da Bacia do Rio Macacu	Cachoeiras de Macacu	Estadual	US	194,98	Central Fluminense
	APA de Maricá	Maricá	Estadual	US	9,69	
	APA de Petrópolis	Guapimirim	Federal	US	23,80	Central Fluminense
	<b>Subtotal Área II</b>	-	-	-	<b>993,52</b>	
<b>TOTAL</b>					<b>2.188,51</b>	

Fonte: Adaptada pela Autora, a partir de Rio de Janeiro (2014) e ICMBIO (201-).

APA: Área de Proteção Ambiental; EE: Estação Ecológica; FN: Floresta Nacional; PE: Parque Estadual; PN: Parque Nacional; RB: Reserva Biológica; RPPN: Reserva Particular do Patrimônio Natural.

PI: Proteção Integral; US: Uso Sustentável.

A atribuição de prioridade para conservação a uma parcela significativa do território, além do número de UCs existentes na região, poderiam, a princípio, proteger os recursos naturais existentes do consumo predatório e da conversão não sustentável do uso solo. Entretanto, a mera existência de marcos legais de preservação não garante que os mecanismos sejam de fato implementados.

Exemplo disso é o fato de que o Parque Nacional de Itatiaia, criado em 1937 e mais antigo do Brasil, ainda não teve todo seu território regularizado, ou seja, ainda há propriedades privadas exploradas comercialmente na área do Parque.

Resolvido o problema da regularização, outra questão que se apresenta é que políticas de comando e controle, categoria à qual pertence o estabelecimento de áreas protegidas, dependem de fiscalização constante para funcionar. E é notório que tal atividade não costuma operar com o devido vigor

no país, seja por carência orçamentária, seja por ineficiência administrativa, seja por corrupção.

No caso em tela, as áreas protegidas na região de influência do Arco Metropolitano são alvo de fortes pressões por ocupação, inicialmente devido à tendência à expansão urbana rarefeita que já vinha sendo observada (ver seção 4.2.2 deste trabalho, Demografia, e agora também pela própria implantação do Arco (como descrito na seção 4.4, Cenários de Expansão Urbana traçados pelo PDAM).

Por essa razão, e como já discutido neste trabalho, a instituição de áreas protegidas deve ser acompanhada de outros mecanismos de regulamentação territorial e associada a políticas de desenvolvimento socioeconômico voltadas à população local para que a preservação seja efetiva.

Em relação à hidrografia, com poucas exceções a área de influência do Arco Metropolitano divide-se entre as bacias da Baía de Guanabara e da Baía de Sepetiba, com predomínio da primeira, ambas contribuintes diretas do Oceano Atlântico.

Tais exceções não comprometem o fato de que os efeitos práticos da implantação do Arco serão sentidos nessas duas bacias principais (RIO DE JANEIRO, 2014), e são representadas por pequenas parcelas dos municípios de Cachoeiras de Macacu (que contribuem também para as bacias de Macaé, Rio São João e Baixo Paraíba do Sul), Niterói e São Gonçalo (Macaé e Rio São João), Maricá (Rio São João e Complexo Lagunar), e Duque de Caxias, Guapimirim, Magé, Mangaratiba e Paracambi (Baixo Paraíba do Sul).

Aspectos importantes da inserção da área de estudo nessas bacias advêm das variações bruscas do relevo, com grandes áreas planas e de pouca altitude circundadas por encostas escarpadas, susceptíveis à erosão nas suas parcelas mais baixas. Devido a essas características, em toda a região o lençol freático é elevado e mais vulnerável à contaminação, enquanto em grande parte da Baixada e algumas regiões próximas ao mar ocorrem solos com restrição de drenagem, onde há maior incidência de inundações (RIO DE JANEIRO, 2014).

O relevo, associado à proximidade do mar, também é responsável pelas variações existentes entre microclimas e regimes pluviais na área de estudo, com precipitações médias anuais que vão de 1.100mm a 2.230mm, concentradas nos meses do verão – época em que em toda a região é comum ocorrerem chuvas de grande intensidade (RIO DE JANEIRO, 2014).

As constantes enchentes que assolam a região, especialmente a Baixada, causadas pela associação da baixa capacidade de drenagem às altas

precipitações, levaram a que a maior parte dos rios ali presentes tivessem seus cursos originais alterados por obras que reduziram drasticamente os campos alagados e as matas e vegetação herbácea que os recobriam (RIO DE JANEIRO, 2014).

Dentre tais rios encontram-se o Guandu e seus afluentes, origem de quase a totalidade da água de abastecimento da RMRJ.

## 5.2.2

### Demografia

Como mencionado anteriormente, a área de influência do Arco Metropolitano quase coincide com a delimitação legal da RMRJ, e, assim, compartilha de muitos dos atributos desta.

Segundo o relatório “Regiões de Influência das Cidades” (REDIC), publicado pelo IBGE (2007), a cidade do Rio de Janeiro é uma das duas metrópoles nacionais e, juntamente com o município de São Paulo (grande metrópole nacional) e Brasília, integra o primeiro nível de gestão territorial do país. O REDIC também sinaliza que a rede de influência da RMRJ se estende por 264 municípios, de quatro estados, que compreendem 11,3% da população e 14,4% do PIB brasileiros.

Em relação ao estado do Rio de Janeiro, a RMRJ concentra 74,70% da população e 65,94% do PIB estaduais (IBGE, 2007, 2011 e 2013), números muito próximos àqueles da região abarcada pelo PDAM, que agrega 74,59% da população e 65,98% do PIB do estado.

Essa distribuição, entretanto, não é uniforme dentro da área de influência do Arco Metropolitano. Em relação à população, mesmo considerando apenas as AP 3 e AP5 do município do Rio de Janeiro, tem-se que este concentra mais da metade da população, e, apesar de crescer num ritmo mais baixo que os demais, a base atual já é tão expressiva que os acréscimos percebidos entre os Censos de 2000 e 2010 superam em muito a população total de mais da metade dos municípios restantes da região (Tabela 19).

Há diferenças marcantes também em relação à economia, onde os municípios que compõem a área abrangida pelo PDAM apresentam diferenças marcantes quanto aos setores que suportam o PIB local. Enquanto municípios centrais possuem atividades econômicas diversificadas, com maior representatividade dos setores de indústria e serviços, os municípios periféricos, em geral, tendem a depender do setor público (Tabela 20).

**Tabela 19 - acréscimo de população (2000-2010) e projeções de crescimento populacional (2010-2030) na região do Arco Metropolitano**

Área de Estudo	Município	População				Taxa Média de Crescimento Anual 2010-2030E (%)
		2000	2010	2020 (estimada)	2030 (estimada)	
I	Itaguaí	82.003	109.163	133.279	147.342	1,5
	Seropédica	65.260	78.183	89.657	96.349	1,1
	Mangaratiba	24.901	36.311	46.442	52.350	1,8
	Rio de Janeiro - AP5	1.556.505	1.774.608	1.968.263	2.081.197	0,8
	<b>Subtotal Área I</b>	<b>1.728.669</b>	<b>1.998.265</b>	<b>2.237.641</b>	<b>2.377.238</b>	<b>0,9</b>
II	Japeri	83.278	95.391	106.146	112.418	0,8
	Paracambi	40.475	47.074	52.933	56.350	0,9
	Queimados	121.993	137.938	152.096	160.352	0,8
	Nova Iguaçu	754.519	795.212	831.344	852.415	0,3
	Mesquita	166.080	168.403	170.466	171.668	0,1
	Nilópolis	153.712	157.483	160.831	162.784	0,2
	São João de Meriti	449.476	459.356	468.129	473.244	0,1
	Belford Roxo	434.474	469.261	500.149	518.161	0,5
	Duque de Caxias	775.455	855.045	925.715	966.928	0,6
	Magé	205.830	228.150	247.968	259.525	0,6
Rio de Janeiro - AP3	2.353.590	2.548.802	2.722.133	2.823.214	0,5	
<b>Subtotal Área II</b>	<b>5.538.882</b>	<b>5.962.115</b>	<b>6.337.910</b>	<b>6.557.059</b>	<b>0,5</b>	
III	Itaboraí	187.479	218.090	245.270	261.120	0,9
	Guapimirim	37.952	51.487	63.505	70.513	1,6
	São Gonçalo	891.119	999.901	1.096.490	1.152.817	0,7
	Tanguá	26.057	30.731	34.881	37.301	1,0
	Niterói	459.451	487.327	512.078	526.513	0,4
	Maricá	76.737	127.519	172.609	198.904	2,2
	Cachoeiras de Macacu	48.543	54.370	59.544	62.561	0,7
	<b>Subtotal Área III</b>	<b>1.727.338</b>	<b>1.969.425</b>	<b>2.184.377</b>	<b>2.309.729</b>	<b>0,8</b>

Fonte: Adaptada pela Autora, a partir de Rio de Janeiro, 2014

Essa dependência do setor público reflete-se de forma negativa na renda e na qualidade de vida da população. Como por ser visto na Tabela 21, tanto a medida do PIB per capita quanto a do IDH-M são mais elevadas nos municípios em que a participação do setor privado na economia é maior.

Ainda a respeito da renda, em anos recentes a região tem sofrido com o aumento da concentração de famílias em faixas de renda mais baixa. Entre 2001 e 2009 a parcela de famílias com rendimento mensal até dois salários mínimos elevou-se de 23,2% para 27,9%, e a de famílias com rendimento mensal de até cinco salários mínimos passou de 56,59% para 65,21%. Ao mesmo tempo, o percentual de famílias com rendimento mais elevado reduziu (RIO DE JANEIRO, 2014).

Em relação à distribuição espacial, um dos principais diferenciadores da RMRJ em relação às demais regiões metropolitanas brasileiras reside na sua

dupla centralidade; isto é, no fato de que possui dois polos distintos de atração, as cidades do Rio de Janeiro e Niterói (BERNARDES, 1971) – ainda que, em maior ou menor grau, todos os municípios gravitem em torno da capital.

**Tabela 20 - Valor Adicionado Bruto (VAB) dos municípios de abrangência do PDAM decomposto por setores econômicos**

Município	VAB da Administração, saúde e educação públicas e seguridade social		VAB da agropecuária		VAB da indústria		VAB dos Serviços <sup>1</sup>		VAB Total
	em mil reais	% do VAB Total	em mil reais	% do VAB Total	em mil reais	% do VAB Total	em mil reais	% do VAB Total	em mil reais
Belford Roxo	2.467.668	43,42%	2.008	0,04%	1.125.248	19,80%	2.088.760	36,75%	5.683.685
Cachoeiras de Macacu	340.802	39,97%	28.613	3,36%	202.511	23,75%	280.787	32,93%	852.714
Duque de Caxias	4.899.768	23,47%	6.707	0,03%	1.860.391	8,91%	14.108.412	67,58%	20.875.278
Guapimirim	314.895	46,76%	13.542	2,01%	93.765	13,92%	251.192	37,30%	673.395
Itaboraí	1.275.076	29,16%	7.610	0,17%	1.544.336	35,32%	1.545.306	35,34%	4.372.328
Itaguaí	824.367	12,73%	16.128	0,25%	1.668.000	25,75%	3.968.846	61,27%	6.477.341
Japeri	520.015	55,59%	3.478	0,37%	89.028	9,52%	322.846	34,52%	935.367
Magé	1.252.952	43,80%	30.992	1,08%	383.083	13,39%	1.193.847	41,73%	2.860.875
Mangaratiba	324.131	12,65%	13.861	0,54%	137.386	5,36%	2.087.096	81,45%	2.562.475
Maricá	803.776	11,39%	8.350	0,12%	4.195.363	59,48%	2.046.384	29,01%	7.053.874
Mesquita	906.530	51,00%	1.937	0,11%	133.261	7,50%	735.623	41,39%	1.777.351
Nilópolis	796.639	34,30%	0	0,00%	190.208	8,19%	1.335.791	57,51%	2.322.637
Niterói	2.944.831	16,64%	13.306	0,08%	5.048.446	28,53%	9.690.063	54,76%	17.696.646
Nova Iguaçu	4.125.852	34,16%	6.497	0,05%	1.831.749	15,16%	6.115.492	50,63%	12.079.589
Paracambi	249.712	45,33%	3.370	0,61%	56.087	10,18%	241.699	43,88%	550.867
Queimados	746.674	23,17%	2.496	0,08%	1.513.836	46,99%	958.930	29,76%	3.221.936
Rio de Janeiro	37.274.180	16,95%	65.295	0,03%	37.702.221	17,15%	144.837.385	65,87%	219.879.081
São Gonçalo	5.029.581	38,59%	40.647	0,31%	2.136.992	16,40%	5.824.652	44,70%	13.031.872
São João de Meriti	2.274.723	38,73%	764	0,01%	429.066	7,31%	3.168.492	53,95%	5.873.045
Seropédica	459.302	27,70%	12.213	0,74%	668.458	40,32%	517.966	31,24%	1.657.939
Tanguá	185.037	43,03%	5.399	1,26%	80.132	18,64%	159.426	37,08%	429.994

Notas:

1. Serviços excluindo administração, saúde e educação públicas e seguridade social
2. Todos os valores a preços correntes

Fonte: IBGE (2011)

As origens desse fenômeno remontam à época em que a cidade do Rio de Janeiro era a capital federal e Niterói era a capital do estado, e tende a se

acentuar com a implantação do Arco Metropolitano, pois que os principais “empreendimentos estruturantes” considerados localizam-se nos extremos do traçado: o Porto de Itaguaí ao Sul e o COMPERJ a Nordeste.

**Tabela 21 - VAB do Setor Público, PIB, PIB per capita e IDH-M dos municípios de abrangência do PDAM**

Município	%VAB da Administração, saúde e educação públicas e seguridade social no VAB Total 2011	PIB 2011	PIB per capita 2011	IDH-M 2010
		em mil reais	em reais	
Belford Roxo	43,42%	6.326.949	13.247,85	0,684
Cachoeiras de Macacu	39,97%	1.005.106	18.067,05	0,700
Duque de Caxias	23,47%	25.107.930	28.730,21	0,711
Guapimirim	46,76%	721.475	13.188,22	0,698
Itaboraí	29,16%	5.019.358	22.282,21	0,693
Itaguaí	12,73%	7.003.802	60.616,93	0,715
Japeri	55,59%	999.876	10.162,07	0,659
Magé	43,80%	3.045.894	13.105,19	0,709
Mangaratiba	12,65%	2.725.171	69.501,95	0,753
Maricá	11,39%	7.191.559	51.533,19	0,765
Mesquita	51,00%	1.887.434	11.090,48	0,737
Nilópolis	34,30%	2.526.332	15.960,35	0,753
Niterói	16,64%	19.908.508	40.284,31	0,837
Nova Iguaçu	34,16%	13.261.453	16.477,64	0,713
Paracambi	45,33%	600.091	12.320,94	0,720
Queimados	23,17%	3.680.058	25.961,06	0,680
Rio de Janeiro	16,95%	282.538.827	43.941,25	0,799
São Gonçalo	38,59%	14.064.389	13.714,57	0,739
São João de Meriti	38,73%	6.526.306	14.163,02	0,719
Seropédica	27,70%	1.837.124	22.607,97	0,713
Tanguá	43,03%	456.243	14.327,43	0,654

Fonte: IBGE (2011), PNUD, IPEA e FJP (2013)

Aliado ao fato de que as Áreas de Estudo I e III, onde tais empreendimentos se localizam, possuem ritmos de crescimento populacional mais elevado (Tabela 19), densidades populacionais mais baixas e, no caso da Área de Estudo III, também maior percentual de vazios urbanos (Tabelas 22 e 23), esse fator deve levar ao espraiamento da população da área de abrangência do PDAM (RIO DE JANEIRO, 2014).

Tal espraiamento pode ser positivo para o conjunto da área do PDAM se acompanhado de políticas adequadas de planejamento urbano, transporte e

moradia, uma vez que o aumento no número de empregos locais tende a reduzir tanto os movimentos pendulares casa/trabalho, aliviando as pressões sobre o sistema de transporte público metropolitano, quanto a dependência econômica dos municípios periféricos em relação aos dispêndios do setor público. Há, assim, potencial para redução das desigualdades ora percebidas.

**Tabela 22 - Variações de Densidade Populacional na área de abrangência do Arco Metropolitano**

Área de Estudo	Área Urbanizada 2001 (km <sup>2</sup> )	População Urbana Residente 2000	Densidade Média Populacional Urbana 2000/2001	Área Urbanizada 2010 (km <sup>2</sup> )	População Urbana Residente 2010	Densidade Média Populacional Urbana 2010
I	244,62	1.706.470	6.976	378,84	1.976.186	5.216
II	556,94	5.520.168	9.912	718,43	5.932.919	8.258
III	283,20	1.680.387	5.934	429,35	1.951.721	4.546
<b>TOTAL</b>	<b>1.084,76</b>	<b>8.907.025</b>	<b>8.211</b>	<b>1.526,62</b>	<b>9.860.826</b>	<b>6.459</b>
<b>RMRJ</b>	<b>1.228,96</b>	<b>10.783.867</b>	<b>8.775</b>	<b>1.819,36</b>	<b>11.780.449</b>	<b>6.475</b>

Fonte: Adaptada pela Autora, a partir de Rio de Janeiro, 2014

**Tabela 23 - Área Urbanizada e Vazios Urbanizáveis na área de abrangência do Arco Metropolitano**

Área de Estudo	Área Urbanizada 2001 (km <sup>2</sup> )	Área Urbanizada 2010 (km <sup>2</sup> )	Aumento da Área Urbanizada (2001-2010)		Área de Vazios Urbanizáveis 2010	Percentual de Vazios Urbanizáveis (2010) em relação ao total da área do Arco
			Total	Média Anual		
I	244,62	378,84	134,22	14,91	159,58	24,68%
II	556,94	718,43	161,49	17,94	202,71	31,35%
III	283,20	429,35	146,15	16,24	284,33	43,97%
<b>TOTAL</b>	<b>1.084,76</b>	<b>1.526,62</b>	<b>441,86</b>	<b>49,10</b>	<b>646,62</b>	<b>100,00%</b>
<b>RMRJ</b>	<b>1.228,96</b>	<b>1.819,36</b>	<b>749,50</b>	<b>11.780.449</b>	<b>801,00</b>	<b>-</b>

Fonte: Adaptada pela Autora, a partir de Rio de Janeiro, 2014

Entretanto, para a realização desse potencial de forma sustentável, há que se manter em mente a necessidade de, como defendido neste trabalho, considerar as áreas provedoras de serviços ecossistêmicos nas condicionantes à ocupação do território, estejam elas ou não em áreas já protegidas ou apontadas pelo PROBIO como prioritárias para conservação da biodiversidade.

É provável, ainda, que estas últimas, mesmo que resguardadas do ponto de vista formal, venham a sofrer grandes pressões de ocupação, dado que representam percentuais expressivos dos municípios com maiores taxas de crescimento populacional da região, todos no entorno do Porto de Itaguaí e do COMPERJ: Itaguaí (taxa de crescimento anual de 1,5% e 53,47% do território prioritário para conservação), Mangaratiba (1,8% e 34,05%, respectivamente), Guapimirim (1,6% de crescimento e 50,23% do território prioritário para

conservação) e Maricá (2,2% - a taxa de crescimento anual mais elevada de toda a região e 57,68%) (Tabelas 19 e 17).

### 5.2.3

#### Saneamento e Poluição

Os problemas de saneamento básico na RMRJ são extensos, antigos, e já foram objeto de inúmeros estudos<sup>11</sup>. Neste trabalho serão abordadas apenas as questões referentes aos serviços ecossistêmicos providos e consumidos na área de abrangência do PDAM.

A combinação de atividades industriais de grande porte e precárias condições de saneamento resulta, como seria de se esperar, em registros de poluição atmosférica, sonora, do solo e da água na área de influência do Arco Metropolitano.

Os recursos hídricos das bacias a que pertencem os municípios do Arco Metropolitano são utilizados para recreação, abastecimento doméstico e industrial, geração de energia e diluição de efluentes. O último desses fatores, pelo volume de resíduos não tratados lançado nos cursos d'água, causa forte impacto negativo sobre os demais, a ponto de que, para quase a totalidade dos rios, apenas na cabeceira ainda ser possível a realização de atividades recreativas (RIO DE JANEIRO, 2014).

A captação de água para consumo é ainda prejudicada pela deposição de sedimentos nos rios, cujo ritmo se acelera à medida em que maiores porções das margens dos rios e das encostas são desmatadas e inicia-se a exploração de novas lavras para coleta de material para a construção civil.

Grande parte da região abrangida pelo PDAM é abastecida pelo sistema Guandu, concebido para o atendimento do município do Rio de Janeiro, então estado da Guanabara. A partir da fusão deste com o estado do Rio de Janeiro, o sistema passou a abastecer também a Baixada Fluminense, o que resultou no encurtamento do horizonte de autossuficiência projetado (RIO DE JANEIRO, 2014).

Atualmente, não só o Guandu, mas todos os sistemas responsáveis pelo abastecimento da área do PDAM apresentam déficits hídricos, como demonstrado na Tabela 24, situação que, na ausência de novos projetos,

---

<sup>11</sup> A respeito do tema, podem ser consultados, dentre outros, os documentos oficiais dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) e dos Estudos Regionais de Saneamento Básico (ERSB), disponíveis em <<https://pmsbguanabara.wordpress.com/ersb/>>.

apenas tende a se agravar com o crescimento populacional e a implantação de novos empreendimentos econômicos.

Complementarmente ao abastecimento em rede pública, na região encontram-se poços para captação de água a partir dos aquíferos existentes, alternativa que constitui uma fonte importante nas zonas rurais de todos os municípios. Ocorre, entretanto, que a maior parte desses poços é rasa, o que expõe a água captada à contaminação por esgotos domésticos, inseticidas, fertilizantes e resíduos de origem animal dispostos sobre o solo sem tratamento apropriado (RIO DE JANEIRO, 2014).

**Tabela 24 - Déficit Hídricos na área de abrangência do Arco Metropolitano (2005-2020)**

<b>Sistema de Abastecimento</b>	<b>Déficit em 2005 (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Déficit em 2020 (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Municípios Abastecidos</b>
Guandu / Ribeirão da Lapa	0,255	1,148	Rio de Janeiro e Baixada Fluminense
Barragem do Saracuruna	0,003	0,005	Baixada Fluminense
Rio Saracuruna	0,309	0,705	Baixada Fluminense
Imunana-Laranjal	3,376	6,491	Niterói, São Gonçalo, Itaboraí e Maricá
<b>TOTAL</b>	<b>3,943</b>	<b>8,349</b>	

Fonte: Rio de Janeiro (2014)

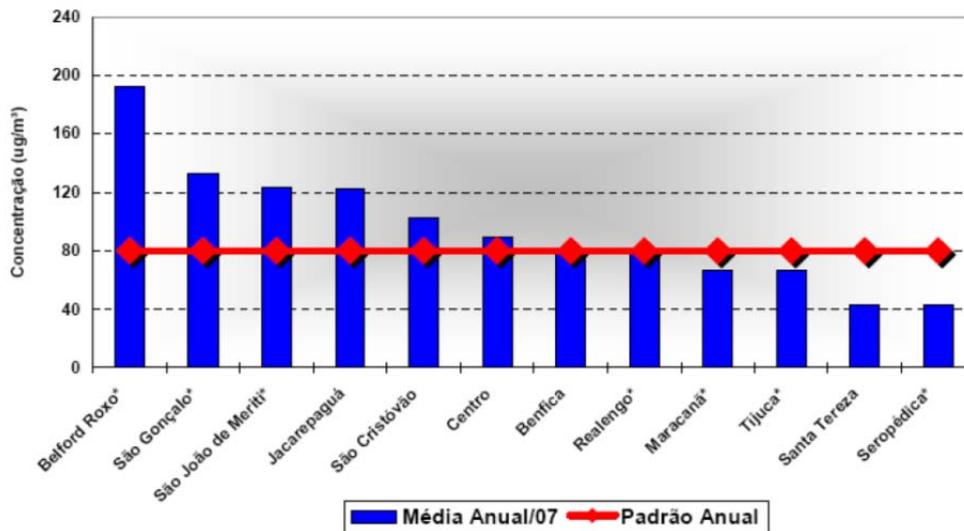
O assoreamento e a disposição inadequada de resíduos sólidos nos corpos hídricos prejudicam também a capacidade de drenagem, tanto natural quanto a da rede pública, com conseqüente aumento na intensidade e frequência de inundações na região.

As constantes reduções de vazão para regular o abastecimento de água no estado de São Paulo ou para incrementar a geração de energia elétrica vêm aumentando os eventos de intrusão salina na foz dos rios, com efeitos deletérios também sobre o lençol freático (RIO DE JANEIRO, 2014).

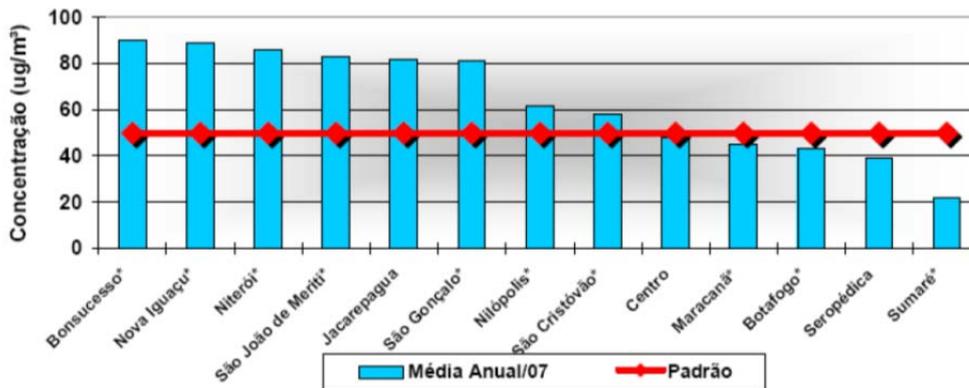
Em relação à qualidade do ar, o PDAM assinala que “os maciços da Tijuca e da Pedra Branca, paralelos à orla marítima, atuam como barreira física aos ventos predominantes do mar, não permitindo a ventilação adequada das áreas situadas mais para o interior” (RIO DE JANEIRO, 2014, p. 116), o que dificulta a dispersão de poluentes atmosféricos.

Assim, a ênfase dada ao transporte rodoviário e os parques industriais existentes na área do PDAM, além das características climáticas da região (que favorecem a geração de poluentes secundários), contribuem para a existência de altos índices de poluição, como pode ser visto nas Figuras 27 a 30, em especial nos meses entre maio e setembro, quando comumente ocorrem eventos de estagnação atmosférica (RIO DE JANEIRO, 2014).

Segundo o PDAM, não existe um “Boletim de Qualidade Acústica”, ou um mapeamento sonoro da RMRJ, de modo que não é possível inferir uma linha de base para mapear o aumento da poluição sonora na região causado pelo Arco Metropolitano. Entretanto, dado o volume de tráfego previsto para circular em tal rodovia, o Plano considera certo que haverá aumento significativo de ruído nas regiões de menor densidade populacional, onde o nível sonoro é de menor intensidade. Como o PDAM também espera que nessas regiões se dê um aumento de população, tem-se que as pessoas que lá habitam ou passem a habitar estarão expostas a níveis desconfortáveis de poluição sonora.



**Figura 27 – Concentração média anual – Partículas Totais em Suspensão (Rede Manual)**  
 Fonte: FEEMA (200-), apud Rio de Janeiro (2014)



**Figura 28 – Concentração média anual de Partículas Inaláveis**  
 Fonte: FEEMA (200-), apud Rio de Janeiro (2014)

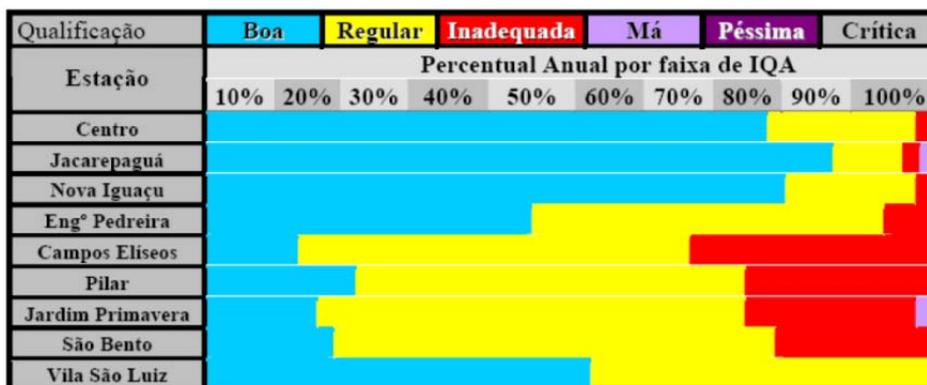


Figura 29 – Evolução do Índice de Qualidade do Ar (IQar) da RMRJ (Rede Automática)  
 Fonte: FEEMA (200-), apud Rio de Janeiro (2014)



Figura 30 – Evolução do Índice de Qualidade do Ar (IQar) da RMRJ (Rede Manual)  
 Fonte: FEEMA (200-), apud Rio de Janeiro (2014)

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1413543/CA

A partir das informações acerca das atividades econômicas, saneamento e poluição descritas nesta seção e das proposições de taxonomia debatidas no Capítulo 2 deste trabalho, é possível avaliar que serviços ecossistêmicos são mais relevantes para a região de estudo.

Com a devida ressalva de que todos os serviços ecossistêmicos, em maior ou menor grau, são necessários para a sobrevivência humana, a Tabela 25 descreve aqueles com maior vinculação à região do PDAM, segundo classificação geral proposta por Costanza et al. (1997) e classificação de serviços ecossistêmicos urbanos compilada por Gómez-Baggethun e Barton (2013):

Tabela 25 – Funções e Serviços Ecossistêmicos relevantes na área do PDAM

<b>Categoria</b>	<b>Funções Ecossistêmicas</b>	<b>Serviços Ecossistêmicos</b>	<b>Relação com a área do PDAM</b>
Serviços Ecossistêmicos em Geral (CONSTANZA et al., 1997)	Regulação da composição química da atmosfera	Regulação de gases	Redução dos índices de poluição atmosférica
	Armazenamento e retenção de água	Suprimento de água	Regulação do suprimento de água para abastecimento humano, irrigação e processos industriais
	Retenção de solo num ecossistema	Controle de erosão e retenção de sedimentos	Redução do assoreamento dos corpos hídricos
	Armazenamento, ciclagem interna, processamento e aquisição de nutrientes	Ciclagem de nutrientes	Filtragem de efluentes lançados nos corpos hídricos
	Recuperação de nutrientes e remoção ou decomposição do excesso de nutrientes e compostos polixênicos	Tratamento de água	Filtragem de efluentes lançados nos corpos hídricos
Serviços Ecossistêmicos Urbanos (Gómez-Baggethun e Barton, 2013)	Provisão de oportunidades de atividades recreativas	Recreação	Preservação de atrações turísticas
	Percolação e regulação de escoamento superficial (runoff) e vazões pluviais	Mitigação de runoffs e redução de alagamentos	Reabastecimento do lençol freático e corpos hídricos; redução de enchentes
	Fotossíntese, sombreamento e evopotranspiração	Regulação da temperatura urbana	Redução de ilhas de calor
	Absorção de ondas sonoras por vegetação e água	Redução de ruído	Amortecimento da poluição sonora
	Depósito seco de gases e particulados	Purificação do ar	Redução dos índices de poluição atmosférica
	Barreira física e absorção de energia cinética	Moderação de extremos ambientais	Amortecimento de tempestades, inundações e ondas por barreiras vegetais; absorção de calor durante ondas de calor severas; áreas pantanosas intactas reduzem transbordamento de rios
	Remoção ou decomposição de nutrientes polixênicos	Tratamento de água	Filtragem de efluentes lançados nos corpos hídricos
	Sequestro e armazenamento de carbono por fixação durante fotossíntese	Regulação climática global	Redução dos índices de poluição atmosférica
Ecosistemas com valores recreacionais	Recreação	Provisão de local para atividades lúdicas; preservação de atrações turísticas	

Fonte: Elaborada pela Autora, a partir de Costanza et al. (1997) e Gómez-Baggethun e Barton (2013)

### 5.3

#### O Plano Diretor do Arco Metropolitano (PDAM)

Um Plano Diretor, como definido pelo Estatuto das Cidades (Lei 10.257/01), “é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana” (BRASIL, 2001), e, como tal, deve reunir o conjunto de princípios e diretrizes a serem seguidos na construção do espaço urbano (BRASIL, 2002).

Para Villaça (2009), um Plano Diretor deve, com base em diagnósticos da realidade física, social, política e administrativa do território que abarca, apresentar propostas para a organização espacial (uso do solo urbano) e futuro desenvolvimento econômico do município.

Essas condições vão ao encontro dos requisitos mínimos que os Planos Diretores devem atender segundo o Estatuto das Cidades<sup>12</sup>, mas estão parcialmente ausentes do PDAM.

Apesar de este se apresentar, no corpo do próprio documento, “como a ferramenta indispensável de apoio ao planejamento, à elaboração de políticas de desenvolvimento integrado e ao contínuo e permanente monitoramento destas políticas para a região” (RIO DE JANEIRO, 2014, p. 1-2), o PDAM padece de dois males que impedem o cumprimento do prometido.

O primeiro é sua falta de articulação com outros instrumentos de planejamento que versam sobre a região de abrangência do Arco Metropolitano, como os Estudos Regionais de Saneamento Básico da Baixada Fluminense, o Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDTU) – trata-se, afinal, de um projeto rodoviário –, e, obviamente, os Planos Diretores municipais.

Sobre estes últimos, o texto do PDAM limita-se a apontar que “apresentam [entre si] uma grande diversidade de tipologias e diretrizes no âmbito dos seus zoneamentos”, sem sequer justapor os Planos Diretores municipais como forma de apoiar a afirmação seguinte, de que poderão ser desencadeados “conflitos de uso do solo intermunicipais” [devido às divergências de zoneamento entre os planos diretores municipais] (RIO DE JANEIRO, 2014, p. 443).

A segunda – e principal – grande questão é que o PDAM é majoritariamente investigativo, em lugar de orientador ou regulamentador. Isto é, o PDAM foca em mapear os investimentos econômicos que se vislumbrava para

---

<sup>12</sup> Delimitação das áreas urbanas onde poderá ser aplicado o parcelamento, edificação ou utilização compulsórios, regulamentação dos instrumentos de gestão urbana e sistema de acompanhamento e controle (BRASIL, 2001).

a região e possíveis impactos destes em relação à mancha urbana, mas não comporta parâmetros de organização, infraestrutura, vetores de desenvolvimento ou condicionantes e limitadores à expansão das cidades.

Do conjunto de vagas diretrizes nele contido, mais de 60% referem-se exclusivamente ao “ordenamento econômico” da região, e estas articulam-se mais com os chamados empreendimentos estruturantes do que com os aspectos ecológicos e sociais que influenciarão e serão influenciados pela implantação do Arco Metropolitano.

A ênfase nos temas econômicos é explicitada no próprio PDAM, onde afirma-se que “embora se reconheça a importância das externalidades sociais e ambientais decorrentes da implantação do Arco Metropolitano, convém notar que o enfoque aqui adotado é primordialmente econômico” (RIO DE JANEIRO, 2014, p. 464).

Talvez por essa razão, a parcela de diretrizes que trata da “qualidade ambiental” limita-se a citar ações para cumprimento legal, desperdiçando a oportunidade de usar a natureza – e os serviços ecossistêmicos por ela providos – a favor da mitigação dos impactos, num ciclo virtuoso de melhoria das condições de vida da população e conservação da natureza.

No que diz respeito a questões sociais, as políticas de habitação propostas reproduzem em parte o modelo atual do programa Minha Casa, Minha Vida, mais focado em incentivar a atividade econômica da construção civil do que em prover moradias de qualidade, bem localizadas, bem servidas de serviços públicos e a preços acessíveis.

Independentemente da profundidade com que as diretrizes [ditas] estratégicas são tratadas no PDAM, deve-se notar que elas não são cogentes, o que significa que não são de aplicação obrigatória pelas Prefeituras, o que o torna um instrumento pouco eficaz de direcionamento e regulamentação da ocupação do território que abarca.

É válido argumentar que não faria sentido que o PDAM, elaborado por um consórcio privado (ainda que sob a supervisão do governo estadual), automaticamente se sobrepusesse aos Planos Diretores municipais vigentes, construídos e convertidos em Lei no âmbito local.

Ainda assim, cabe questionar se o PDAM caracteriza de fato um “Plano Diretor”, uma vez que, do ponto de vista formal, o documento esteja mais próximo de um diagnóstico – sobretudo econômico – da região onde será implantado o Arco Metropolitano do que de um plano estruturador urbano.

Parece que uma oportunidade de equacionar essas questões foi aberta em setembro de 2015, quando foi anunciada pelo Governo Estadual a contratação de um “Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro”, com o objetivo de “traçar planos conjuntos para o desenvolvimento econômico, revitalização ambiental e políticas habitacionais nos próximos 25 anos” (RIO DE JANEIRO, 2015).

Enquanto diagnóstico, papel no qual é utilizado neste estudo, o PDAM enumera alguns achados importantes acerca da situação atual e potencial estado futuro da área objeto deste trabalho. Dentre eles, destacam-se:

- elevação dos níveis de poluição atmosférica e sonora, mais sentida nas regiões de implantação da Província Portuária de Sepetiba e do COMPERJ, que atualmente têm baixa densidade demográfica;
- influência do incremento de atividades industriais na região sobre o volume de emissões de efluentes líquidos e resíduos sólidos, agravando a carência geral de saneamento básico na região da Baixada Fluminense, e sobre o número de acidentes com cargas perigosas ao longo do Arco, aumentando o risco de contaminação dos mananciais e incêndios florestais ao longo da rodovia;
- redução da qualidade da água e ameaças aos ecossistemas aquáticos e estuarinos, causados por intervenções de dragagem e no aumento do tráfego de navios nas baías da Guanabara e de Sepetiba;
- indução de novos fluxos migratórios, que levarão a três impactos principais: (1) adensamento de áreas urbanas cortadas pelo Arco Metropolitano, notadamente nos municípios de Manilha, Magé, Duque de Caxias, Nova Iguaçu, Queimados, Seropédica e Itaguaí; (2) ocupação de áreas ainda não urbanizadas no entorno do Arco, especialmente nos municípios de Itaboraí, Japeri e Paracambi e nas regiões de Engenheiro Pedreira e Cidade dos Meninos; e (3) aumento do riscos de formação de aglomerações subnormais, favelização e especulação imobiliária durante o processo de expansão urbana em toda a área de influência do Arco;
- mudanças nos padrões de centralidade entre os municípios da região e nos movimentos pendulares (casa/trabalho) da população, a partir da implantação dos empreendimentos estruturantes e fluxos migratórios a eles associados, com destaque para municípios hoje

considerados “dormitórios”, como Magé, São Gonçalo, Itaboraí, Nova Iguaçu e Seropédica; e

- pressões para ocupação de Áreas de Proteção Ambiental e Unidades de Conservação ou suas áreas de amortecimento, notadamente sobre a Floresta Nacional Mário Xavier, que limita a área urbana de Seropédica.

Tais achados foram condensados pelo PDAM em dois cenários de expansão urbana, os quais constituem a base para a avaliação dos serviços ecossistêmicos na região de influência do Arco Metropolitano, objeto deste trabalho.

## 5.4

### **Cenários de expansão urbana traçados pelo PDAM**

Os cenários de desenvolvimento considerados para a elaboração do PDAM foram traçados utilizando a metodologia SLEUTH<sup>13</sup>. A construção desses cenários teve por objetivo “prever transformações futuras no território” (RIO DE JANEIRO, 2014, p. 384), com base nos “Fatores de Crescimento Urbano” descritos na Figura 31, distribuídos nas dimensões Ambiental, Econômico, Social e Urbano.

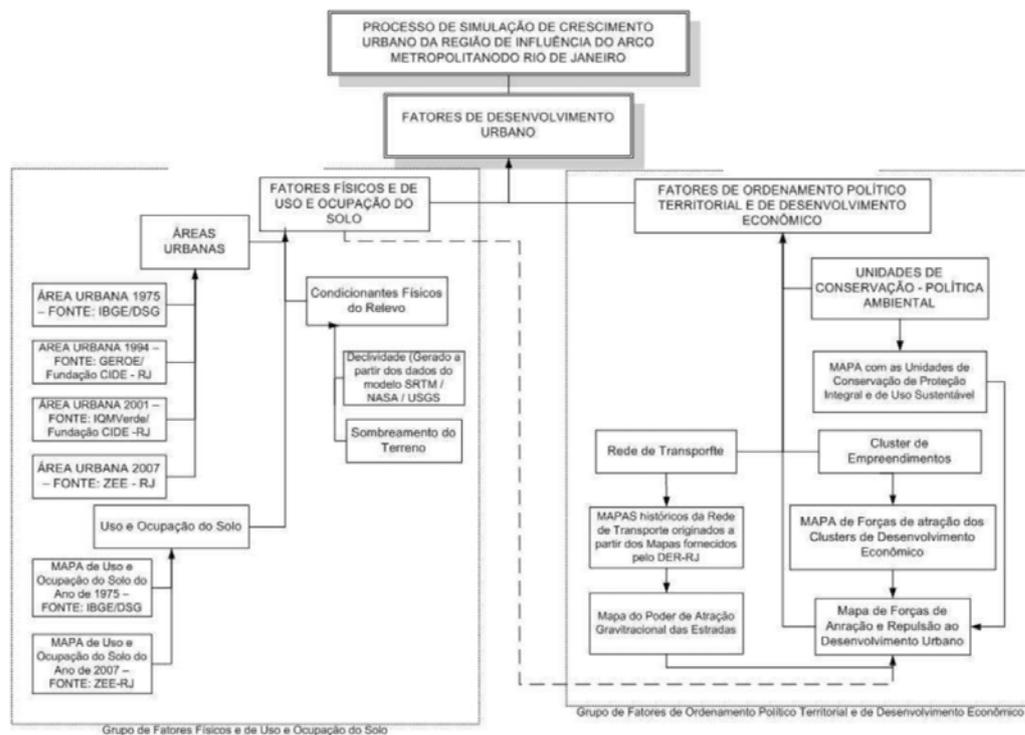
Foram utilizados na construção dos cenários os seguintes conjuntos de informação (RIO DE JANEIRO, 2014):

- Crescimento urbano da região nos períodos de 1975, 1994, 2001 e 2007;
- Dinâmica do uso do Solo nos períodos de 1975 e 2007;
- Caracterização física do relevo da região;
- Áreas de Proteção Ambiental, das esferas pública (federal, estadual e municipal) e privada;
- Áreas institucionais pertencentes às Forças Armadas;
- Planos Diretores dos municípios abrangidos e sua representação espacial sobre a área de estudo;

---

<sup>13</sup> Modelo para simulação de crescimento urbano que se apoia no processo dinâmico de transformação da paisagem por meio de modelos de transição do uso e cobertura do solo, desenvolvido pelo professor Dr. Keith C. Clarke, do Departamento de Geografia da Universidade da Califórnia em Santa Bárbara, e modificado por David I. Doato do *Eastern Geographic Science Center (EGSC)* vinculado ao *United States Geological Survey (USGS)*. O acrônimo refere-se à iniciais, em inglês, das variáveis utilizadas no modelo: declividade, uso do solo, exclusões, extensão urbana, transporte e sombreamento.

- Áreas ocupadas pelos empreendimentos estruturantes (COMPERJ e Porto de Itaguaí) e suas áreas de influência; e
- Evolução da rede de transporte da região e poder de atração gravitacional dos eixos de circulação e mobilidade.

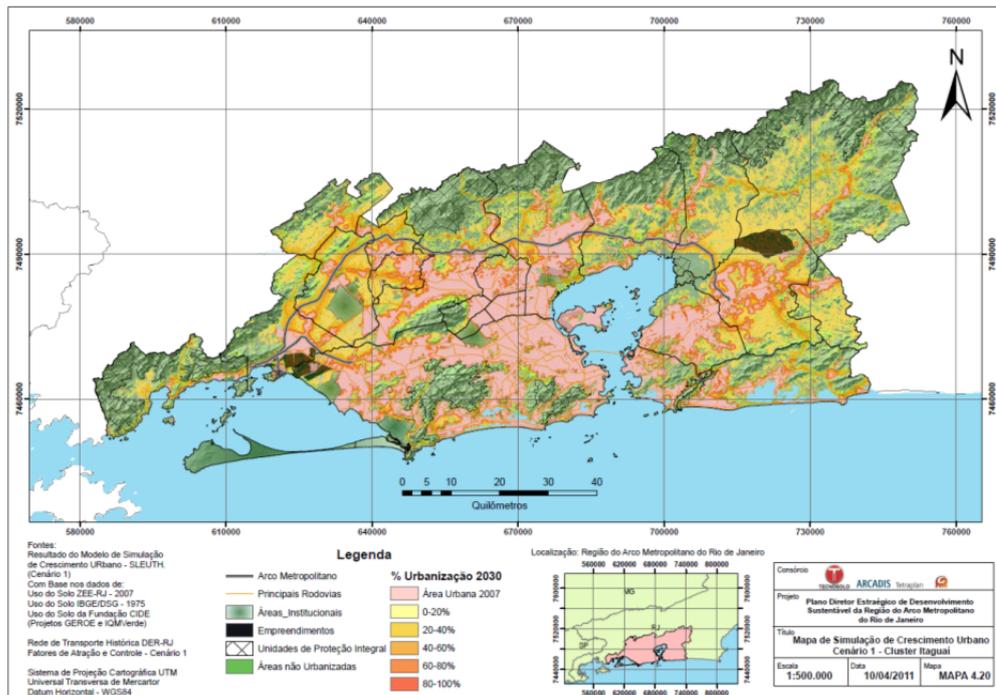


**Figura 31 - Fatores de Crescimento Urbano utilizados no PDAM Rio de Janeiro (2014, p.387)**

Os resultados das simulações geraram dois cenários, apresentados na forma de mapas com demarcações indicando sua probabilidade de urbanização futura em gradações de 10% cada, indo de 0-10% até 100% (Figuras 32 e 33).

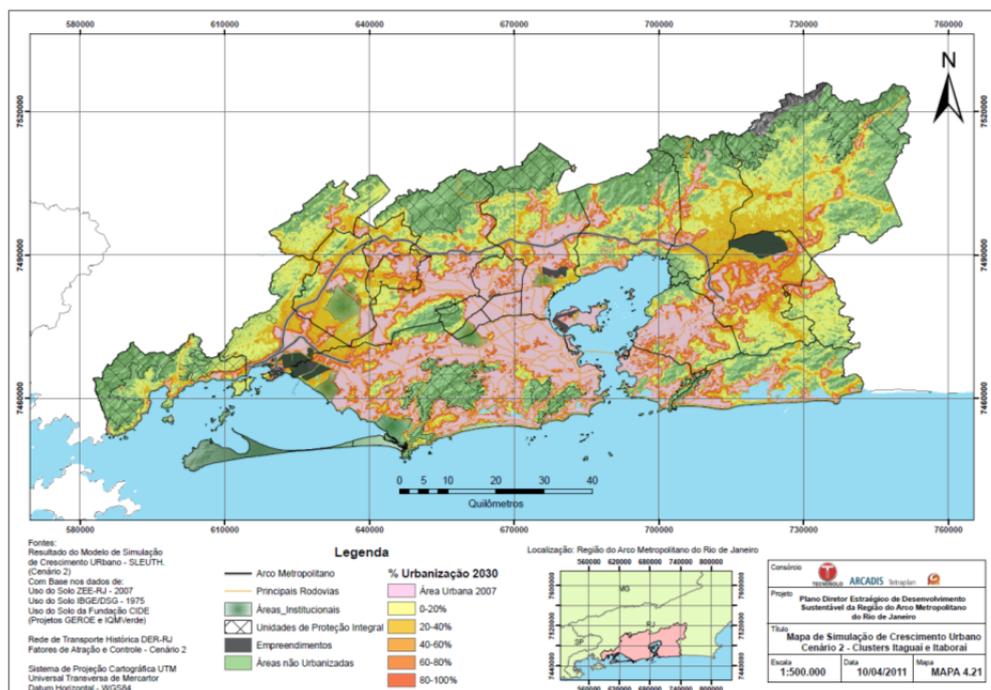
O que difere as duas simulações são os polos econômicos de atração e repulsão do crescimento urbano: no Cenário 1 foi considerado apenas o Porto de Itaguaí, e no Cenário 2, o Porto de Itaguaí e o COMPERJ (município de Itaboraí).

Dos dois panoramas considerados, o Cenário 2 aponta para um maior número de áreas com 100% de probabilidade de urbanização (Figura 32), sendo, portanto, o que exerce maior pressão sobre o meio ambiente. Por essa razão, adotou-se, neste trabalho, o mapa futuro de uso e cobertura do solo atrelado a ele (Figura 33).

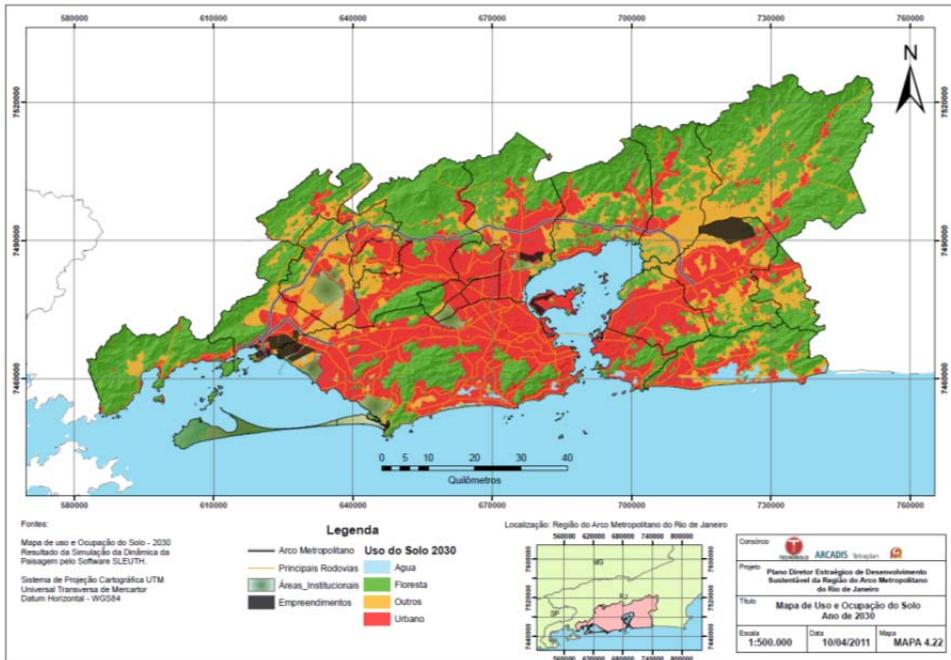


**Figura 32 – Mapa de simulação do crescimento urbano na área de influência do PDAM (Método SLEUTH) – Cenário 1**  
 Fonte: Rio de Janeiro, 2014.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1413543/CA

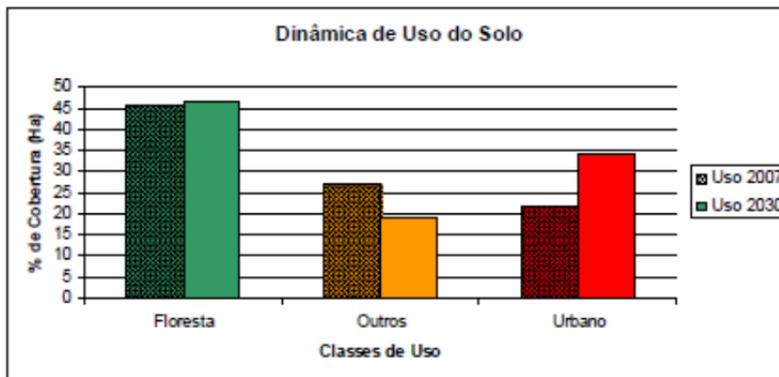


**Figura 33 – Mapa de simulação do crescimento urbano na área de influência do PDAM (Método SLEUTH) – Cenário 2**  
 Fonte: Rio de Janeiro, 2014.



**Figura 34 – Mapa de Uso e Cobertura do Solo na área de influência do PDAM – Projeção para 2030**  
 Fonte: Rio de Janeiro, 2014.

Tal projeção considera apenas três classes de uso e cobertura do solo, Florestas, Áreas Urbanas e Outros (Pastagens e Cultivos), dentre as quais a última é que mais perde relevância (Figuras 34 e 35).



**Figura 35 – Percentuais de Uso e Cobertura do Solo na área de influência do PDAM: 2007 x 2030 (e)**  
 Fonte: Rio de Janeiro, 2014.

Isso ocorreria devido à “falta de dinamismo das cadeias produtivas e das ações políticas e econômicas relacionadas à atividade pecuária e aos cultivos nas regiões rurais inseridas na região de influência do Arco Metropolitano”, ocasionando avanço das cidades para a periferia das áreas urbanas já consolidadas. (RIO DE JANEIRO, 2014). Embora vislumbre-se também um discreto crescimento na área de florestas, o destaque de fato vai para a elevação do percentual de áreas urbanizadas.

Note-se que, uma vez que o PDAM não traz apontamentos cogentes para revisão dos Planos Diretores Municipais, o mapa de uso e cobertura do solo da perspectiva futura considera a conversão de todas as áreas alvo de pressões de urbanização, numa situação de “pior cenário possível”.

O que este trabalho se propõe a fazer é avaliar se essas futuras manchas urbanas se sobrepõem às áreas prioritárias para produção de serviços ecossistêmicos, e, a partir do cruzamento dessas informações, apontar que regiões deveriam ser preservadas do processo de urbanização.

As ferramentas e processos utilizados para essa avaliação, bem como seus resultados, encontram-se descritos no Capítulo 2 deste trabalho, Metodologia.

## 6

### **Avaliação dos Serviços Ecossistêmicos na Área do PDAM**

#### 6.1

##### **Avaliação Geral**

##### 6.1.1

##### **Serviços Ecossistêmicos relacionados à Água**

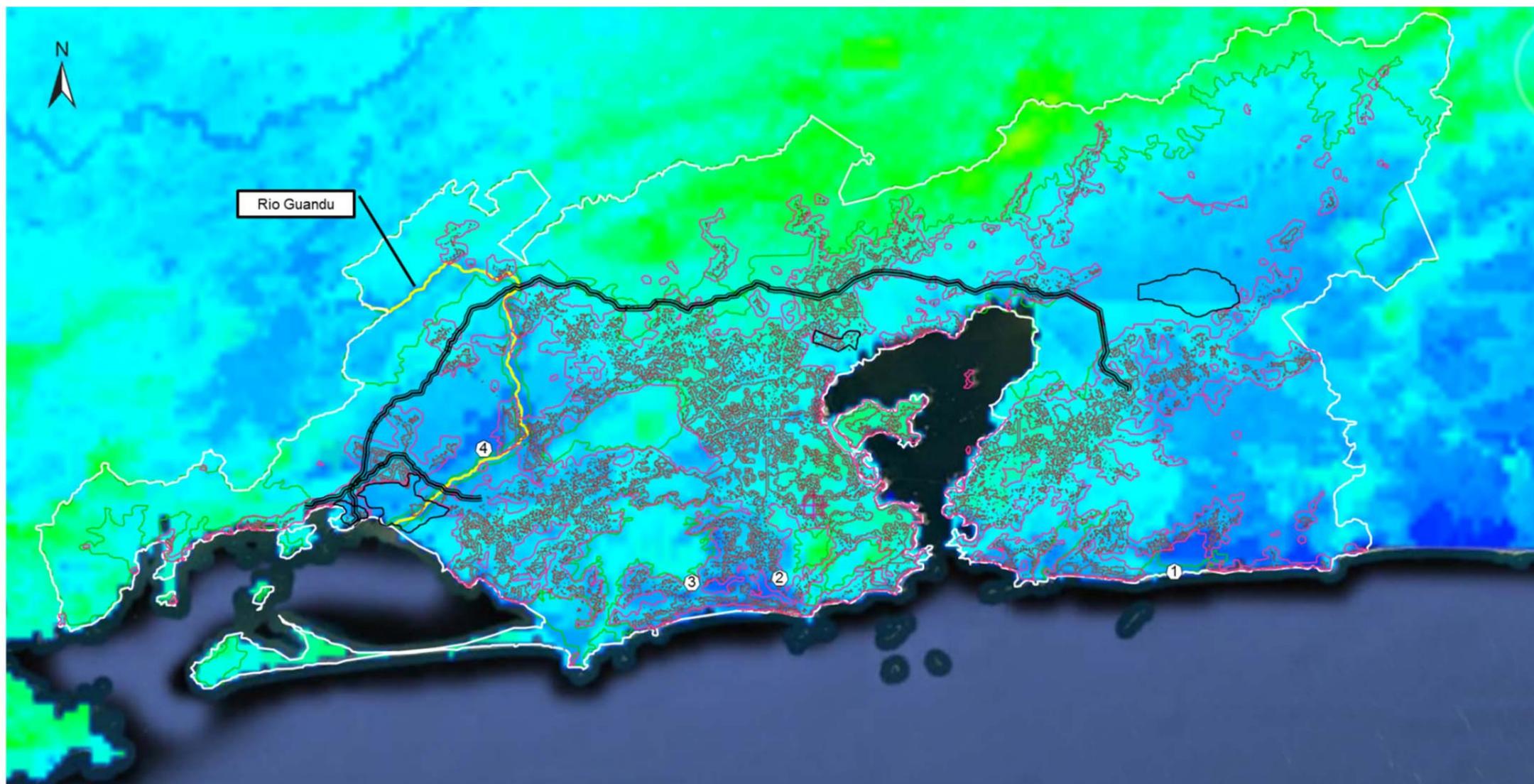
O mapeamento da situação atual dos serviços ecossistêmicos relacionados à provisão de água limpa, demonstrados nos Mapas 1 (Balanço Hídrico), 2 (Pegada Ecológica Hídrica) e 3 (Estresse Hídrico), aponta que mais do que um questão de quantidade de água disponível, o problema é a qualidade da água distribuída aos habitantes e indústrias da região

Dentro da região de estudo, as áreas com saldos de balanço hídrico mais elevados encontram-se, sem exceção, no interior de Unidades de Conservação.

Tal proteção, certamente positiva no sentido de resguardar os principais locais de armazenamento de água no solo e na vegetação de forma a manter o suprimento do lençol freático e corpos hídricos, sofre, entretanto, grandes pressões de ocupação, e encontra-se, em diversos pontos levantados pelo PDAM (RIO DE JANEIRO, 2014), diretamente na circunscrição das zonas de provável expansão urbana.

Ressalvados esses eventuais conflitos entre os limites das Unidades de Conservação e manchas urbanas, o ponto mais relevante no quesito Balanço Hídrico é o saldo relativamente baixo no entorno do Rio Guandu (e de sua APA) no município de Seropédica, demonstrado na Figura 36, dado que esse aspecto pode comprometer a capacidade de alimentação do próprio Rio Guandu, que integra a principal fonte de abastecimento de água de toda a região do PDAM.

No que diz respeito à qualidade da água disponibilizada à população o panorama encontra-se longe de ser confortável.

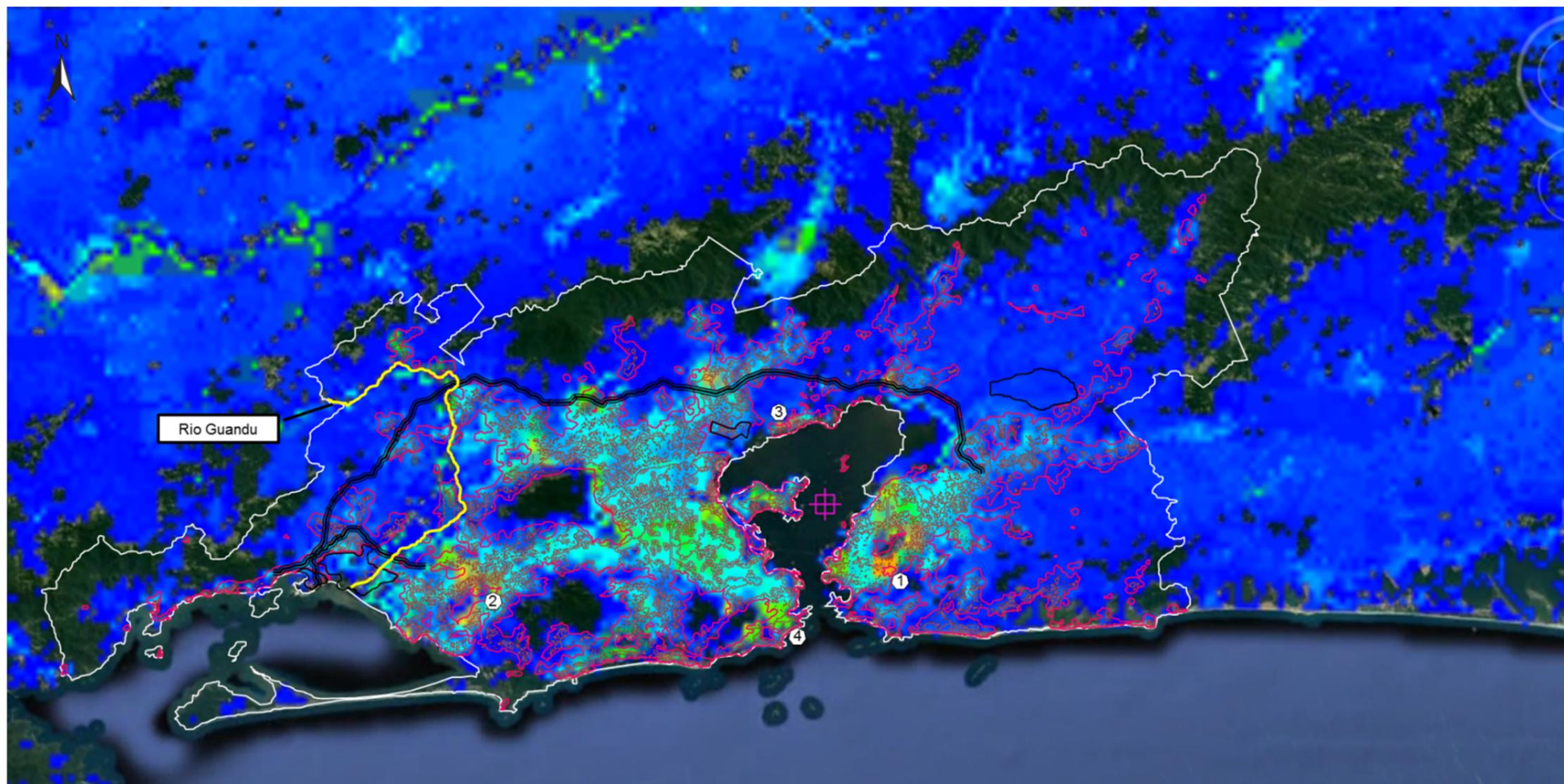


**Síntese da Avaliação**

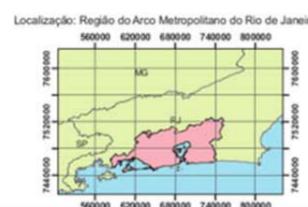
O Balanço Hídrico é calculado pelo Water World como a diferença entre a soma da precipitação e condensação (*fogging*) e a soma da evaporação e da evapotranspiração real ocorridas num mesmo ponto. Embora não haja pontos com balanço hídrico anual negativo na região de estudo, deve-se notar a existência de saldos reduzidos no sistema lagunar de Maricá (1), nas Lagoas da Tijuca (2) e de Jacarepaguá (3) e próximo ao Rio Guandu (4), principal fonte de abastecimento da cidade do Rio de Janeiro e dos municípios da Baixada Fluminense.

**Mapa 1 – Balanço Hídrico Anual**

Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Water World v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth

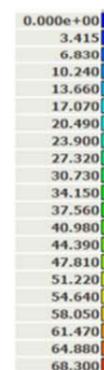


**Localização**



**Legenda**

- Empreendimentos Âncora
- Área Urbana 2007
- Área Urbana 2030 (prevista)
- Principais Unidades de Conservação
- Traçado do Arco Metropolitano



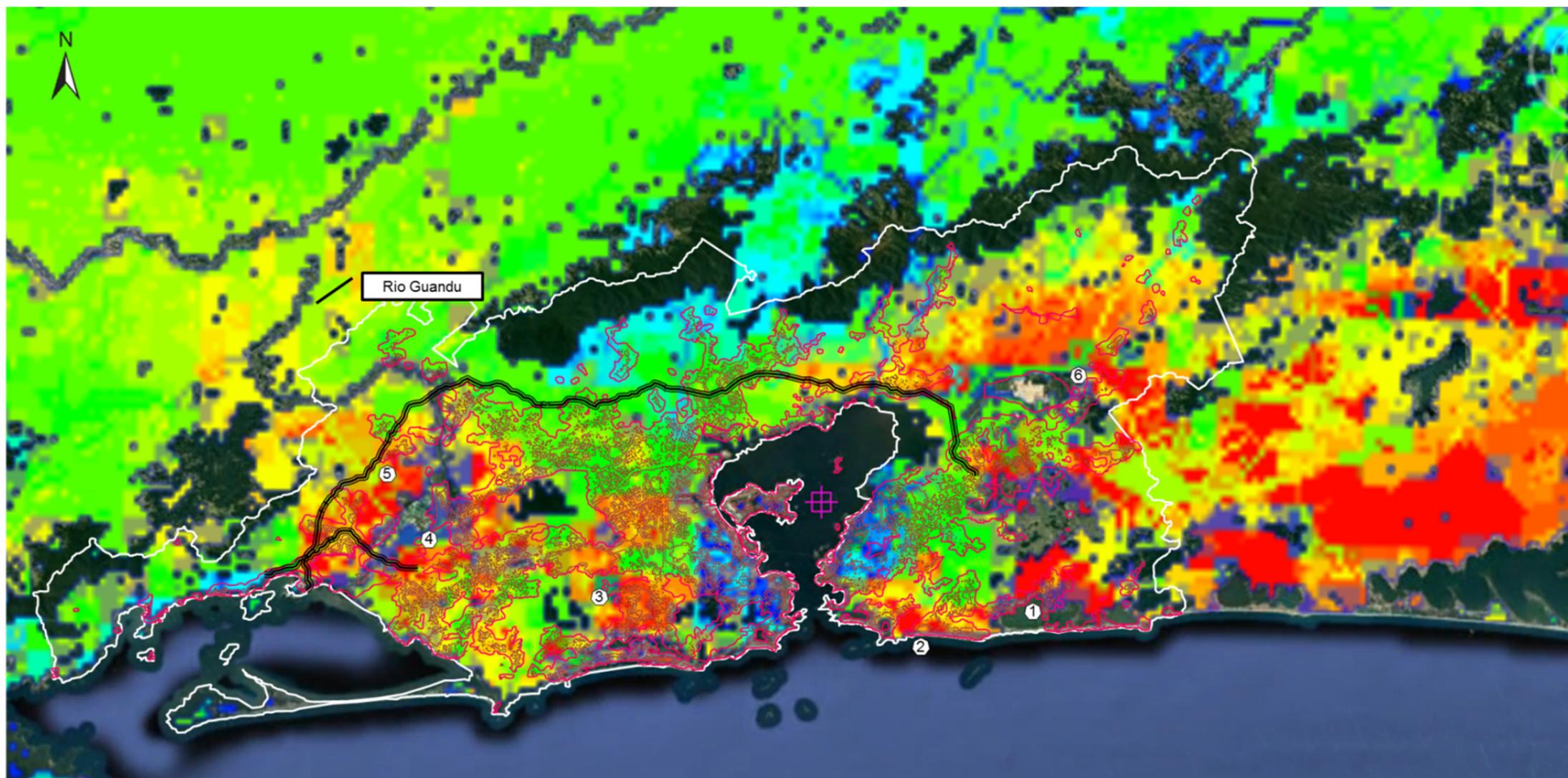
Resultados indicados em percentagem

**Síntese da Avaliação**

A Pegada Ecológica Hídrica é indicada como o percentual de possibilidade de contaminação da água encontrado em cada ponto avaliado. Na região de estudo, o pico é atingido na zona urbana do município de Niterói (1), quase 70% de probabilidade de contaminação da água. Outros pontos relevantes podem ser encontrados na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro (2), majoritariamente em áreas que ainda serão urbanizadas (RIO DE JANEIRO, 2014), e no município de Nilópolis (3). Neste último caso, não apenas a ocupação urbana, mas também a degradação dos manguezais locais contribui para a contaminação da água. Por último, deve-se notar que há entre 30 e 45% de chance de contaminação da água na Zona Sul do Rio de Janeiro (4), bairros de renda mais elevada e que, em geral, contam com condições adequadas de abastecimento de água e coleta de esgotos domésticos. Neste caso, crê-se que a ocupação das encostas por favelas, cujas necessidades de saneamento costumam ser negligenciadas pelo poder público, possa originar as fontes de contaminação mapeadas.

**Mapa 2 – Pegada Ecológica Hídrica**

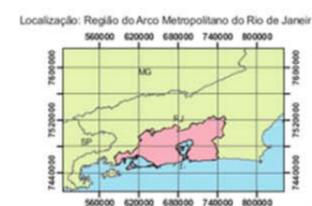
Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Water World v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth



**Escala Gráfica**

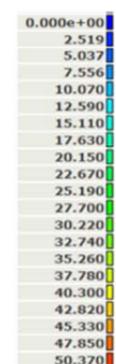


**Localização**



**Legenda**

- Empreendimentos Âncora
- Área Urbana 2007
- Área Urbana 2030 (prevista)
- Principais Unidades de Conservação
- Traçado do Arco Metropolitano



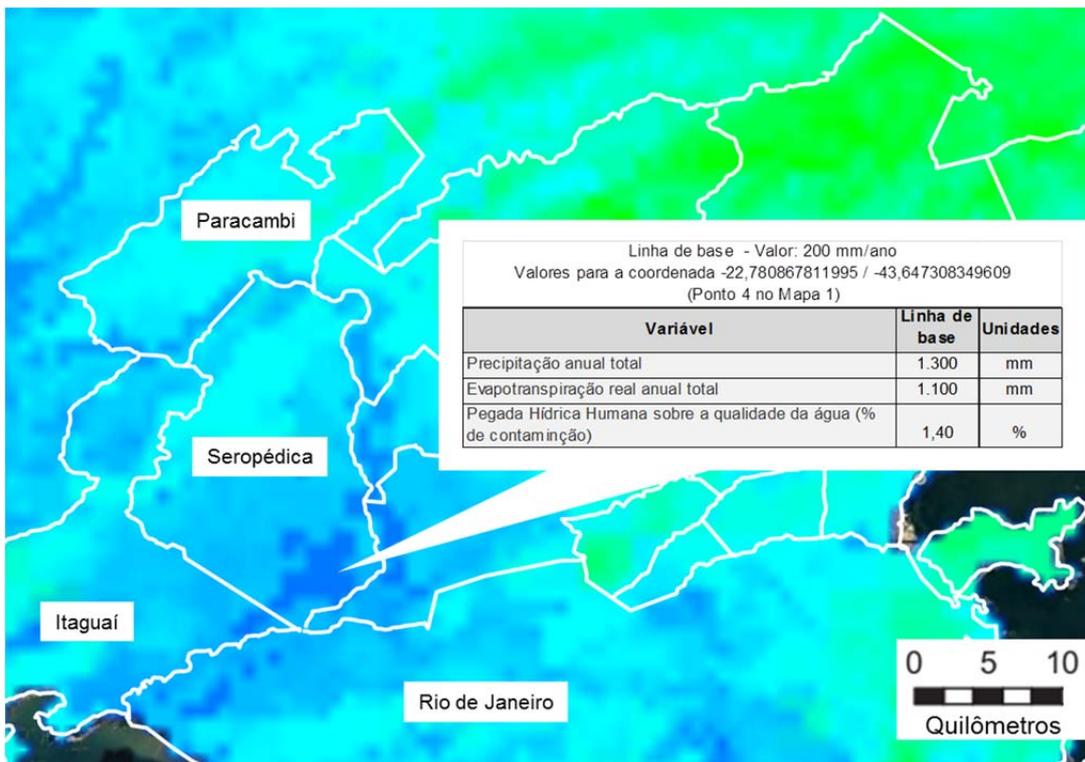
Resultados indicados em porcentagem

**Síntese da Avaliação**

A avaliação de estresse hídrico realizada pelo Water World indica o percentual da demanda por água que não é atendida ou que é atendida por fontes contaminadas. Como pode ser observado, há percentuais elevados de frustração da demanda na área urbanizada da região de estudo em 2007, com picos de aproximadamente 50%. Tais extremos são encontrados no município de Maricá (1), na Região Oceânica do município de Niterói (2), na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro (3 e 4) e no entorno do Rio Guandu (4 e 5). Esses achados coincidem em parte com os déficits hídricos já mapeados na região (PDAM; Rio de Janeiro, 2014). Deve-se notar ainda que, em alguns pontos (exemplos em 2 e 6) a expansão urbana prevista pelo PDAM dar-se-á em direção a pontos que já estão sob estresse hídrico significativo, o que acarretará a necessidade de maiores investimentos em captação, tratamento e distribuição de água para reduzir os riscos de desabastecimento à população.

**Mapa 3 – Estresse Hídrico**

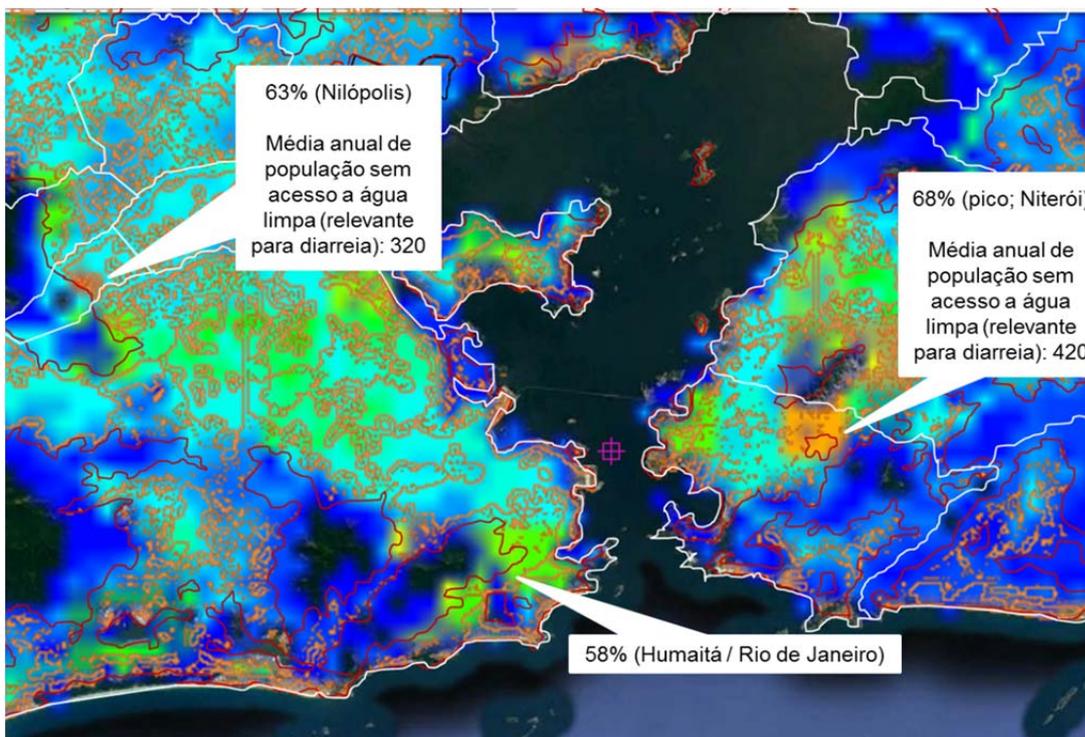
Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Water World v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth



**Figura 36 – Detalhamento do Balanço Hídrico no Ponto 4 (Mapa 1)**

Fonte: Elaborada pela Autora, com dados de Water World v.2 (2016), sobre imagem do Google Earth

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1413543/CA



Área Urbana 2007

Área Urbana 2030 (prevista)

**Figura 37 – Detalhamento da Pegada Ecológica Hídrica (Mapa 2) – parte 1**

Fonte: Elaborada pela Autora, com dados de Water World v.2 (2016), sobre imagem do Google Earth

Em quase toda a área urbana da zona de abrangência do PDAM as probabilidades de contaminação da água consumida giram entre 10% e 20% (Mapa 2, Pegada Ecológica Hídrica), chegando a um pico de 68% na região abrangida pelos bairros Sapê, Caramujo, Maria Paula, Baldeador e Santa Bárbara, todos no Município de Niterói (Figura 37). O indicador impressiona não somente pelo seu alto valor, mas também pelo aspecto inesperado de ser Niterói o município de mais alto de IDH-M da região.

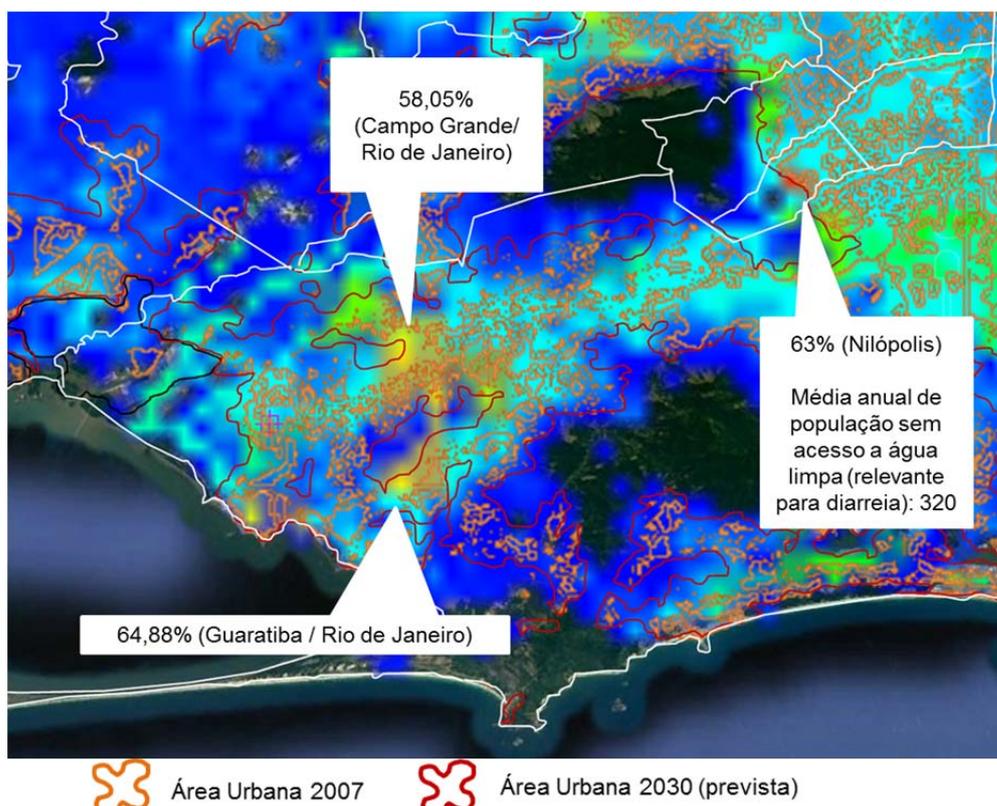
Também na Zona Sul do Rio de Janeiro, entre os bairros de renda média e média-alta do Humaitá e Jardim Botânico (58%), encontra-se percentual relevante de probabilidade de contaminação da água, e, por fim, desta feita de modo nem tão surpreendente, encontra-se no município de Nilópolis o segundo maior índice da região de estudo, 63%.

Esses três pontos encontram-se já inseridos na malha urbana dos municípios de referência denotando defasagem nos investimentos públicos em saneamento frente à demanda já configurada.

O quarto ponto destacado no Mapa 2 (Pegada Ecológica Hídrica), na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, entretanto, faz parte da região que será provavelmente urbanizada até 2030 (RIO DE JANEIRO, 2014) (Figura 38).

Essa área vem recebendo maciços investimentos do poder público municipal para instalação de equipamentos urbanos e infraestrutura de transporte e, já há algum tempo, concentra parte significativa das novas incorporações imobiliárias da cidade. Ou seja, neste caso, além dos achados do PDAM (RIO DE JANEIRO, 2014), há outros indicadores claros de expansão da mancha urbana.

O fato de que essa expansão avançará sobre regiões sem a garantia de acesso a água limpa impõe a necessidade de ou uma revisão do Plano Diretor e das diretrizes de investimento do município, ou, o que seria mais adequado para também atender à população já instalada, o incremento das ações de promoção do saneamento básico na região.

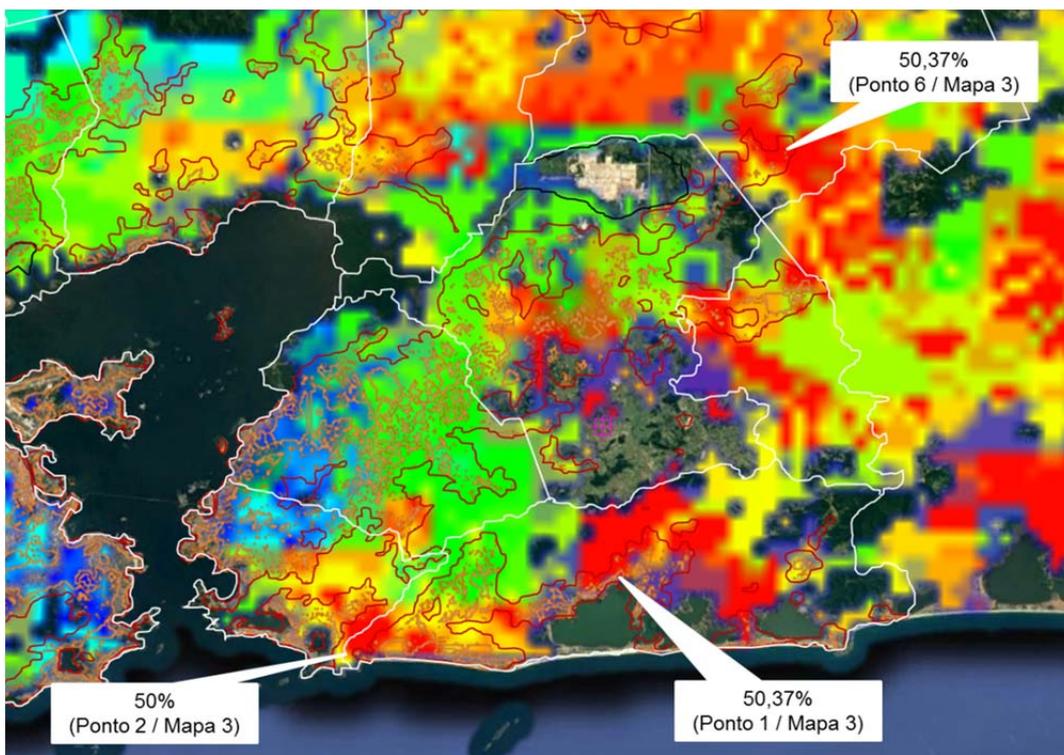


**Figura 38 – Detalhamento da Pegada Ecológica Hídrica (Mapa 2) – parte 2**

Fonte: Elaborada pela Autora, com dados de Water World v.2 (2016), sobre imagem do Google Earth

Um outro indicador, de Estresse Hídrico (Mapa 3), aponta para o percentual de demanda por água potável que não é atendida ou que é atendida com água de baixa qualidade – e corrobora a necessidade de atentar para as políticas de saneamento existentes e a serem implementadas nas regiões onde há previsão de expansão urbana.

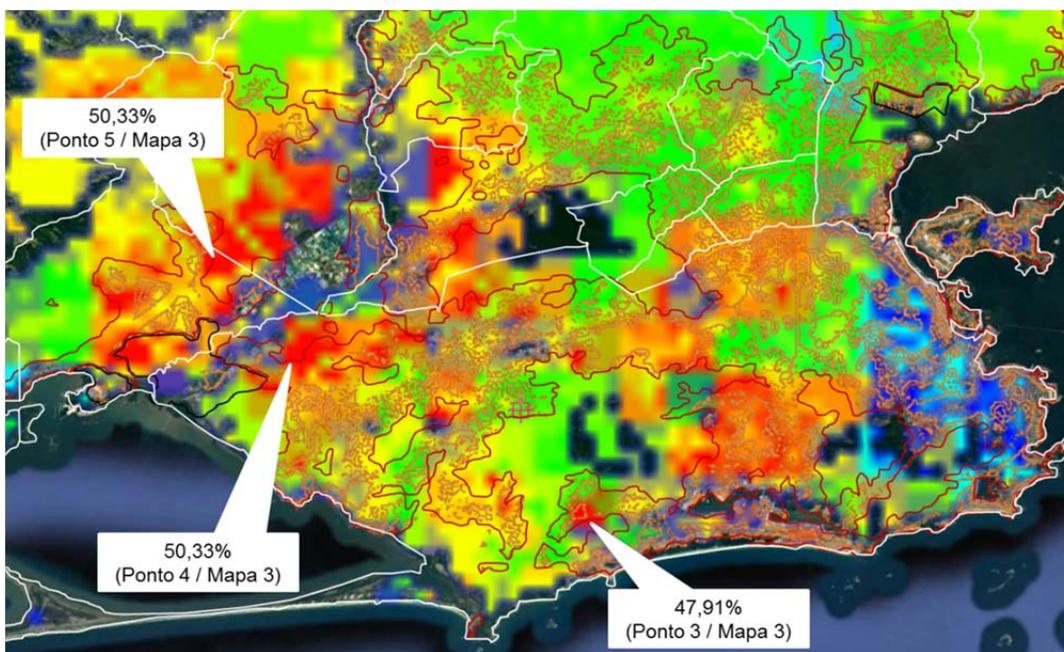
Como demonstrado no Mapa 3, em diversos pontos da área de abrangência do PDAM o percentual da demanda frustrada por água limpa aproxima-se dos 50%, tanto na porção Leste (Figura 39), onde os destaques negativos são o entorno do COMPERJ, a zona urbana de Maricá e a Região Oceânica de Niterói, quanto na porção Oeste (Figura 40), onde sobressaem-se a Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, e as porções que margeiam o Rio Guandu nos municípios de Seropédica e Itaguaí. A este respeito, faz-se necessário apontar novamente que o Rio Guandu representa a principal fonte de abastecimento da região.



 Área Urbana 2007    
  Área Urbana 2030 (prevista)

**Figura 39 – Detalhamento do Estresse Hídrico (Mapa 2) – parte 1**

Fonte: Elaborada pela Autora, com dados de Water World v.2 (2016), sobre imagem do Google Earth



 Área Urbana 2007    
  Área Urbana 2030 (prevista)

**Figura 40 – Detalhamento do Estresse Hídrico (Mapa 2) – parte 2**

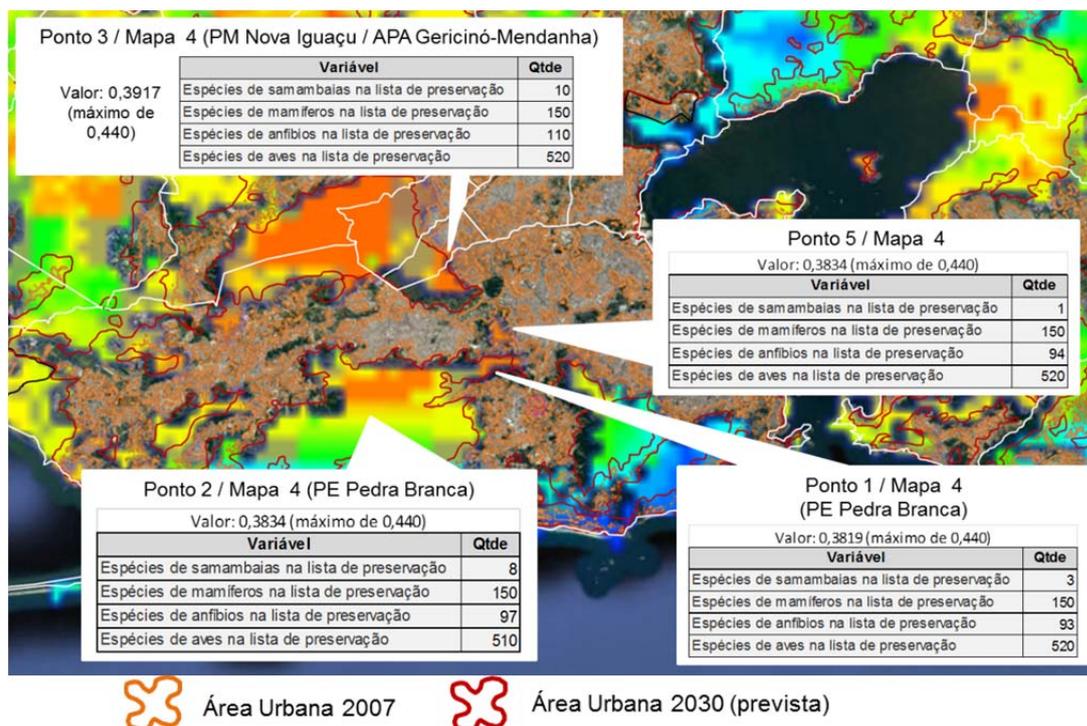
Fonte: Elaborada pela Autora, com dados de Water World v.2 (2016), sobre imagem do Google Earth

## 6.1.2

### Prioridade para Conservação da Biodiversidade

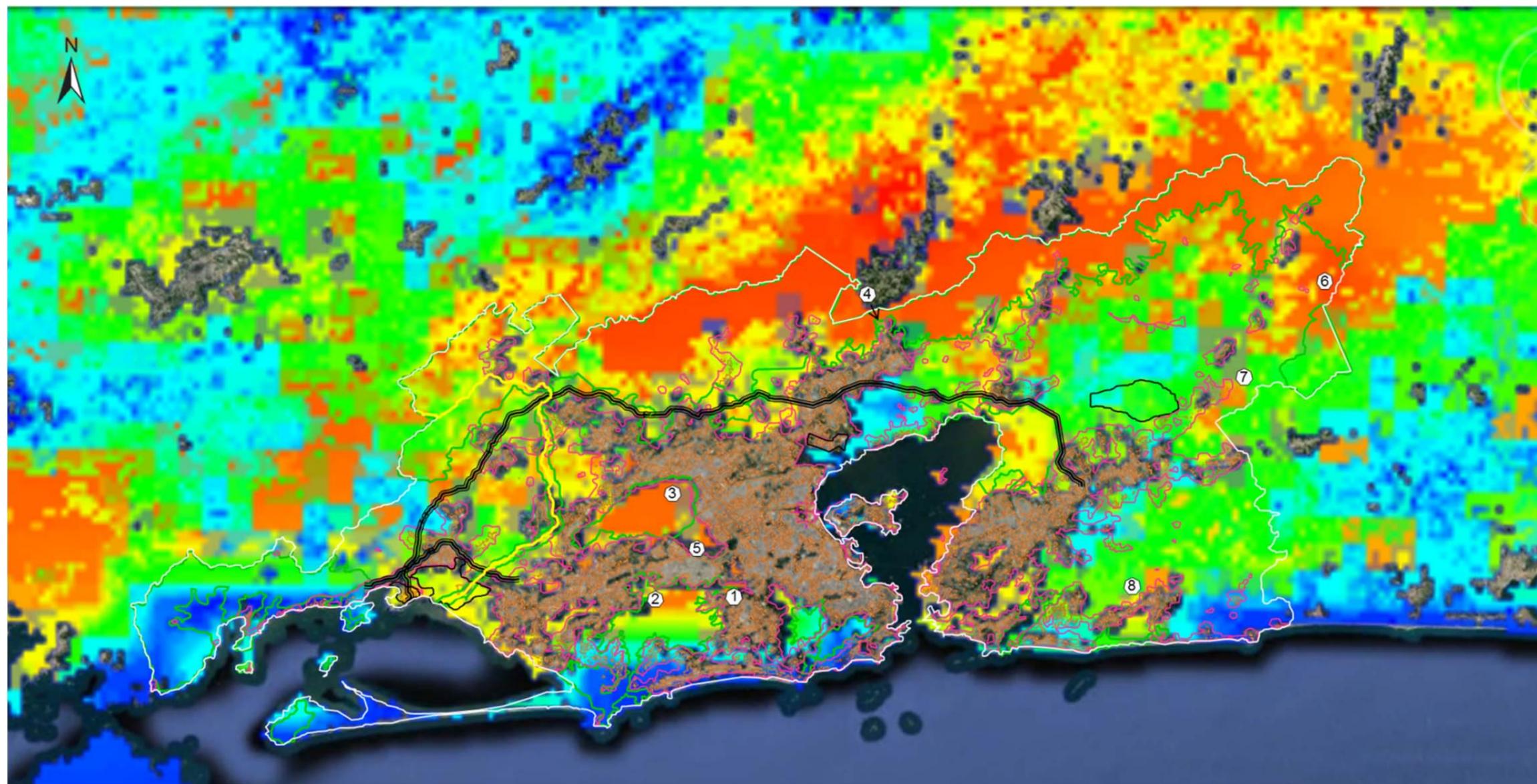
A área de influência do PDAM é recoberta por remanescentes da Mata Atlântica, alguns relativamente extensos, que abrigam variadas espécies da fauna e flora brasileiras. Como indicado no Mapa 4 (Prioridade para Conservação da Biodiversidade (Global)), em diversos pontos da região há riqueza a proteger, ainda que a nível global não seja atingida a prioridade máxima (representada pela pontuação 1 nos processamentos do Costing Nature).

O mapeamento realizado permite identificar, dentro da área de análise, quais pontos possuem maior biodiversidade, e que, portanto, devem ter prioridade na instauração e manutenção de políticas preservacionistas. Algumas dessas regiões estão no interior de Unidades de Conservação, com destaque para o Parque Estadual da Pedra Branca (pontos 1 e 2 do Mapa 4), o conjunto Parque Municipal de Nova Iguaçu / APA da Serra do Gericinó-Mendanha (ponto 3 no Mapa 4) (Figura 41) e para o conjunto APA da Região Serrana de Petrópolis/ APA de Xerém (ponto 4 no Mapa 4) (Figura 42).

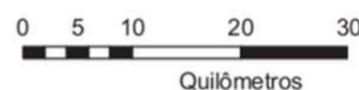


**Figura 41 – Detalhamento da Prioridade para Conservação da Biodiversidade (Mapa 4) – parte 1**

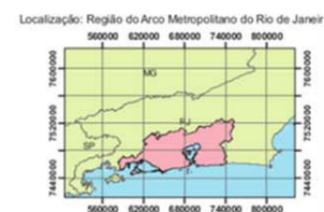
Fonte: Elaborada pela Autora, com dados de Costing Nature v.2 (2016), sobre imagem do Google Earth



**Escala Gráfica**

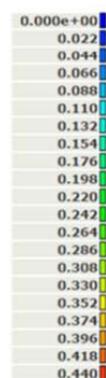


**Localização**



**Legenda**

- Empreendimentos Âncora
- Área Urbana 2007
- Área Urbana 2030 (prevista)
- Principais Unidades de Conservação
- Traçado do Arco Metropolitano



Resultados adimensionais, variando de 0 a 1

**Síntese da Avaliação**

Dos mapas utilizados nesta dissertação, apenas este, referente às áreas prioritárias para conservação da biodiversidade foi indexado em relação a todo o planeta, e não apenas localmente, dado o caráter universal de tal dimensão. Os principais pontos de atenção aqui referem-se às pressões de ocupação exercidas sobre áreas de proteção estabelecidas, como, por exemplo, o Parque Estadual da Pedra Branca (1 e 2), o Parque Municipal de Nova Iguaçu e a APA da Serra do Gericinó-Mendanha (3) e as APAs de Xerém e da Região Serrana de Petrópolis (4). Também é significativa a existência de áreas com alta prioridade para conservação da biodiversidade fora de unidades de conservação (5, 6, 7 e 8, por exemplo). Em ambos os casos, alguns dos pontos com mais elevada prioridade para conservação encontram-se em regiões que, segundo o PDAM (RIO DE JANEIRO, 2014), serão urbanizadas até 2030 (4, 7 e 8).

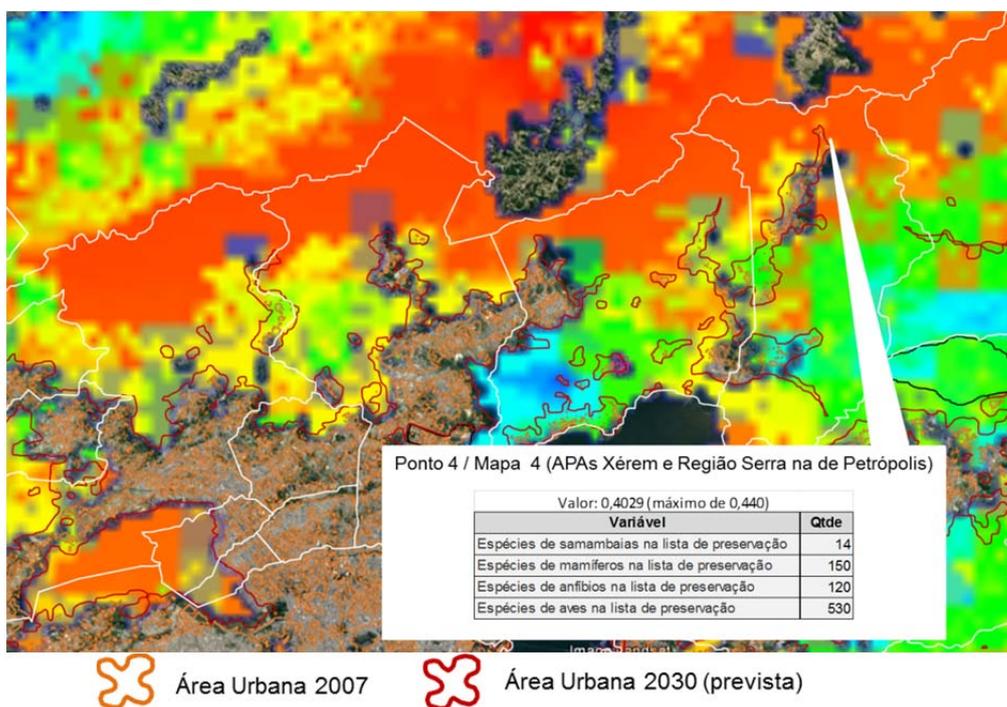
**Mapa 4 – Prioridade para conservação da biodiversidade (Global)**

Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Costing Nature v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth

Desses, apenas o Parque Estadual da Pedra Branca é uma unidade de Proteção Integral, e, ainda assim, alvo de pressões de ocupação em toda a sua zona de amortecimento e, em alguns casos, de ocupações irregulares em território do próprio parque. Já os dois conjuntos de APA, classificados como unidades de Uso Sustentável, encontram-se em posição algo mais vulnerável, no caminho direto de regiões de expansão urbana prevista pelo PDAM (RIO DE JANEIRO, 2014).

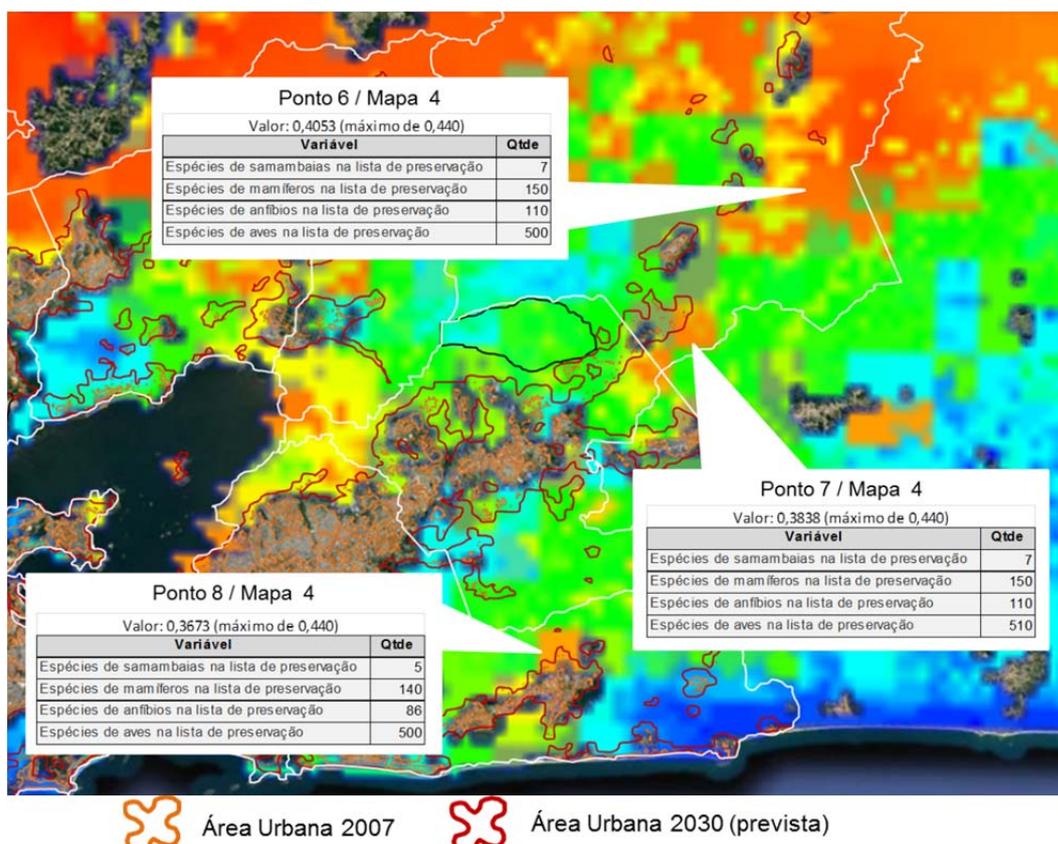
Em outros casos (pontos 5 a 8 no Mapa 4), áreas com maior prioridade relativa para conservação da biodiversidade encontram-se completamente fora de Unidades de Conservação, algumas das quais também integram áreas de provável expansão urbana até 2030 (Figura 43).

A existência de zonas de sobreposição entre áreas prioritárias para conservação da biodiversidade e regiões de expansão urbana provável, mantidas incondicionalmente as tendências atuais, expõe os *trade offs* tratados no Capítulo 3 deste trabalho, os quais devem ser objeto de avaliação e tratamento adequado para potencializar o desenvolvimento sustentável.



**Figura 42 – Detalhamento da Prioridade para Conservação da Biodiversidade (Mapa 4) – parte 2**

Fonte: Elaborada pela Autora, com dados de Costing Nature v.2 (2016), sobre imagem do Google Earth



**Figura 43 – Detalhamento da Prioridade para Conservação da Biodiversidade (Mapa 4) – parte 3**

Fonte: Elaborada pela Autora, com dados de Costing Nature v.2 (2016), sobre imagem do Google Earth

### 6.1.3

#### Serviços Ecossistêmicos Combinados

Outras análises foram realizadas sobre os níveis relativos de consumo e os potenciais relativos de provisão de serviços ecossistêmicos na região de abrangência do PDAM, considerando dois diferentes enfoques:

- Áreas Prioritárias para Desenvolvimento: aquelas já urbanizadas, sobre as quais devem ser concentrados esforços de adensamento (onde viável), visando reduzir o ritmo de expansão da mancha urbana; e
- Áreas Prioritárias para Conservação: aquelas que já se encontram sob algum regime de proteção.

A abordagem dos níveis de consumo de serviços ecossistêmicos foi feita nos Mapas 5 e 6, que representam, respectivamente, o Índice Relativo de Prioridade para Desenvolvimento – Serviços Ecossistêmicos Consumidos e o Índice Relativo de Prioridade para Conservação – Serviços Ecossistêmicos Consumidos.

As capacidades de provisão foram identificadas nos Mapas 7 e 8, que identificam, respectivamente, o Índice Relativo de Prioridade para Desenvolvimento – Serviços Ecossistêmicos Potenciais e o Índice Relativo de Prioridade para Conservação – Serviços Ecossistêmicos Potenciais.

Não somente os níveis de consumo e produção de serviços ecossistêmicos podem ser utilizados como balizadores dos pesos atribuídos, no planejamento urbano, às regiões mais apropriadas para ocupação ou mais apropriadas para proteção. Também a qualificação dos serviços ecossistêmicos mais utilizados, como demonstrado no Mapa 9, fornece indicadores importantes.

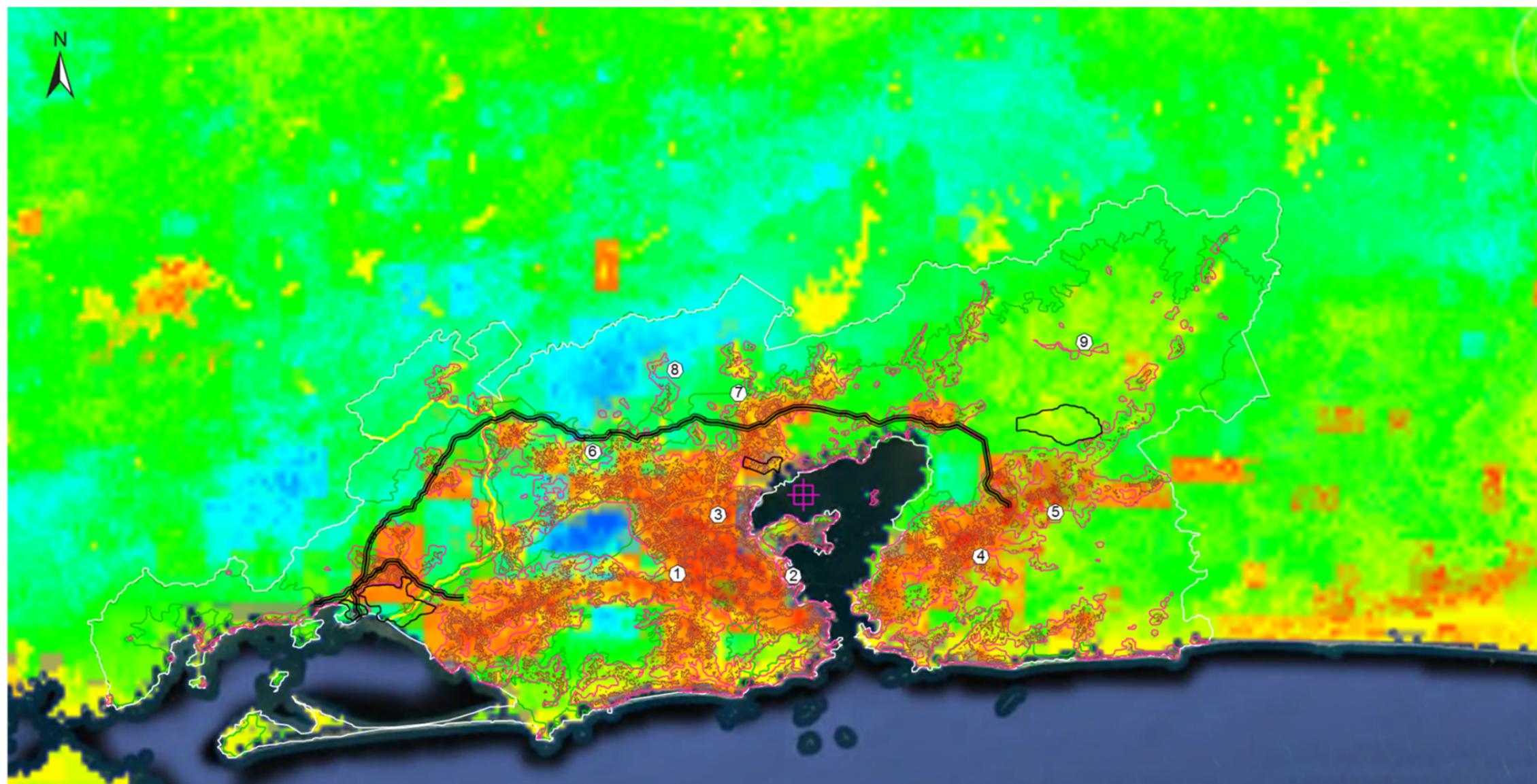
Como indicado nas Sínteses da Avaliação dos Mapas 5 a 8, mesmo áreas já densamente urbanizadas (“Prioritárias para Desenvolvimento”) são capazes de prover serviços ecossistêmicos, e, com incentivos adequados, podem vir a substituir parte dos serviços oriundos de áreas periurbanas e naturais, reduzindo as pressões sobre os ecossistemas que circundam as cidades.

A Figura 44, ao justapor os Índices Relativos de Serviços Ecossistêmicos Consumidos e Potenciais, permite identificar os fluxos desses serviços entre produtores e beneficiários. Tais fluxos podem ser o ponto de partida do estabelecimento de esquemas de Pagamentos por Serviços Ecossistêmicos (PSE), que objetivam compensar adequadamente os proprietários de terra e outros agentes envolvidos na produção desses serviços.

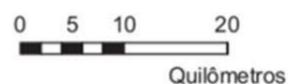
O Mapa 9 (Serviço Ecossistêmico mais Consumido) distribui os picos de consumo de serviços ecossistêmicos entre os quatro avaliados: provisão de água, mitigação de riscos, sequestro de carbono e ecoturismo, todos, como visto no Capítulo 5, relevantes para a região de estudo.

Note-se que, apesar de se tratar de uma área densamente povoada e que, como também comentado no Capítulo 5 deste trabalho, altamente dependente do modal rodoviário para os deslocamentos da população, os serviços mais consumidos nas áreas já urbanizadas são os de provisão de água e mitigação de riscos.

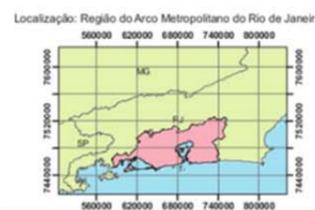
A prevalência do suprimento de água de qualidade à população sobre os demais serviços ecossistêmicos concentra-se, como era de se esperar, sobre regiões mais densamente urbanizadas, com destaque para a Região Norte da cidade do Rio de Janeiro, a Baixada Fluminense e o município de São Gonçalo.



**Escala Gráfica**

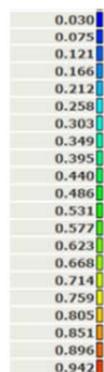


**Localização**



**Legenda**

- Empreendimentos Âncora
- Área Urbana 2007
- Área Urbana 2030 (prevista)
- Principais Unidades de Conservação
- Traçado do Arco Metropolitano



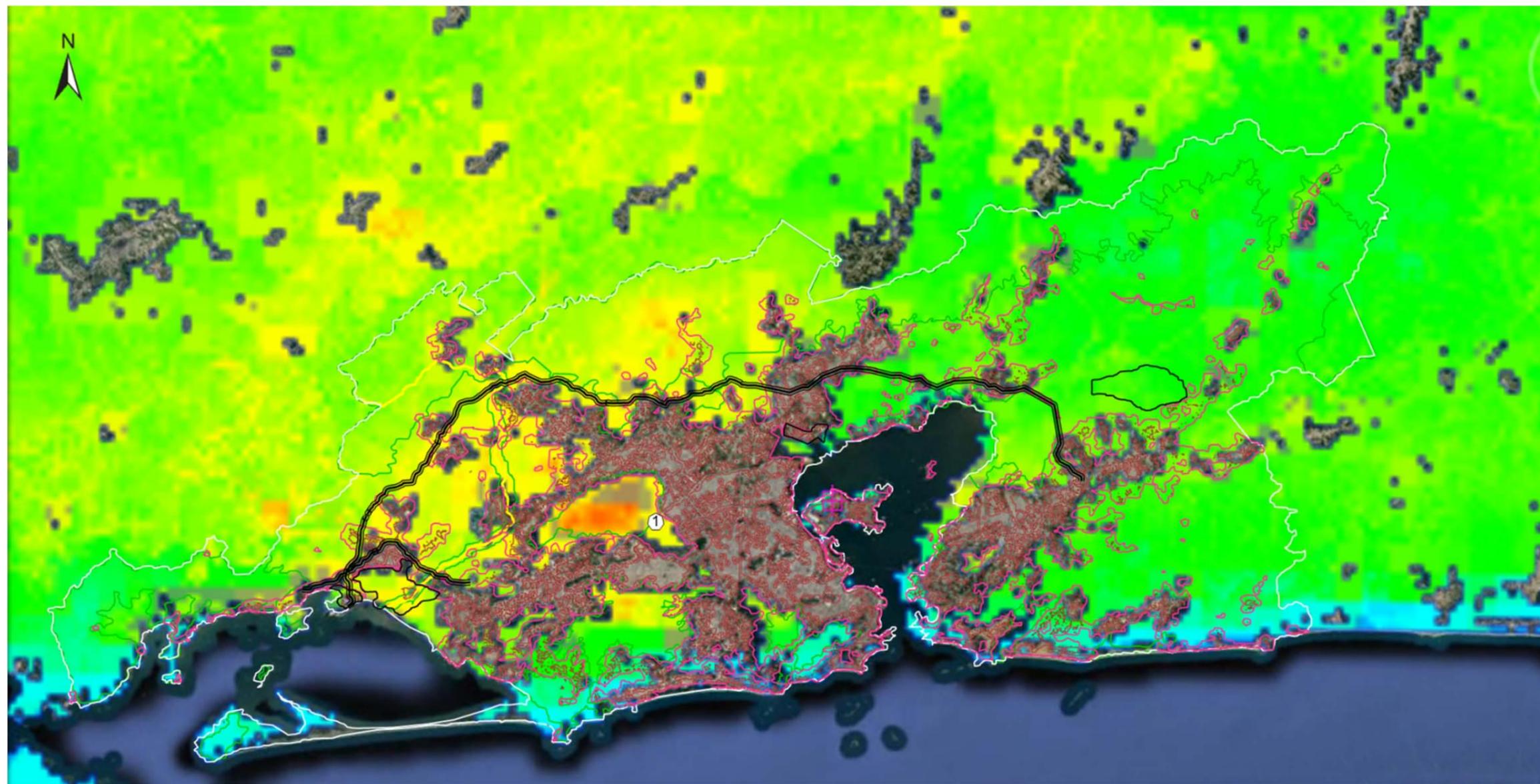
Resultados adimensionais, variando de 0 a 1

**Síntese da Avaliação**

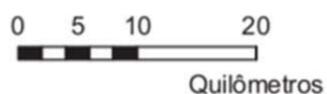
O Índice Relativo de Prioridade para Desenvolvimento – Serviços Consumidos indica as áreas sob pressão humana (via população, pastagens, infraestrutura, etc.), com baixa prioridade de conservação e maior volume de serviços ecossistêmicos utilizados. Sem surpresa, a maior intensidade de consumo de serviços ecossistêmicos encontra-se associada às manchas urbanas, com picos na Zona Norte (1) e região Central (2) do Rio de Janeiro e na Baixada Fluminense (1, 2 e 3) e nos municípios de São Gonçalo (4) e Itaboraí (5). Deve-se notar ainda a existência de regiões de média intensidade de consumo de SE ao longo do traçado do Arco Metropolitano (6 e 7), que, devido aos movimentos de expansão urbana previstos tendem a se transformar em pontos de alta intensidade de consumo. Por último, aponta-se que a expansão urbana prevista pelo PDAM (Rio de Janeiro, 2014) avança sobre regiões atualmente de baixa intensidade de consumo de SE (8 e 9).

**Mapa 5 – Índice Relativo de Prioridade para Desenvolvimento – Serviços Ecosistêmicos Consumidos**

Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Costing Nature v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth



**Escala Gráfica**

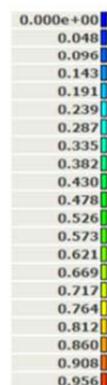


**Localização**



**Legenda**

- Empreendimentos Âncora
- Área Urbana 2007
- Área Urbana 2030 (prevista)
- Principais Unidades de Conservação
- Traçado do Arco Metropolitano



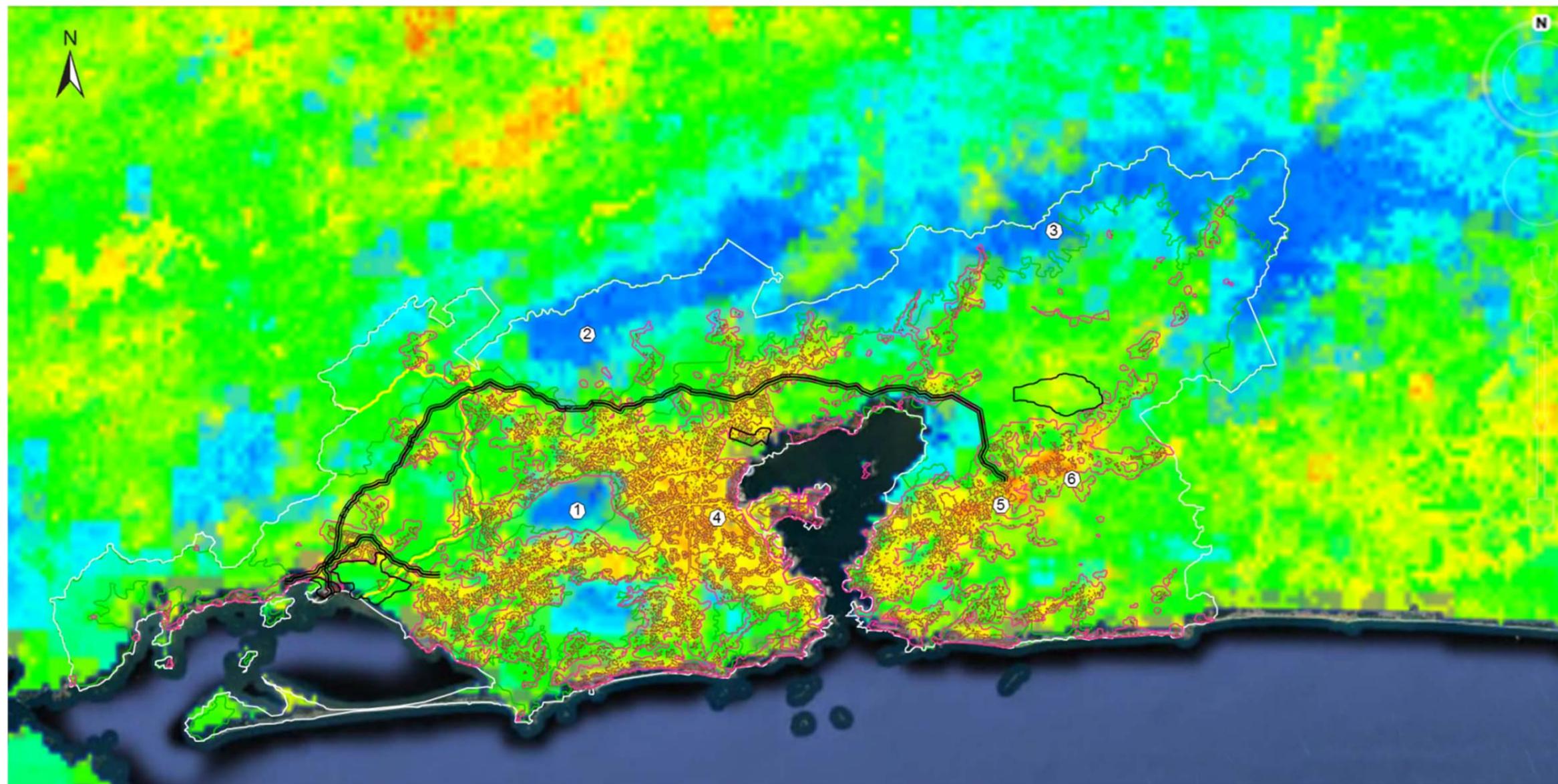
Resultados dimensionais, variando de 0 a 1

**Síntese da Avaliação**

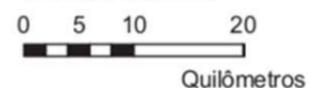
O Índice de Prioridade para Conservação foca em áreas protegidas, e, neste caso, nos serviços ecosistêmicos por elas produzidos que já estão em uso. Como no caso do Mapa 8 (Índice de Prioridade para Conservação – Serviços Ecosistêmicos Potenciais), deve-se notar a maior prioridade relativa do conjunto formado pela APA da Serra do Gericinó-Mendanha e pelo Parque Municipal de Nova Iguaçu (1). O fato de este conjunto estar em nível de prioridade mais elevado tanto quando são considerados os SE consumidos quanto os SE potenciais aponta para que sejam tomados os devidos cuidados para evitar a exploração predatória – e, por consequência, a exaustão e esgotamento – dos serviços ecosistêmicos ali originados.

**Mapa 6 – Índice Relativo de Prioridade para Conservação – Serviços Ecosistêmicos Consumidos**

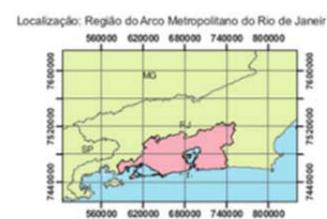
Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Costing Nature v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth



**Escala Gráfica**

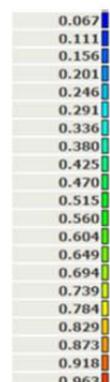


**Localização**



**Legenda**

- Empreendimentos Âncora
- Área Urbana 2007
- Área Urbana 2030 (prevista)
- Principais Unidades de Conservação
- Traçado do Arco Metropolitano



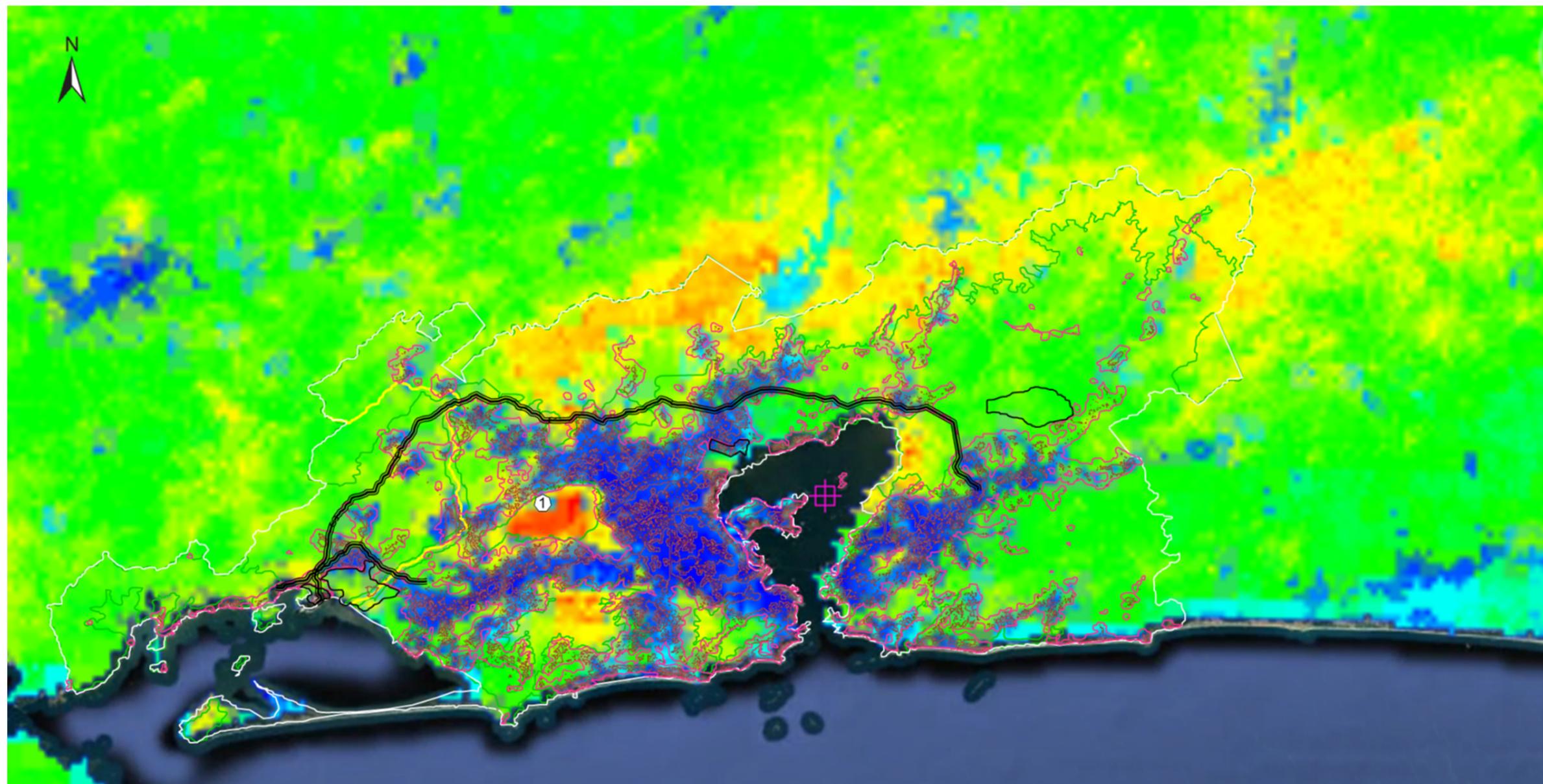
Resultados adimensionais, variando de 0 a 1

**Síntese da Avaliação**

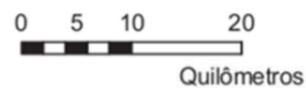
O Índice Relativo de Prioridade para Desenvolvimento – Serviços Ecosistêmicos Potenciais indica as áreas sob pressão humana (via população, pastagens, infraestrutura, etc.), com baixa prioridade de conservação e que produzem serviços ecosistêmicos ainda não explorados. O foco sobre áreas não protegidas explica o baixo potencial de provisão de serviços das unidades de conservação (exemplos em 1, 2 e 3). Note-se que os resultados indicados no mapa comprovam a possibilidade de que serviços ecosistêmicos sejam providos em áreas urbanizadas (4, 5, 6 e outros pontos). Na região de estudo, esse fator é mais forte nas áreas urbanas de São Gonçalo e Itaboraí, que destacam-se em relação às demais não só em relação à provisão de SE (indicada neste mapa em 5 e 6) quanto no consumo de SE (indicado no Mapa 5: Índice Relativo de Prioridade para Desenvolvimento – Serviços Ecosistêmicos Consumidos).

**Mapa 7 – Índice Relativo de Prioridade para Desenvolvimento – Serviços Ecosistêmicos Potenciais**

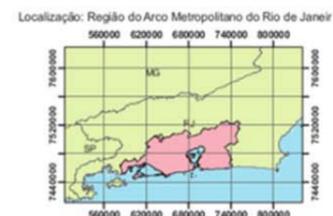
Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Costing Nature v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth



**Escala Gráfica**

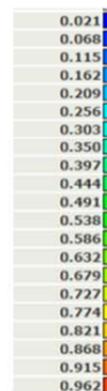


**Localização**



**Legenda**

- Empreendimentos Âncora
- Área Urbana 2007
- Área Urbana 2030 (prevista)
- Principais Unidades de Conservação
- Traçado do Arco Metropolitano



Resultados adimensionais, variando de 0 a 1

**Síntese da Avaliação**

O Índice de Prioridade para Conservação foca em áreas protegidas, e, neste caso, em sua capacidade de geração de serviços ecosistêmicos. Sendo assim, não é surpreendente que os valores mais altos sejam atingidos em regiões compreendidas em unidades de conservação. O ponto interessante, aqui, é a prioridade relativamente mais alta atribuída ao conjunto formado pela APA da Serra do Gericinó-Mendanha e pelo Parque Municipal de Nova Iguaçu (1), quando comparado às outras UC's na região de estudo. Tal atribuição de maior prioridade de conservação pode ser vinculada a dois fatores: (a) ameaças de ocupação mais elevadas nessa região, circundada por áreas já urbanizadas, como pode ser observado no Mapa 10 (Índice Relativo de Ameaça), e (b) no fato de que essas unidades de conservação já têm seus serviços ecosistêmicos explorados (ver Mapa 6: Índice de Prioridade para Conservação – Serviços Ecosistêmicos Consumidos).

**Mapa 8 – Índice Relativo de Prioridade para Conservação – Serviços Ecosistêmicos Potenciais**

Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Costing Nature v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth

Entretanto, é importante lembrar que o sistema de abastecimento local possui pontos não equacionados pelo poder público e companhias concessionárias, dados os altos índices de probabilidade de contaminação da água e de frustração da demanda por água limpa indicados nos Mapas 2 (Pegada Ecológica Hídrica) e 3 (Estresse Hídrico). Mantida a tendência de expansão urbana detectada pelo PDAM sem intervenções adequadas para sanar as questões já existentes, agravar-se-ão as dificuldades da população no acesso à água.

O mais significativo do mapeamento do serviço ecossistêmico mais consumido, contudo, é a extensão do território em que a ênfase recai sobre a mitigação de riscos.

Como comentado no Capítulo 5 deste trabalho, a região de abrangência do PDAM é composta de faixas costeiras, susceptíveis à elevação do nível do mar, e áreas de cota baixa associada a dificuldades de drenagem – portanto, susceptíveis de alagamentos. Nos entremeios localizam-se encostas escarpadas, de elevação súbita, algumas com ocupações irregulares e processos de desmatamento que elevam os riscos de escorregamento de terra.

Eventos de inundação e deslizamentos, muitos com vítimas fatais, são constantes no noticiário local, especialmente nos meses de verão, quando a situação é agravada pelos níveis mais altos de precipitação.

É digno de nota, portanto, o fato de que grande parte das zonas de expansão urbana indicadas no PDAM recaiam justamente sobre as regiões de prevalência do serviço ecossistêmico de mitigação de riscos.

Neste caso, deve-se ter em mente que o eventual esgotamento de tal serviço, em função de pressões demasiadas de ocupação e/ou de processos de degradação ambiental desencadeados pela expansão urbana, elevará a exposição da população a riscos de inundações, alagamentos e deslizamentos de terra, e demandará, portanto, maior volume de recursos investidos na construção de alternativas artificiais aos serviços ecossistêmicos.

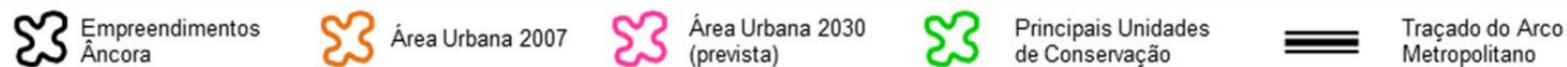
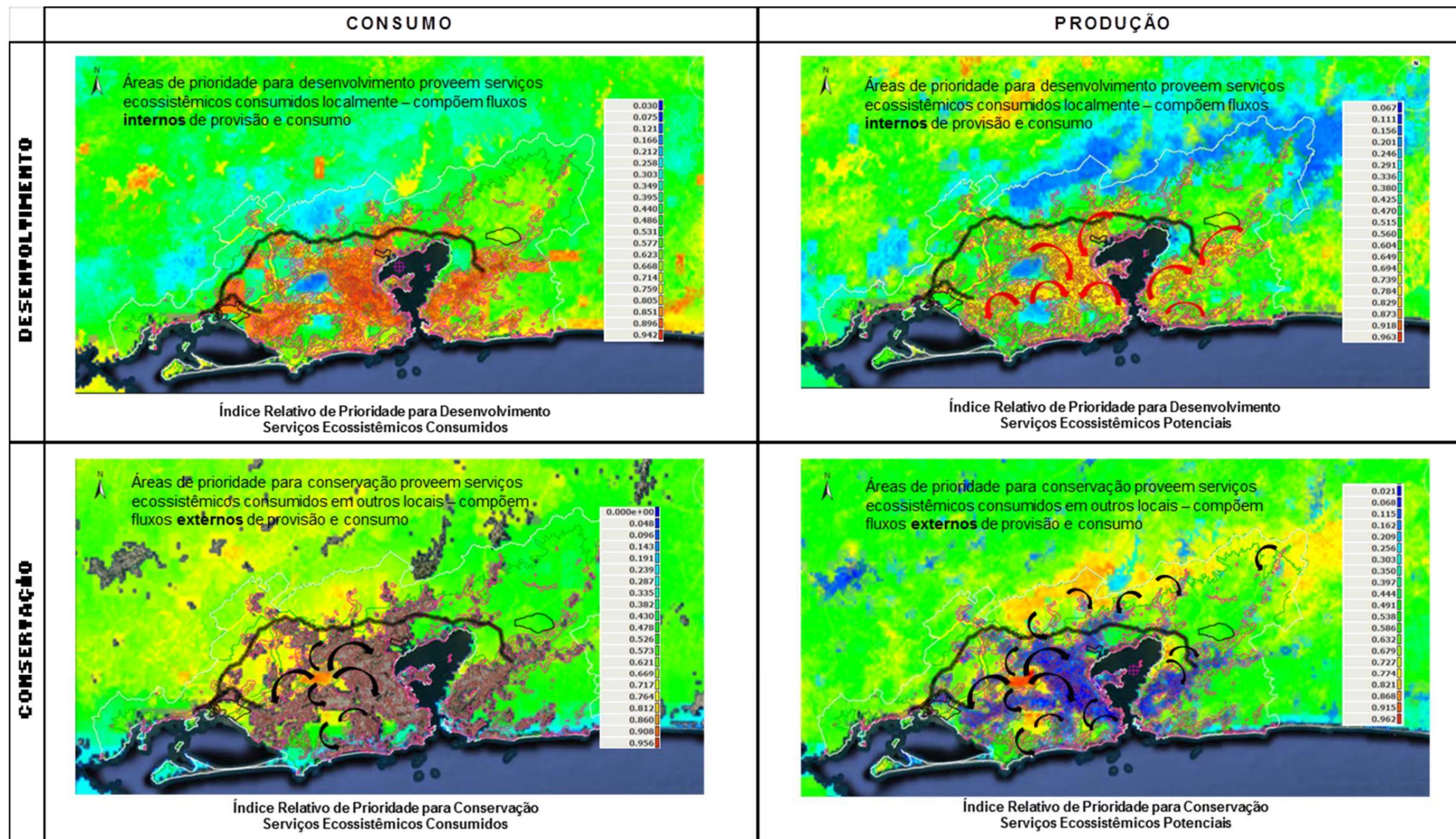
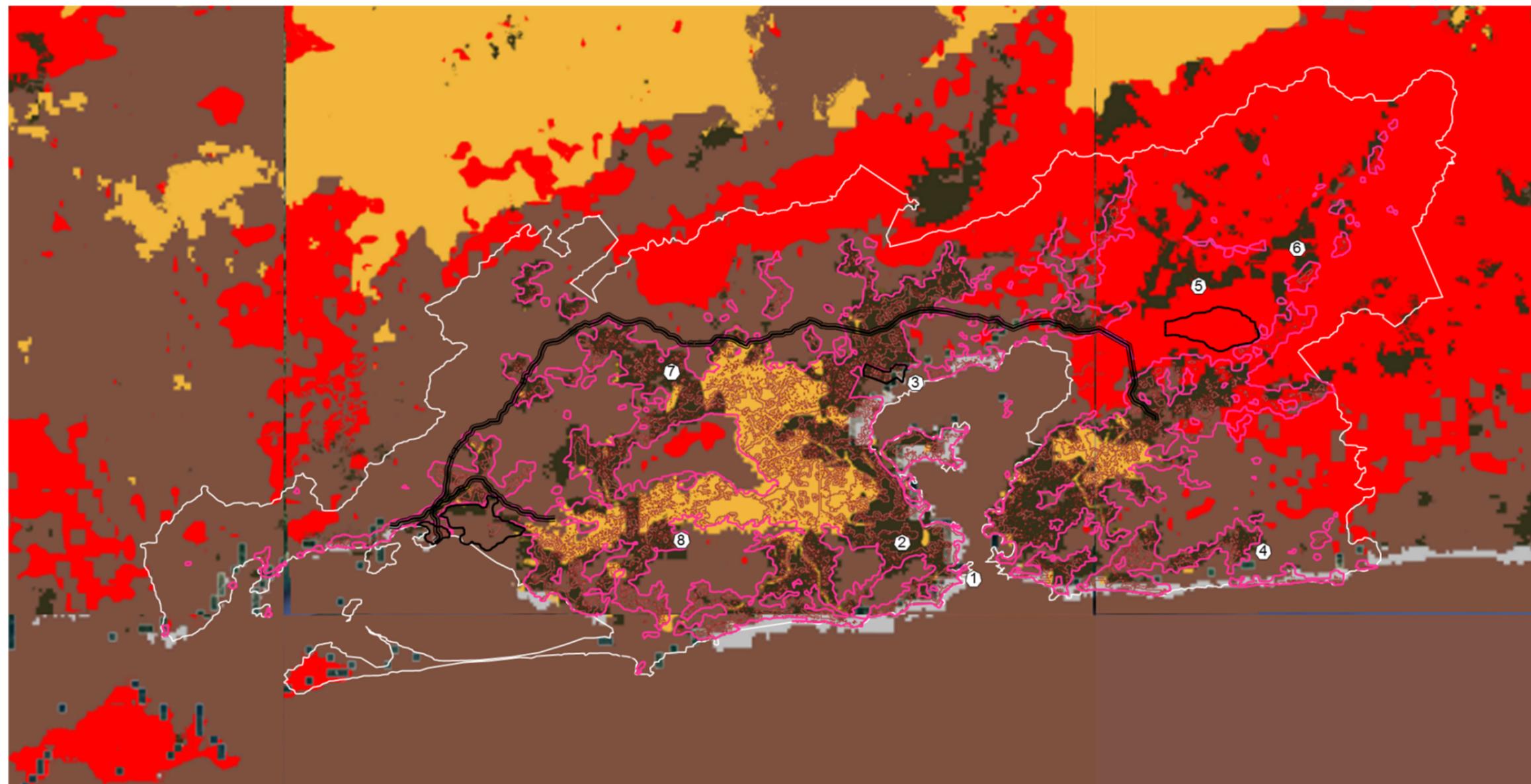
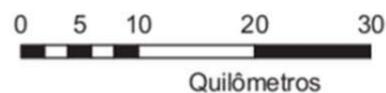


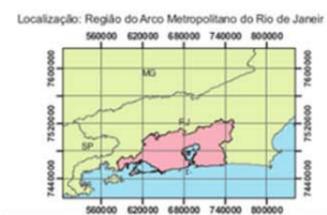
Figura 44 – Fluxos de provisão e consumo de serviços ecossistêmicos na Região do PDAM  
 Fonte: Elaborada pela Autora, com dados de Rio de Janeiro (2014), Costing Nature v.2 (2016) e Water World v.2 (2016), sobre imagem do Google Earth



**Escala Gráfica**



**Localização**



**Legenda**

- Empreendimentos Âncora
- Área Urbana 2007
- Área Urbana 2030 (prevista)
- Principais Unidades de Conservação
- Traçado do Arco Metropolitano

- 0 None
- 1 Carbon
- 2 Nature-based tourism
- 3 Water
- 4 Hazard Mitigation

**Síntese da Avaliação**

Dos serviços avaliados pelo Costing Nature, o mais consumido na região de estudo é o de sequestro de carbono, o que não chega a surpreender dada a participação majoritária do transporte rodoviário internamente e entre os municípios da região. A presença de grandes parcelas onde o principal serviço ecosistêmico consumido, dentre os avaliados pelo software, é o ecoturismo também era esperada considerando a proximidade com o oceano e a presença de unidades de conservação da natureza. O achado mais importante, entretanto, é a indicação das zonas em que a mitigação de riscos ambientais supera os demais serviços ecosistêmicos avaliados (como em 1, 2, 3 e 4), mesmo em áreas que sabidamente contam com grande e constante afluxo de turistas (1, por exemplo). Tais zonas concentram-se na costa e em regiões com presença de manguezais (3), com presenças menores em regiões de encosta (5 e 6) e áreas alagáveis da Baixada Fluminense (7). Deve-se notar ainda que alguns desses pontos encontram-se em áreas de expansão urbana previstas pelo PDAM (RIO DE JANEIRO, 2014) (como em 6, 7 e 8).

**Mapa 9 – Serviço Ecosistêmico mais consumido**

Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Costing Nature v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth

#### 6.1.4

### **Impactos potenciais da expansão urbana prevista sobre os Serviços Ecossistêmicos na região do Arco Metropolitano**

Além do mapeamento da situação atual dos serviços ecossistêmicos, um último passo em busca de apontar potenciais situações de conflito entre prioridades para conservação e esgotamento de serviços ecossistêmicos utilizados em excesso, de um lado, e tendências de expansão urbana identificadas pelo PDAM de outro, foi dado com o levantamento das áreas mais sujeitas a pressões de ocupação e ameaças à preservação.

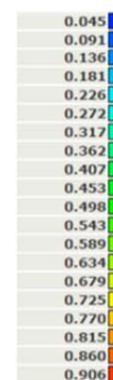
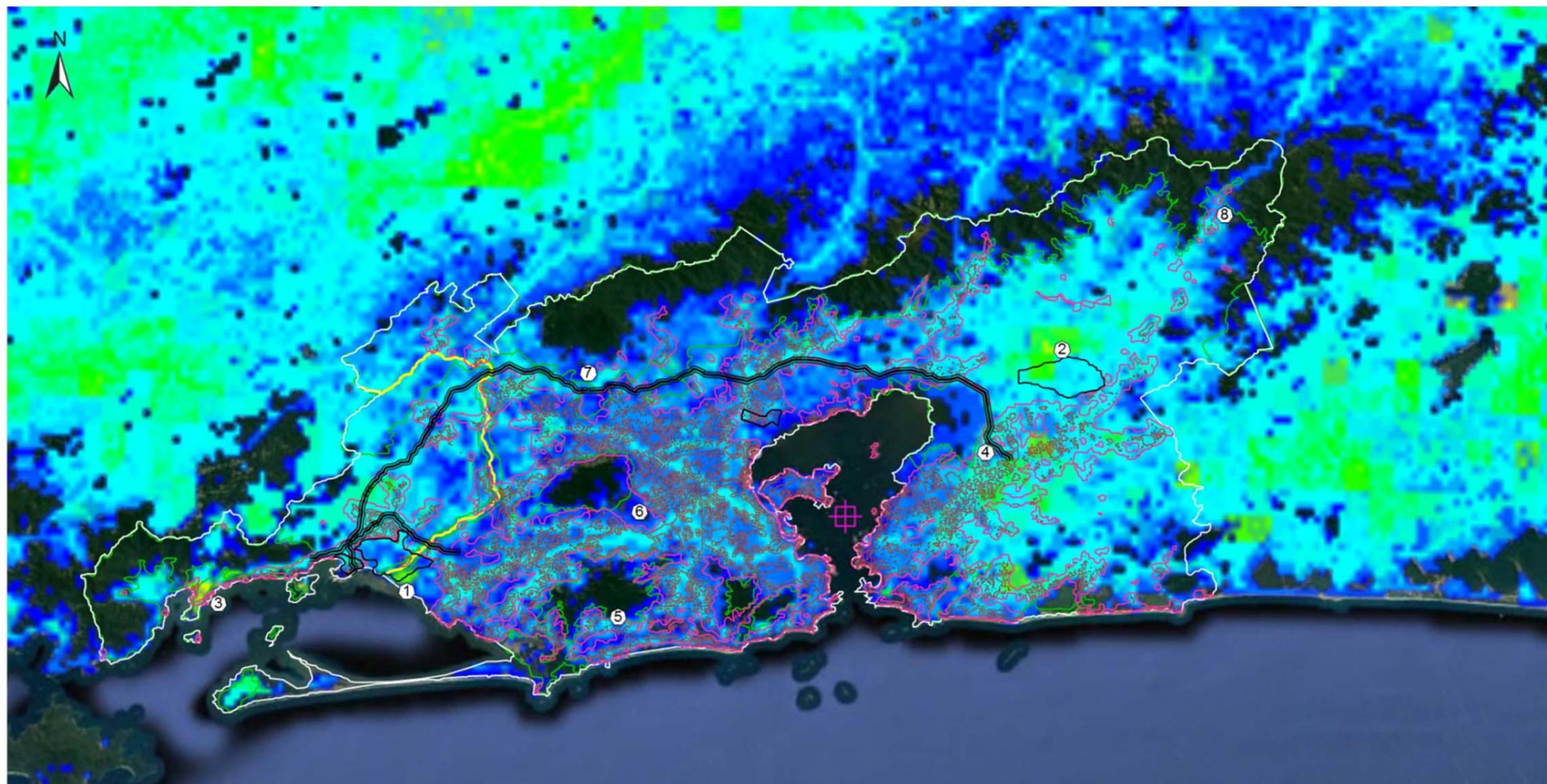
As áreas mais sujeitas a pressões de urbanização, apuradas a partir de uma combinação entre populações atual e projetada, frequência de incêndios florestais, intensidade de pastagens e agricultura e existência de represas, rodovias, etc. (POLICY SUPPORT SYSTEMS, 201-), foram indicadas no Mapa 10 (Índice Relativo de Pressão [de urbanização]).

Já as áreas sujeitas a ameaças à conservação mais elevadas, calculadas com base nas mudanças previstas no clima, no uso do solo e na distribuição de luzes noturnas (POLICY SUPPORT SYSTEMS, 201-), encontram-se representadas no Mapa 11.

De modo geral, as pressões de urbanização concentram-se nos interstícios entre áreas urbanas já consolidadas e em zonas ao longo do traçado do Arco Metropolitano, em consonância com os cenários de expansão identificados pelo PDAM (RIO DE JANEIRO, 2014), demonstrados na Figura 21 (Capítulo 5 deste trabalho).

Diferentemente desses cenários, contudo, o mapeamento realizado com apoio do Costing Nature também identificou pressões de ocupação sobre a Restinga de Marambaia, em zonas próximas à APA de Mangaratiba, tanto neste município quanto no vizinho Itaguaí, e nos municípios de Maricá, Cachoeiras de Macacu, Guapimirim e Itaboraí, no entorno do COMPERJ. Não à toa, aqueles de maior ritmo de crescimento demográfico, como visto no Capítulo 5.

É, inclusive, nesta última área, bem como na Província Portuária de Itaguaí – ambas parte dos empreendimentos âncora do Arco Metropolitano – que concentram-se os níveis mais elevados de pressão de ocupação, como exibido nas Figuras 45 e 46.



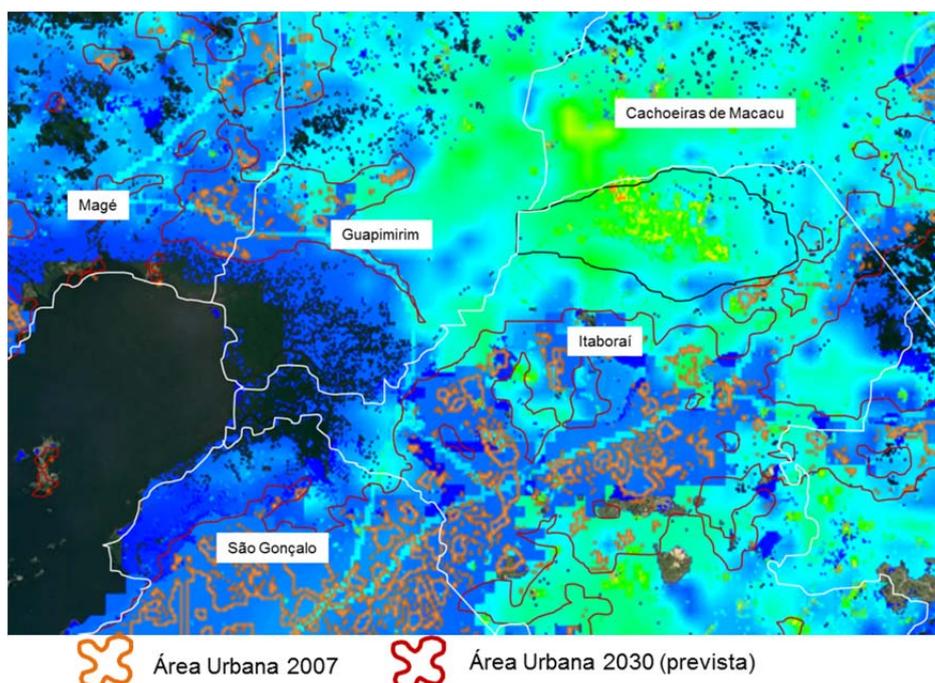
Resultados adimensionais, variando de 0 a 1

**Síntese da Avaliação**

O Costing Nature apura os índices relativos de pressão de urbanização combinando as populações atual e futura, a frequência de incêndios florestais, as intensidades de pastagem e agricultura e as densidades de represas e de infraestrutura (rodovias, minas, exploração de óleo e gás, áreas urbanas). No caso da região de estudo, essas pressões são maiores no entorno dos empreendimentos âncora – a Porto de Itaguaí (1) e COMPERJ (2) e entre os municípios com taxas de crescimento populacional mais altas, notadamente Mangaratiba (3), e menores – mas, note-se, não inexistentes – no entorno de unidades de conservação (provavelmente devido à existência de políticas de comando e controle – pontos 4, 5, 6, 7 e 8).

**Mapa 10 – Índice Relativo de Pressão [de urbanização]**

Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Costing Nature v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth



**Figura 45 – Detalhamento do Índice Relativo de Pressão [de urbanização] (Mapa 10) parte 1**  
 Fonte: Elaborada pela Autora, com dados de Costing Nature v.2 (2016), sobre imagem do Google Earth

Já o Índice Relativo de Ameaça [à conservação], expresso no Mapa 11, delimita um polígono de maior risco de degradação ambiental, como descrito na respectiva Síntese da Avaliação, e, dentro de tal polígono, para dois de expansão mais preocupantes.

O primeiro liga os pontos 1 (Parque Nacional da Tijuca) e 2 (Parque Estadual da Pedra Branca) do Mapa 11, e aponta para a expansão urbana da Zona Norte em direção à Zona Oeste, especialmente as regiões de Campo Grande e Santa Cruz no município do Rio de Janeiro – movimento este que tem sido apoiado pelo poder público por meio de investimentos em acessibilidade logística e habitação (via programa Minha Casa, Minha Vida).

Já o segundo vetor conecta os pontos 1 e 3 (conjunto APA da Serra do Gericinó-Mendanha e Parque Municipal de Nova Iguaçu) do Mapa 11, ou seja, o eixo de ocupação que vai da Zona Norte do Rio de Janeiro em direção a parte da Baixada Fluminense, desde São João de Meriti até Queimados.

A existência de ocupações irregulares e a pouca capacidade relativa do poder público municipal na região representada por este segundo vetor contribuem para elevar a probabilidade de desrespeito aos limites das Unidades de Conservação ali existentes, com destaque para o conjunto APA da Serra do Gericinó-Mendanha e Parque Municipal de Nova Iguaçu – onde residem os mais altos potenciais de produção de serviços ecossistêmicos, como detalhado na seção 6.1.3 deste trabalho.



Com o objetivo de reduzir os impactos negativos da expansão urbana prevista, sem, contudo, buscar eliminá-la, propõe aqui algumas diretrizes gerais para melhor utilização dos serviços ecossistêmicos na área de influência do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro. Espera-se que, com sua aplicação, o desenvolvimento dos 21 municípios da região se dê de forma mais sustentável, gerando maior qualidade de vida e menor exposição aos riscos oriundos de mudanças climáticas para sua população.

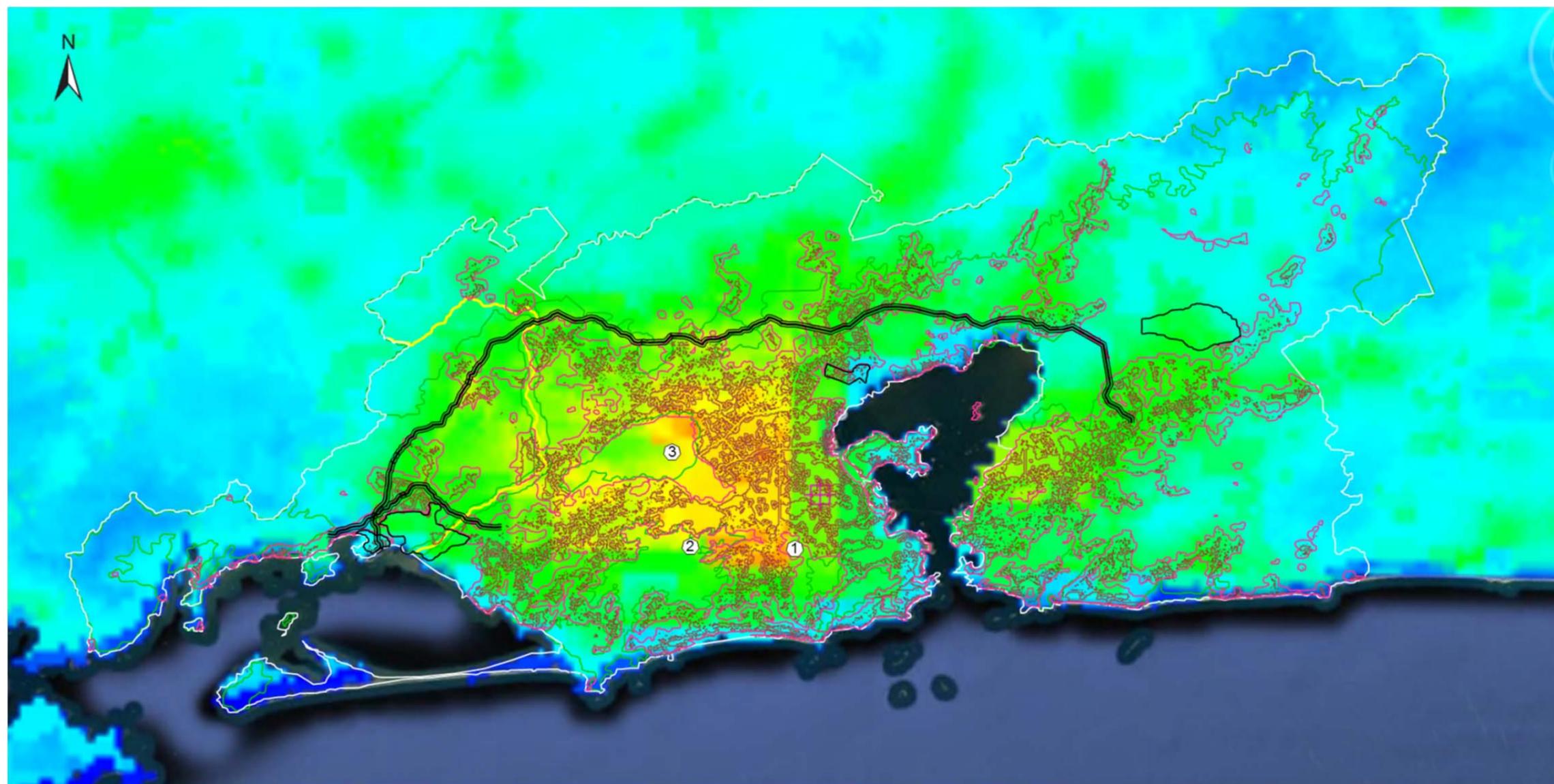
**1. Implantar, de fato, uma instância de governança metropolitana:** apesar de terem sido criados em 2014, a Câmara Metropolitana e o Grupo Executivo de Gestão Metropolitana do estado do Rio de Janeiro não detêm prerrogativa para coordenar o planejamento regional, que, ainda a cargo exclusivo dos governos municipais, resulta em ações desencontradas e desperdício de recursos.

Como visto no Capítulo 5 deste trabalho, o PDAM (RIO DE JANEIRO, 2014) aponta para a existência, dentre outros problemas, de zoneamentos conflitantes entre Planos Diretores de municípios vizinhos, com alocação de novos distritos industriais ao lado de zonas residenciais, descontinuidade de áreas de preservação, etc.

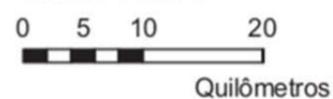
Além disso, outras questões, como a criação de incentivos fiscais concorrentes, levando à depleção das fontes de arrecadação de tributos sem a devida contrapartida de ganhos sociais como criação de empregos e novas oportunidades de capacitação, e transferência de pacientes médicos a serviços de saúde de municípios vizinhos, sobrecarregando as redes destes, demonstram que o isolamento dos governos municipais deixa a desejar na promoção do desenvolvimento das comunidades.

Assim, entende-se que concentrar num órgão **deliberativo** comum a avaliação das vocações econômicas, das carências e prioridades para investimento, das necessidades de proteção ecológica e das possíveis fontes de arrecadação e uso dos recursos públicos, pode melhorar a qualidade e viabilidade do planejamento urbano e regional e potencializar os benefícios para a população.

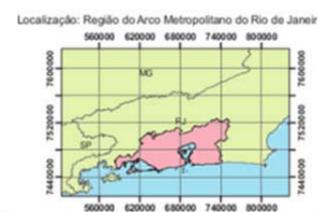
Note-se que o objetivo aqui é instituir um fórum permanente de discussão e concertação entre os 21 municípios que compõem a área de influência do Arco Metropolitano e o governo estadual, sem, contudo, sobrepujar a participação das populações e a autonomia administrativa dos governos locais.



**Escala Gráfica**

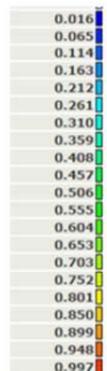


**Localização**



**Legenda**

- Empreendimentos Âncora
- Área Urbana 2007
- Área Urbana 2030 (prevista)
- Principais Unidades de Conservação
- Traçado do Arco Metropolitano



Resultados adimensionais, variando de 0 a 1

**Síntese da Avaliação**

O Costing Nature estima as ameaças relativas à conservação com base nas mudanças previstas no clima, no uso do solo (a partir da proximidade com frentes recentes de desmatamento e crescimento projetado do PIB e da população), e na distribuição de luzes noturnas. No caso da região de estudo, as regiões que apresentam maiores ameaças à conservação dos serviços ecossistêmicos concentram-se na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro e na Baixada Fluminense, em polígono limitado pelos Parque Nacional da Tijuca (1), Parque Estadual da Pedra Branca (2), APA da Serra do Gericinó-Mendanha e Parque Municipal de Nova Iguaçu (3). A mancha que compreende os índices mais elevados estende-se ao Norte e a Oeste, aproximando-se do traçado do Arco Metropolitano e cobrindo parte significativa das regiões de expansão urbana previstas pelo PDAM (RIO DE JANEIRO, 2014).

**Mapa 11 – Índice Relativo de Ameaça [à conservação]**

Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014) e Costing Nature v.2 (2016) sobre imagem do Google Earth

## **2. Rever zoneamentos e parâmetros urbanísticos nos Planos Diretores:**

A investigação dos serviços ecossistêmicos na área de influência do Arco Metropolitano revelou a existência de diversas áreas já urbanizadas e que provavelmente serão urbanizadas até 2030 sobre locais com alta probabilidade de contaminação da água (Mapa 2), sob grande Estresse Hídrico (Mapa 3), em zonas de alta prioridade para conservação da biodiversidade (Mapa 4) e em áreas de elevado potencial de provisão de SE (Mapa 7).

A partir desses achados, entende-se que é adequado propor a reavaliação dos Planos Diretores municipais, ou considerar na elaboração de um Plano Diretor, de fato, regional, a revisão de zoneamentos, incentivos e desincentivos à ocupação, de modo a restringir a expansão das áreas urbanas sobre tais regiões (indicadas no Mapa 12).

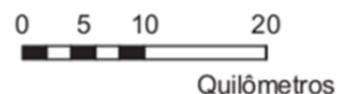
De modo a compensar os proprietários de terra pelas novas restrições, propõe-se que concomitantemente sejam implantados, onde viável, esquemas de pagamentos por serviços ecossistêmicos (PSE), como indicado no item 3.2, a seguir.

Além disso, para possibilitar a acomodação da população local e potencialmente migrante sem contribuir para aumentar os déficits habitacionais existentes, poder-se-ia rever também os parâmetros urbanísticos (índices de aproveitamento do terreno, área construída máxima, gabarito, etc.), com o objetivo de fomentar o adensamento de áreas urbanas e o aproveitamento da infraestrutura de saneamento, transporte e equipamentos urbanos já consolidada, em substituição às tendências de espraiamento atualmente verificadas (e comentadas no Capítulo 5).

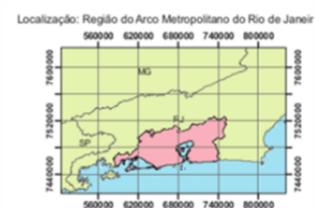
**3. Implantar ações de Adaptação baseada em Ecossistemas:** como visto na seção 2.3 deste trabalho, as ameaças trazidas pelas mudanças climáticas demandam, além de ações para reduzir os impactos negativos da ocupação humana sobre o meio ambiente, investimentos em adaptação das cidades para lidar com nível do mar mais alto, escassez de água e terras férteis e elevação da temperatura média.



**Escala Gráfica**



**Localização**



**Legenda**

- Empreendimentos Âncora
- Área Urbana 2007
- Área Urbana 2030 (prevista)
- Principais Unidades de Conservação
- Traçado do Arco Metropolitano
- Áreas de provável urbanização e grande potencial de produção de serviços ecossistêmicos
- Áreas de provável urbanização e alto Índice de estresse Hídrico

**Síntese da Avaliação**

Considerando os achados a respeito da situação dos serviços ecossistêmicos na área de estudo, entende-se ser adequado sugerir que sejam consideradas, em revisões dos Planos Diretores municipais ou na elaboração de um Plano Diretor regional de fato, em substituição ao PDAM, a criação de condicionantes ou restrições ao adensamento (especialmente na cidade do Rio de Janeiro) e/ou à ocupação de novos territórios com áreas urbanizadas. O Mapa acima indica que áreas seriam mais apropriadas, do ponto de vista da manutenção dos serviços ecossistêmicos, para incorporarem tais restrições e condicionantes. Sugere-se ainda atenção especial sobre os pontos 1 e 2, onde a urbanização tende a avançar diretamente sobre o território de Áreas de Proteção Ambiental de Uso Sustentável.

**Mapa 12 – Áreas sugeridas para acompanhamento na revisão dos Planos Diretores municipais**

Fonte: Elaboração própria, com dados de Rio de Janeiro (2014), Costing Nature v.2 (2016) e WaterWorld v.2 (2016), sobre imagem do Google Earth

Além dos investimentos em infraestrutura cinza (baseada em soluções consagradas de engenharia como barragens, dutos de irrigação, aterros, muros de contenção, etc.), as intervenções necessárias podem ser constituídas de ações de Adaptação baseada em Ecossistemas (EbA, na sigla em inglês), que privilegiam o trabalho *com* a natureza, ao invés da abordagem tradicional *contra* a natureza.

**3.1. Investir em Infraestrutura Verde:** Como visto no Mapa 7 e na Figura 49, mesmo nas áreas já urbanizadas ainda há potencial para a provisão de serviços ecossistêmicos. Tal potencial pode ser posto em uso e até mesmo ampliado a partir da implantação, em complementação à infraestrutura cinza, de instrumentos de infraestrutura verde, tais como:

- Recuperação dos leitos naturais de corpos hídricos e reabilitação das margens, com a criação de parques lineares urbanos;
- Substituição de pavimentos em áreas públicas e privadas por outros de natureza permeável ou semipermeável;
- Criação de hortas urbanas comunitárias, que além de estimularem vínculos entre a população e a terra, aumentam a segurança alimentar, e proporcionam atividades lúdicas e de relaxamento;
- Aumento da arborização urbana, em especial em regiões com maior concentração de poluentes atmosféricos e sonoros.

A implantação de infraestrutura verde poderia, ainda, compor as metas ambientais a partir das quais são redistribuídos recursos de ICMS Ecológico (ver item 3.2 a seguir), contribuindo para o equilíbrio fiscal de municípios menores.

**3.2. Estabelecer Esquemas de Pagamento por Serviços Ecossistêmicos (PSE):** A Figura 49, que contrapôs as áreas prioritárias para desenvolvimento e para conservação, e as regiões de maiores níveis de consumo e maiores potenciais de provisão de serviços ecossistêmicos, permitiu identificar alguns dos fluxos entre produtores e beneficiários de SE. A partir desses fluxos – e de outros que vierem a ser identificados, poderiam ser criados, a nível regional, esquemas de PSE que viessem a compensar os produtores de serviços ecossistêmicos pelo custo de oportunidade de não converter o uso do solo em áreas urbanizadas ou de cultivo e pastagem.

Um possível esquema poderia ter como provedores os proprietários de terra do município de Cachoeiras de Macacu, que possui percentual mais elevado de áreas protegidas dentre os demais da região. Tais proprietários, ao

abrir mão das possibilidades de utilizar suas propriedades apenas para agricultura ou pastagem convencionais e de convertê-las em áreas urbanas, e iniciarem processos de recuperação ambiental, passariam a contribuir para a manutenção do fluxo de água limpa nos corpos hídricos e no lençol freático. Os beneficiários, por sua vez, seriam os consumidores da água distribuída pelo sistema Imunana-Laranjal, que já possui déficit hídrico configurado, e, a partir das ações de preservação implantadas, teriam acesso a novas fontes de água para consumo.

Dentre os esquemas de PSE já existentes e regulamentados no Brasil, todos voluntários, pode-se citar:

- **ICMS Ecológico**, regulamentado em 17 das 27 Unidades da Federação. Possui diversas modalidades, mas, em geral, trata-se de um mecanismo de redistribuição do Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) arrecadado pelos estados, em que municípios que atingirem determinadas metas ambientais passam a ter direito de receber uma parcela maior do que aquela a que já teriam direito;
- **cobrança pelo uso da água**, instituída pela Lei nº 9.433/97 e definida pela Agência Nacional de Águas (ANA) como uma “remuneração pelo uso de um bem público, cujo preço é fixado a partir de um pacto entre os usuários da água, a sociedade civil e o poder público no âmbito dos Comitês de Bacia Hidrográfica”. Somente em 2013 foram arrecadados cerca de R\$ 390 milhões nessa modalidade de PSA; e
- **securitização e comercialização de títulos financeiros lastreados em ativos ambientais**, como os Créditos de Logística Reversa e a Créditos de Reposição Florestal negociados na Bolsa Verde do Rio de Janeiro (BVRio).

A implantação de esquemas de PSE entre cidades e Unidades de Conservação poderia também contribuir para complementar os orçamentos públicos destinados à sua de manutenção, criando fluxos estáveis de recursos e previsibilidade nos investimentos. Por sua vez, a compensação pelos serviços de conservação da biodiversidade, que não possuem beneficiários diretos facilmente identificáveis nas áreas urbanas, pode basear-se em *royalties* pela pesquisa e utilização do patrimônio genético dessas espécies, como previsto na legislação nacional.

Especialmente, a aplicação dessas diretrizes na área de estudo implicaria em reduzir ou restringir a ocupação em parte de quase todos municípios que compõem a região de influência do Arco Metropolitano, inclusive em áreas com

fortes sinalizadores para tal. Considerando as implicações econômicas e políticas de implantar tais restrições faz-se fundamental a ampla discussão prévia das propostas com as partes interessadas, na qual devem ser contrapostos os *trade offs* entre modelos de urbanização e serviços ecossistêmicos envolvidos, De forma a balancear interesses locais e impactos regionais, seria ideal que as discussões pudessem se dar em âmbito mais amplo, de gestão metropolitana.

## 7

### Considerações Finais

Ao longo deste trabalho procurou-se demonstrar que a avaliação dos impactos de mudanças de uso do solo sobre os serviços ecossistêmicos, e a inclusão desses impactos nos processos decisórios de planejamento urbano pode contribuir para cidades mais sustentáveis e mais preparadas para enfrentar as mudanças climáticas.

Serviços ecossistêmicos, de modo geral, podem ser entendidos como “os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas” (URBES, 2013), e formam parte indissociável do bem-estar humano, uma vez que não é possível manter processos econômicos e assentamentos humanos sem, por exemplo, polinização de cultivos, fluxo seguro de água limpa, purificação do ar.

Por essa razão, os serviços ecossistêmicos possuem valor intrínseco, que pode assumir caracteres econômico, ecológico, sociocultural, de saúde ou de seguro, valor este que, eventualmente, pode ainda ser medido em termos monetários.

Tanto os ecossistemas naturais, como aqueles que já sofreram ação antrópica – como campos agrícolas e de pastagem, e até mesmo cidades – geram serviços ecossistêmicos, que podem ser consumidos localmente ou a grandes distâncias de seu local de produção.

Como local de residência da maior parte da população mundial (e, no caso nacional, de cerca de dois terços da população brasileira) são as cidades as maiores consumidoras de serviços ecossistêmicos.

Tal característica tende a se reforçar face as projeções de taxas cada vez maiores de urbanização, especialmente em países menos desenvolvidos – fator que eleva as ameaças de que a expansão urbana se dê de forma predatória sobre a natureza e que resulte em cidades ainda mais desiguais socialmente, visto que as populações mais pobres são aquelas que sofrem as piores consequências da depleção dos serviços ecossistêmicos.

Do ponto de vista do planejamento urbano, parte do desafio atual é projetar cidades que trabalhem em conjunto com a natureza, para o quê, a partir

de uma avaliação dos impactos que serão exercidos sobre os serviços ecossistêmicos, se pode tomar alguns caminhos:

- incentivar o aumento da produção de serviços ecossistêmicos dentro das próprias cidades, o que pode ser feito com a implantação de [mais] elementos de infraestrutura verde – como parques e hortas urbanos, em complementação ou substituição à infraestrutura cinza tradicional;
- reduzir o volume de serviços ecossistêmicos necessários à operação das cidades, com políticas de eficiência energética, redução de desperdícios e transporte público adequado, por exemplo, bem como aumentar o aproveitamento dos serviços ecossistêmicos consumidos nas cidades, por meio de incentivos à reciclagem dos resíduos; e
- rever e moderar os incentivos à conversão do uso do solo, dentro e no entorno das cidades, de forma a interromper a tendência de espraiamento urbano, em especial aquele que se sobrepõe a áreas importantes na provisão de serviços ecossistêmicos, dado que quanto menos densa é uma cidade, maiores são seus impactos negativos sobre suas cercanias, seja para construir redes mais longas e subaproveitadas de serviços públicos (abastecimento de água, coleta e tratamento de resíduos, etc.), seja devido ao maior consumo de energia para o deslocamento das pessoas. Além da instituição de políticas de comando e controle de zoneamentos e áreas protegidas, parte desta ação pode se dar com a criação de esquemas de pagamentos por serviços ecossistêmicos (PSE), em que os proprietários de terra ou as Unidades de Conservação são devidamente compensados pela produção dos serviços por seus respectivos pelos beneficiários.

Tanto a implantação de elementos de infraestrutura verde quanto os esquemas de PSE compõem ações de Adaptação [às mudanças climáticas] baseada em Ecossistemas (EbA), que visam preparar as cidades para as ocorrências de e para lidar com os impactos de eventos extremos ligados às mudanças climáticas.

Com essas considerações em mente, este trabalho debruçou-se sobre os impactos da implantação do Arco Metropolitano, projeto rodoviário de grande porte que conecta cidades e empreendimentos industriais na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, estendendo sua influência sobre 21 municípios, sobre as áreas prioritárias para conservação e provisão dos serviços ecossistêmicos.

As reações em cadeia desencadeadas pela implantação do Arco Metropolitano serão responsáveis pela elevação dos níveis de poluição atmosférica e sonora, volume de emissões de efluentes líquidos e resíduos sólidos; redução da qualidade da água e ameaças aos ecossistemas aquáticos e estuarinos; indução de novos fluxos migratórios; mudanças nos padrões de centralidade entre os municípios da região e nos movimentos pendulares (casa/trabalho) da população; e aumento das pressões para ocupação de Áreas de Proteção Ambiental e Unidades de Conservação ou suas áreas de amortecimento.

Cruzando informações de uso e ocupação do solo da área de estudo, tanto atuais quanto projetadas para 2030, com dados relativos de provisão e consumo de serviços ecossistêmicos processados com apoio dos softwares Costing Nature e Water World, foi possível mapear que regiões de provável expansão urbana avançam sobre áreas prioritárias para conservação ou áreas cujos serviços ecossistêmicos encontram-se próximos da exaustão.

Com base nas características demográficas, ecológicas e econômicas da área de estudo, foram considerados relevantes os serviços ecossistêmicos de provisão de água, sequestro de carbono, mitigação de riscos e ecoturismo (incluindo o turismo realizado na orla, ainda que em ambiente urbano).

Do ponto de vista dos serviços ecossistêmicos hídricos, é digno de nota o fato de que vários pontos, inclusive em municípios economicamente desenvolvidos como Rio de Janeiro e Niterói, a probabilidade de que a água consumida pela população esteja poluída cairia entre 30% e 70%, conforme avaliação da Pegada Ecológica Hídrica local. Além disso, o mapeamento do Estresse Hídrico na região aponta para percentuais de frustração da demanda por água limpa, ou seja, a demanda não é atendida, ou é atendida com água de baixa qualidade, de até 50%, o que aproximadamente coincide com os déficits hídricos já identificados em trabalhos anteriores.

No que tange à biodiversidade, a área de estudo contém regiões relevantes para a conservação em nível mundial, algumas das quais encontram-se sob fortes pressões de ocupação e em zonas que provavelmente serão urbanizadas até 2030.

A avaliação dos demais serviços ecossistêmicos foi feita de forma segregada entre áreas prioritárias para desenvolvimento, ou seja, já urbanizadas e propícias para adensamento, ou adequadas para ocupação urbanas, e áreas prioritárias para conservação da natureza, e entre enfoques de produção e consumo dos serviços ecossistêmicos.

A maior intensidade de consumo de serviços ecossistêmicos em áreas prioritárias para desenvolvimento, como seria de se esperar, localiza-se nas regiões com altas densidades populacionais, como as Zonas Norte e Central da cidade do Rio de Janeiro e a Baixada Fluminense. Dentre as áreas prioritárias para conservação, o consumo de serviços ecossistêmicos provido pelo conjunto de áreas protegidas formada pela APA da Serra do Gericinó-Mendanha e pelo Parque Municipal de Nova Iguaçu destaca-se daquele observado em relação aos SE produzidos nas demais unidades de conservação, possivelmente devido à sua posição, no coração da Baixada. Este conjunto também possui maior índice relativo de produção de serviços ecossistêmicos dentre as áreas prioritárias para conservação, e a existência de assentamentos humanos em toda a sua circunvizinhança o coloca no topo da lista de unidades de conservação ameaçadas e demanda a instituição de mecanismos para evitar a exploração predatória e eventual esgotamento dos serviços ecossistêmicos ali originados

Dentre as áreas prioritárias para desenvolvimento, destacam-se os potenciais de produção de SE das áreas urbanas de São Gonçalo e Itaboraí, ambos municípios com fortes pressões de ocupação derivadas da implantação do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ), um dos empreendimentos “âncora” do Arco Metropolitano.

Ainda em relação ao consumo de serviços ecossistêmicos relevantes para a área que foram avaliados (a saber: sequestro de carbono, mitigação de riscos, provisão de água e ecoturismo), note-se que, embora o Arco Metropolitano seja um projeto de integração rodoviária numa região altamente povoada, marcada por grandes movimentos pendulares diários e em que o uso de tal modal já é majoritário, é muito relevante a quantidade de locais em que o serviço de mitigação de riscos é mais consumido que o de sequestro de carbono. As origens deste consumo elevado podem estar apoiadas não só no fato de que parte significativa da população concentra-se na faixa litorânea, vulnerável à elevação do nível do mar, mas também na ocupação de encostas e áreas pantanosas. Tal ocupação, por vezes, se dá com aval dos governos municipais, como no caso dos incentivos à ocupação da região das Vargens, na cidade do Rio de Janeiro, contido no respectivo Plano de Estruturação Urbana.

As maiores pressões de urbanização foram identificadas no entorno do Porto de Itaguaí e do COMPERJ, e nos municípios com taxas de crescimento populacional mais altas, notadamente Mangaratiba, enquanto as ameaças relativas à conservação concentraram-se em polígono limitado pelos Parque Nacional da Tijuca (1), Parque Estadual da Pedra Branca, APA da Serra do

Gericinó-Mendanha e Parque Municipal de Nova Iguaçu e zonas próximas do traçado do Arco.

A principal constatação da sobreposição das informações de expansão urbana prevista e estágio atual dos serviços ecossistêmicos foi a de que várias das regiões provavelmente urbanizadas até 2030 encontram-se em áreas próximas ao esgotamento de serviços ecossistêmicos hídricos, em áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade, em áreas de elevado potencial de provisão de serviços ecossistêmicos em geral e em áreas onde depende-se sobremaneira dos serviços ecossistêmicos de mitigação de riscos.

Partindo dessa constatação, foram propostas algumas ações visando reduzir os impactos negativos da expansão urbana projetada, quais sejam: (a) Implantar uma instância de governança metropolitana para a coordenação do planejamento urbano e regional; (b) Rever zoneamentos e parâmetros urbanísticos nos Planos Diretores municipais de forma a controlar e eventualmente coibir a ocupação de áreas problemáticas do ponto de vista dos serviços ecossistêmicos; e (c) Implantar ações de Adaptação baseada em Ecossistemas.

A necessidade de planejamento e replanejamento urbano é constante, mesmo em municípios mais desenvolvidos, como visto nos indicadores negativos de qualidade e disponibilidade de água em Niterói, e em especial em áreas alvo de projetos impactantes, como é o caso da construção do Arco Metropolitano.

Espera-se que este trabalho tenha contribuído para demonstrar (a) que os serviços ecossistêmicos devem ser utilizados como um dos fatores-chave para a tomada de decisão no que diz respeito às escolhas de desenvolvimento e expansão das cidades, visando sintonizá-las com a natureza e torná-las mais sustentáveis, e (b) que, com planejamento e ferramental adequados, as escolhas entre natureza, biodiversidade, cidade e indústria contidos em cenários de expansão urbana podem apontar para o uso equilibrado do solo e para a redução de riscos associados às mudanças climáticas, a partir da perspectiva da provisão de serviços ecossistêmicos.

Entende-se que a discussão aqui iniciada pode avançar com estudos direcionados que confrontem os zoneamentos contidos nos Planos Diretores de cada município da área de abrangência do PDAM e os impactos a serem infligidos sobre os serviços ecossistêmicos caso tais zoneamentos sejam plenamente implantados.

Além disso, sugere-se utilizar este trabalho como base para a quantificação monetária dos serviços ecossistêmicos da região, de modo a dar suporte às avaliações de viabilidade e atratividade e, eventualmente, à implantação de esquemas de pagamentos por serviços ambientais.

Por fim, entende-se que é possível replicar a pesquisa aqui realizada em outras regiões, em especial aquelas que sofrerão grandes e previsíveis transformações urbanas em futuro próximo, bem como para diferentes escalas, inclusive para focar em cidades ou bairros específicos.

## 8

### Referências bibliográficas

ADLER, Frederik L. e TANNER, Colby J. **Ecosystemas Urbanos**. Editora Oficina de Textos. São Paulo, 2015.

ANDERSSON, Erik. Urban Landscapes and Sustainable Cities. **Ecology and Society**, vol. 11, n. 1, art. 34, 2006.

ANDERSSON, Erik et al. Reconnecting Cities to the Biosphere: Stewardship of Green Infrastructure and Urban Ecosystem Services . **Ambio**, n. 43.4, p. 445-453, 2014.

BANCO MUNDIAL. **Convenient Solutions to an Inconvenient Truth: Ecosystem-based Approaches to Climate Change**. 2009. Disponível em <[http://siteresources.worldbank.org/ENVIRONMENT/Resources/ESW\\_EcosystemBasedApp.pdf](http://siteresources.worldbank.org/ENVIRONMENT/Resources/ESW_EcosystemBasedApp.pdf)>. Acesso em 22/01/2015.

\_\_\_\_\_. **How much is an ecosystem worth? Assessing the economic value of conservation**. 2004. Disponível em <<http://documents.worldbank.org/curated/en/2004/10/5491088/much-ecosystem-worth-assessing-economic-value-conservation>>. Acesso em 19/06/2014.

BERNARDES, Lysia. A Área metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista de Administração Municipal**, n. 109, p. 50-60, 1971.

BOLUND, Per e HUNHAMMAR, Sven. Ecosystem services in urban areas. **Ecological Economics**, n. 29, p. 293–301, 1999.

BOYD, James e BANZHAF, Spencer. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. **Ecological Economics**, n. 63, p. 616–626, 2007.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei nº 10.257/01 – Estatuto das Cidades**. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm)>. Acesso em 18/04/2016.

\_\_\_\_\_. **Estatuto da Cidade: guia para implementação pelos municípios e cidadãos**. 2 ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2002.

\_\_\_\_\_. Congresso Nacional. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei 1667/07**. Disponível em <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=360954>>. Acesso em 01/05/2014.

CENTRO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – CEBDS (2013). **Ferramentas de Biodiversidade e serviços ecossistêmicos para apoiar decisões corporativas**. Disponível em <<http://cebds.org/noticias/wbcscd-disponibiliza-estudo-com-diferentes-ferramentas-de-biodiversidade/#.VzZAJvkrL4Y>>. Acesso em 19/11/2014.

CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY – CBD, Secretariat of the (2013). **Cities and Biodiversity Outlook: Action and Policy**. Disponível em <[http://cbobook.org/pdf/2013\\_CBO\\_Action\\_and\\_Policy.pdf](http://cbobook.org/pdf/2013_CBO_Action_and_Policy.pdf)>. Acesso em 05/10/2014.

COSTANZA, Robert et al. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, n. 26, p. 152–158, 2014.

COSTANZA, Robert et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, n. 387, p. 253-260, 1997.

DAILY, Gretchen C., . **Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems**. Island Press, Washington, 1997.

DE BOER, John. Resilience and the Fragile City. **Stability: International Journal of Security & Development**, n. 4(1): 17, p. 1-7, 2015.

ERNSTSON, Henrik et al. Urban Transitions: On Urban Resilience and Human-Dominated Ecosystems. **Ambio**, n. 39, p. 531–545, 2010.

EUROPEAN COMMISSION. **Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Green Infrastructure (GI)—Enhancing Europe's Natural Capital** (2013). Disponível em <[http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index_en.htm)>. Acesso em 05/06/2015.

FISHER, Brendan, TURNER, R. Kerry, e MORLING, Paul. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**, n. 68, p. 643-653, 2009.

FUNDAÇÃO CENTRO ESTADUAL DE ESTATÍSTICAS, PESQUISAS E FORMAÇÃO DE SERVIDORES DO RIO DE JANEIRO – CEPERJ. **Mapa da Região Metropolitana do Rio de Janeiro**, 2014. Disponível em <[http://www.ceperj.rj.gov.br/ceep/info\\_territorios/RMRJ2013.pdf](http://www.ceperj.rj.gov.br/ceep/info_territorios/RMRJ2013.pdf)>. Acesso em 16/05/2016.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE – FEEMA. **Inventário de Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro**, [200-]. [S.l.].

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK – GFN. **Glossary**. 2015. Disponível em <[www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary/#globalhectare](http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary/#globalhectare)>.

Acesso em 03/01/2016.

\_\_\_\_\_. **National Footprint Account results (2016 Edition)**. Disponível em <[www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/public\\_data\\_package](http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/public_data_package)>.

Acesso em 09/03/2016.

GÓMEZ-BAGGETHUN, Erik e BARTON, David N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. **Ecological Economics**, n. 86, p. 235–245, 2013.

GÓMEZ-BAGGETHUN, Erik et al.. Urban Ecosystem Services. In ELMQVIST, Thomas et al. **Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment**. Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer, 2013. Capítulo 11. ISBN: 978-94-007-7087-4 (impresso); 978-94-007-7088-1 (e-book).

HAASE, Dagmar, FRANTZESKAKI, Niki e ELMQVIST, Thomas. Ecosystem Services in Urban Landscapes: Practical Applications and Governance Implications. **Ambio**, n. 43.4, p. 407-412, 2014

HANSEN, Rieke e PAULEIT, Stephan. From Multifunctionality to Multiple Ecosystem Services? A Conceptual Framework for Multifunctionality in Green Infrastructure Planning for Urban Areas. **Ambio**, n. 43.4, p. 516–529, 2014.

HERZOG, Cecília P. **Cidades para Todos: (Re)aprendendo a conviver com a Natureza**. Editora Mauad X e InVerde. Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Regiões de Influência das Cidades (REDIC)**. 2007. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/regic.shtm?c=7>>. Acesso em 09/05/2016.

\_\_\_\_\_. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. 2011. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2011/default.shtm>>. Acesso em 09/05/2016.

\_\_\_\_\_. **Censo Demográfico 2010**. 2013. Disponível em <[censo2010.ibge.gov.br](http://censo2010.ibge.gov.br)>. Acesso em 08/01/2016.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio. **Mosaicos e Corredores Ecológicos**, [201-]. Disponível em

<<http://www.icmbio.gov.br/portal/mosaicosecorredoresecologicos>>. Acesso em 25/05/2016.

JANSSON, Åsa. Reaching for a sustainable, resilient urban future using the lens of ecosystem services. **Ecological Economics**, n. 86, p. 285–291, 2013.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT – MA. **Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment**. Island Press. Washington, 2005.

\_\_\_\_\_. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Island Press. Washington, 2005.

MCPHEARSON, Timon, HAMSTEAD, Zoé A. e KREMER, Peleg. Urban Ecosystem Services for Resilience Planning and Management in New York City. **Ambio**, n. 43.4, p. 502–515, 2014.

MONTEIRO, Mônica dos S. **Estados Falidos e Desafios ao Sistema Internacional**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Instituto de Relações Internacionais, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

MUNANG, Richard et al. Climate change and Ecosystem-based Adaptation: a new pragmatic approach to buffering climate change impacts. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, n. 5, p. 67–71, 2013.

OXFAM. **Um espaço seguro e justo para a humanidade. Podemos viver dentro de um “donut”?** (2012). Disponível em <<https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/dp-a-safe-and-just-space-for-humanity-130212-pt.pdf>>. Acesso em 07/07/2015.

POLICY SUPPORT SYSTEMS – PSS. **Policy Support Systems**. Disponível em <<http://www.policysupport.org/home>>. Acesso em 10/04/2016.

PROGRAMA DAS ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ASSENTAMENTOS HUMANOS – UN HABITAT (2009). **Planning Sustainable Cities: Policy Directions. Global Report on Human Settlements 2009**. Disponível em <<https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=400&nr=751&menu=1515>>. Acesso em 07/10/2014.

\_\_\_\_\_. (2011). **Cities and Climate Change: Policy Directions. Global Report on Human Settlements 2011**. Disponível em <<http://unhabitat.org/?wpdmact=process&did=NDM1LmhvdGxpbms=>>>. Acesso em 07/10/2014.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD. **O que é o IDHM**, [201-]. Disponível em <[http://www.pnud.org.br/idh/IDHM.aspx?indiceAccordion=0&li=li\\_IDHM](http://www.pnud.org.br/idh/IDHM.aspx?indiceAccordion=0&li=li_IDHM)>. Acesso em 14/05/2016.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD, INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA e FUNDAÇÃO

JOÃO PINHEIRO – FJP. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**, 2013. Disponível em < [http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o\\_atlas/idhm](http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/idhm)>. Acesso em 14/05/2016.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE – UNEP. 2013. **EBA Guidance: Moving from Principles to Practice** (2012). Disponível em <<http://www.unep.org/climatechange/adaptation/Portals/133/documents/Ecosystem-Based%20Adaptation/Decision%20Support%20Framework/EBA%20GuidanceWORKING%20DOCUMENT%2030032012.pdf>>. Acesso em 04/05/2015.

PSS Co\$ting Nature. Versão 2 [S.I.]. Policy Support Systems, 2016. Disponível em <<http://www.policysupport.org/costingnature>>. Acesso em 10/04/2016.

PSS Water World. Versão 2 [S.I.]. Policy Support Systems, 2016. Disponível em <<http://www.policysupport.org/waterworld>>. Acesso em 10/04/2016.

RIO DE JANEIRO. Governo do Estado. Câmara Metropolitana de Integração Governamental. **Plano Diretor do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro**. 2014. Disponível em <<http://www.camarametropolitana.rj.gov.br/PlanoDiretor.pdf>>. Acesso em 07/12/2015.

\_\_\_\_\_. Governo do Estado. Departamento de Estradas e Rodagem do Rio de Janeiro (DER-RJ). **Estudo de Impacto Ambiental: Projeto de Implantação do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro BR-493/RJ-109**. 2007. Disponível em: <[http://www.firjan.org.br/site/anexos/Decisaorio/2011-2013/RIMA-Arco\\_Metropolitano.pdf](http://www.firjan.org.br/site/anexos/Decisaorio/2011-2013/RIMA-Arco_Metropolitano.pdf)>. Acesso em 07/12/2015.

\_\_\_\_\_. Governo do Estado. **Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado: 12,3 milhões de pessoas serão beneficiadas**. 2015. Disponível em <[http://www.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo;jsessionid=1C3A3B51034C40DF87670499B7737772.lportal2?p\\_p\\_id=exibeconteudo\\_INSTANCE\\_2wXQ&p\\_p\\_lifecycle=0&refererPlid=11702&\\_exibeconteudo\\_INSTANCE\\_2wXQ\\_struts\\_action=%2Fext%2Fexibeconteudo%2Frss&\\_exibeconteudo\\_INSTANCE\\_2wXQ\\_groupId=132962&\\_exibeconteudo\\_INSTANCE\\_2wXQ\\_articleId=2567510](http://www.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo;jsessionid=1C3A3B51034C40DF87670499B7737772.lportal2?p_p_id=exibeconteudo_INSTANCE_2wXQ&p_p_lifecycle=0&refererPlid=11702&_exibeconteudo_INSTANCE_2wXQ_struts_action=%2Fext%2Fexibeconteudo%2Frss&_exibeconteudo_INSTANCE_2wXQ_groupId=132962&_exibeconteudo_INSTANCE_2wXQ_articleId=2567510)>. Acesso em 25/05/2016.

ROGERS, Richard e GUMUCHDJIAN, Philip. **Cidades para um pequeno planeta**. Editora Gustavo Gill. São Paulo, 2013.

ROSENZWEIG, Cynthia et al. Cities lead the way in climate-change action. **Nature**, volume 467, p. 909-911, 2010.

SCHEWENIUS, Maria, MCPHEARSON, Timon e ELMQVIST Thomas. Opportunities for Increasing Resilience and Sustainability of Urban Social–

Ecological Systems: Insights from the URBES and the Cities and Biodiversity Outlook Projects. **Ambio**, n. 43.4, p. 434–444, 2014.

SOUZA, Ticianne Ribeiro de. Planejamento urbano, conflitos e ideologia: uma análise do Plano Diretor do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro. **e-metropolis**, n. 19, p. 47-58, 2014. Disponível em <<http://emetropolis.net/artigo/149?name=planejamento-urbano-conflitos-e-ideologia-uma-analise-do-plano-diretor-do-arco-metropolitano-do-rio-de-janeiro>>. Acesso em 10/01/2016.

STOCKHOLM RESILIENCE CENTER – SRC. **What is resilience? An introduction to social-ecological research** (2014). Disponível em <[http://www.stockholmresilience.org/download/18.10119fc11455d3c557d6d21/1398172490555/SU\\_SRC\\_whatisresilience\\_sidaApril2014.pdf](http://www.stockholmresilience.org/download/18.10119fc11455d3c557d6d21/1398172490555/SU_SRC_whatisresilience_sidaApril2014.pdf)>. Acesso em 07/07/2015.

TAKEDA, Tatiana de Oliveira. **Princípio do Usuário Pagador** (2014). Disponível em <[http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=8139](http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=8139)>. Acesso em 18/06/2014.

THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY – TEEB (2010) **The Economics of Ecosystems and Biodiversity – Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach**, conclusions and recommendations of TEEB. Disponível em <<http://www.teebweb.org/publication/mainstreaming-the-economics-of-nature-a-synthesis-of-the-approach-conclusions-and-recommendations-of-teeb/>>. Acesso em 07/12/2013.

UNITED NATIONS PROGRAM FOR THE ENVIRONMENT – UNEP. **EBA Guidance: Moving from Principles to Practice** (2012). Disponível em <[http://www.unep.org/climatechange/adaptation/Portals/133/documents/Ecosystem-Based%20Adaptation/Decision%20Support%20Framework/EBA%20Guidance\\_WORKING%20DOCUMENT%2030032012.pdf](http://www.unep.org/climatechange/adaptation/Portals/133/documents/Ecosystem-Based%20Adaptation/Decision%20Support%20Framework/EBA%20Guidance_WORKING%20DOCUMENT%2030032012.pdf)>. Acesso em 04/05/2015.

URBAN BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES PROJECT – URBES. 2013. **Factsheets**, números 1 a 5. Disponível em <<http://urbesproject.org/factsheets.html>>. Acesso em 15/10/2014.

VILLAÇA, Flávio. Dilemas do Plano Diretor. In: CEPAM. **O município no século XXI: cenários e perspectivas**. São Paulo: Fundação Prefeito Faria Lima – Cepam, 1999. p. 237 – 247.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT – a WCED. **Our Common Future** (“Brundtland Report”). Oxford. Oxford University Press, 1987.

WORLD ECONOMIC FORUM – WEF. 2015. **Global Risks 2015**. Disponível em <<https://www.weforum.org/reports/global-risks-2015>>. Acesso em 21/01/2015