

Integrando grade estatística e luzes noturnas em estudos populacionais: uma aplicação para apoiar o planejamento territorial na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte

Tathiane Mayumi Anazawa*
Ana Carolina de Faria Santos**
Antonio Miguel Vieira Monteiro***
Silvana Amaral****

*Bióloga (UEPG). Mestre em Sensoriamento Remoto (INPE). Doutora em Demografia (UNICAMP).

**Bióloga (UNITAU). Mestre em Sensoriamento Remoto (INPE).

***Engenheiro elétrico (UFES). Mestre em computação aplicada (INPE). Doutor em Engenharia Eletrônica e Controle/Ciência da Computação (University of Sussex).

****Ecóloga (UNESP). Mestre em Sensoriamento Remoto (INPE). Doutora em Engenharia/Informação Espacial (USP).

Resumo: O trabalho tem como objetivo identificar a presença de população e infraestruturas em áreas protegidas legalmente definidas, na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN). O estudo foi apoiado no uso de novas bases de dados espaciais estatísticos provenientes do Censo Demográfico, e dados de sensoriamento remoto de luzes noturnas através de uma representação auxiliar para caracterizar o espaço metropolitano e seus diferentes territórios. A análise foi realizada a partir da construção de Tipologias de Ocupação, baseadas na integração de informações de população, luzes noturnas e áreas protegidas, cujos resultados possibilitaram um diagnóstico preliminar sobre potenciais conflitos entre necessidades locais, como foi o caso analisado no Parque Estadual de Campos do Jordão, local escolhido para a verificação remota das Tipologias. Estas áreas merecem detalhamento e verificação no âmbito do planejamento metropolitano, para que sejam consideradas a heterogeneidade regional e as especificidades dos diferentes territórios que formam a RMVPLN.

Palavras-chave: sistema de informação geográfica, sensoriamento remoto, tipologias de ocupação, planejamento metropolitano.

1. Introdução

A perspectiva ambiental começou a ser fortemente incorporada nas políticas de planejamento territorial a partir das discussões sobre desenvolvimento sustentável nos anos 90 como resultado dos debates gerados na Conferência ECO-92 (Oliveira, Costa 2018). Instrumentos de planejamento que abordavam essa perspectiva ambiental passaram a ser discutidos e implementados, como a construção da Trama Verde e Azul (TVA) enquanto uma ferramenta auxiliar ao planejamento territorial. Como experiência brasileira houve o projeto de Macrozoneamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), desenvolvido entre 2013 e 2015 como um desdobramento do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI), construído a partir de 2011 (Oliveira e Costa 2018). A TVA da RMBH foi inspirada no modelo francês de planejamento territorial da região de *Nord-Pas-de-Calais*, parte integrante da política de planejamento dos territórios franceses (UFMG 2014).

A TVA francesa consiste em uma ferramenta de conservação da biodiversidade e uma ferramenta de

planejamento integrado com políticas urbanas e ambientais (*Centre de ressources - Trame verte et bleue* s/d). O conceito da TVA enfoca as conexões e continuidades entre as florestas, fragmentos, parques, praças, denominados ali como **áreas verdes** e corpos d'água, designados como **áreas azuis**.

Este foco baseia-se nos estudos de sistemas ecológicos, com particular ênfase no planejamento espacial e estudos sobre fragmentação de habitat apoiados em métodos, métricas e representações no campo da ecologia da paisagem. A TVA reflete a estratégia adotada pela França para o desenvolvimento verde, com enfoque nos corredores e redes ecológicas para a conservação da biodiversidade (Beauchamp, Adamowski 2013). Desde 2009 é considerada como uma política de planejamento dos territórios franceses e articulada com o programa francês "Estratégia Nacional para a Biodiversidade 2011-2020".

Na França o enfoque prioritário estava nas questões de conservação da biodiversidade, e na experiência mineira, a prioridade passa a ser a integração entre os elementos do ambiente natural e o ambiente construído, observando os territórios de vida no espaço metropolitano. A TVA da

RMBH, definida como um “elemento de ordenamento e estruturação do território” (UFMG 2014, p. 43), buscou articular as dimensões ambientais e urbanas nos processos de planejamento territorial (Oliveira, Costa 2018). O principal objetivo da TVA proposta consistiu em:

[...] assegurar a continuidade entre áreas de interesse ecológico, ambiental e paisagístico valendo-se de elementos da morfologia do território tais como serras, os topos de morro, os terrenos de elevada declividade, os vales e a rede hidrográfica. A trama, nessa acepção, incorpora e conecta unidades de conservação e complexos ambientais culturais para promover a biodiversidade, contribuir para a melhoria da qualidade ambiental de uma região, reforçar sua identidade cultural e paisagística e promover o acesso à natureza a seus habitantes, criando oportunidades para o lazer, o turismo e a convivência social (UFMG 2014, p. 40).

Dessa forma, evidencia-se que o foco na questão ambiental da TVA francesa não abrangia discussões relacionadas à população, como suas características e seus territórios de vida. Como aponta a experiência mineira, é necessário ampliar a discussão a partir da inclusão de abordagens relacionadas à população que vive nos diferentes territórios da metrópole. Faz-se assim também necessário buscar novas formas para sua mensuração e representação.

A Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN), a área de estudo deste trabalho, se entendida como um conjunto de territórios metropolitanos diversos, constituído de múltiplos *espaços diferenciais* (Lefebvre 2000), necessita de uma ampliação no conjunto de técnicas, métodos, metodologias e tecnologias que possam ser auxiliares à observação desta diversidade na escala metropolitana.

A RMVPLN foi efetivamente criada em 2012 e já inserida no contexto da Macrometrópole Paulista (MMP), que compreende regiões metropolitanas e aglomerações urbanas paulistas, constituindo assim uma nova escala de metropolização, que demanda por uma nova escala de planejamento (Negreiros *et al.* 2015). Segundo as autoras, a escala de metropolização do território requer pensar a governança a partir da diversidade dos problemas existentes, que demandam por soluções articuladas e integradas de diferentes setores dos serviços urbanos, bem como de atores institucionais em diferentes esferas, federal, estadual e local.

Em termos de planejamento metropolitano, as primeiras preocupações com a dimensão do planejamento regional no Vale do Paraíba e do Litoral Norte se iniciou na década de 1960 com a criação do Consórcio de Desenvolvimento Integrado do Vale do Paraíba e Litoral Norte (CODIVAP). Havia um cenário de crescimento urbano acelerado na região a partir da reestruturação da dinâmica produtiva do estado de São Paulo e a influência dos planos nacionais e regionais de desenvolvimento. Além dos trabalhos realizados pelo CODIVAP, a região do Vale do Paraíba e Litoral Norte participou das ações de planejamento estatal, resultando no “Plano Regional do Macro-Eixo Paulista”, produzido pela Secretaria de Economia e Planejamento do governo do estado

de São Paulo, no período de 1975 a 1978 (Reschilian 2005). Na década de 1990, com suporte do CODIVAP e parcerias com instituições de ensino, foi elaborado o Projeto de Macrozoneamento do Vale do Paraíba e Litoral Norte (MAVALE), que introduziu bases para trabalhar diferentes metodologias em apoio ao Planejamento Territorial, como o uso de dados de sensoriamento remoto orbital (Kurkdjian *et al.* 1991).

Contudo, após a aprovação do Estatuto da Metrópole, em 2015, o Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI) da RMVPLN ainda está em discussão e sem efetiva construção. A existência de dois documentos, sendo eles o Termo de Referência para a formulação do PDUI-RMVPLN e seu Guia Metodológico, são apresentados pela AGEMVALE (Agência Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte) em 2018, sem desdobramentos efetivos de construção do PDUI (Gomes 2019; Filho 2019).

A RMVPLN, assim como boa parte do território inserido na MMP, apresenta regiões com infraestrutura social e urbana deficiente e diversas áreas de risco para preservação ambiental. Devido aos seus intensos ciclos de exploração agrária ao longo da história, a RMVPLN sofreu diversas modificações em sua paisagem. Inicialmente, a região era formada por uma densa vegetação da Mata Atlântica e atualmente apresenta uma paisagem extremamente fragmentada (Devide *et al.* 2014). Ainda assim, a RMVPLN possui os maiores índices de vegetação remanescente do estado de São Paulo, com mais de 36% de sua área protegida por Unidades de Conservação, tanto de proteção integral (UCPI), ou seja, sem interferência humana, quanto de uso sustentável (UCUS), com exploração consciente e sustentável do ambiente (EMPLASA 2012). A região também possui um sistema de drenagem rico e encontra-se no domínio geomorfológico de “mar de morros” (Devide *et al.* 2014).

Frente a este cenário, percebe-se a necessidade de caracterizar e elaborar ferramentas de planejamento com enfoque nas áreas verdes e azuis, mas também abrangendo a discussão e a integração com a população que vive no território metropolitano. Neste sentido, tem-se a Trama Verde e Azul (TVA) como um instrumento auxiliar ao planejamento territorial, contudo, para a RMVPLN, necessitaria de um reposicionamento para compreender melhor as abordagens teóricas e metodológicas para estes territórios.

O Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos (ONU-Habitat) publicou em 2015, as Diretrizes Internacionais para Planejamento Urbano e Territorial, fornecendo referencial teórico e operacional rediscutido no âmbito das políticas urbanas, que agora passa a considerar o território como elemento estruturador destas políticas. Este marco conceitual em termos de gestão e planejamento, traz a inclusão do “planejamento espacial”, “visando facilitar e articular decisões políticas com base em cenários diferentes e traduzindo essas decisões em ações que transformarão o espaço físico e social e apoiarão o desenvolvimento de cidades e territórios integrados” (ONU-Habitat 2015, p. 23). Para a construção de instrumentos auxiliares de planejamento territorial, torna-se fundamental considerar a questão espacial e possibilidades de sua representação. Para isso, o uso de dados de sensoriamento remoto e sua integração com dados demográficos em ambiente SIG (Sistema de

Informações Geográficas) constituem um aporte metodológico necessário para a representação dos territórios metropolitanos.

Nesta direção, este trabalho teve como objetivo criar um elemento de representação para uma dimensão da Trama Metropolitana, relacionada à RMVPLN, que buscasse como síntese, identificar presença de população e de infraestruturas encontradas em áreas protegidas legalmente definidas, através da construção de Tipologias Territoriais. Para a verificação remota destas Tipologias, foi utilizado o recorte territorial do Parque Estadual Campos do Jordão, uma unidade de conservação de proteção integral.

A proposta deste artigo se apoia no uso de novas bases de dados estatísticos (IBGE 2016; Bueno 2014) e dados de sensoriamento remoto de luzes noturnas criando uma nova possibilidade analítica como forma de representação auxiliar para o espaço metropolitano. Esta representação deve indicar possíveis conflitos de uso entre o legal e o real, que precisam ser considerados nas discussões sobre o planejamento metropolitano de modo a integrar, no olhar ambiental da Trama, os territórios por onde a vida circula na metrópole.

As áreas protegidas, entendidas neste trabalho como as áreas legalmente definidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (lei nº 9.985/2000), refletem territórios metropolitanos que precisam ser considerados no planejamento metropolitano. Buscando cumprir seus objetivos de contribuir para a promoção da proteção e preservação do meio ambiente, o SNUC divide as Unidades de Conservação (UCs) em dois grupos: (i) Unidades de Proteção Integral (UCPI), cujo objetivo principal é preservar a natureza, admitindo apenas o uso indireto dos recursos naturais; (ii) e Unidades de Uso Sustentável (UCUS), que buscam o equilíbrio entre a conservação da natureza e o uso sustentável de alguns recursos naturais (BRASIL, 2000).

Segundo D'Antona, Bueno e Dagnino (2013), poucos são os estudos que buscam estimar o volume de população em unidades de conservação baseados em dados censitários. Os autores apresentaram um método para aumentar a resolução de dados censitários, dispostos em uma grade regular, que foi utilizada para dar origem ao produto do IBGE denominado de Grade Estatística (IBGE 2016).

A criação do sistema de grades parte da necessidade de integrar dados de diversas origens, agregados em unidades geográficas incompatíveis, além de agregar dados em

unidades pequenas. Segundo o IBGE (2016), o sistema de grades trata-se de um sistema de células regulares, dispostas em forma de grade, utilizados para a geração de um suporte geográfico com geometria fixa para a disseminação de dados censitários. As vantagens apresentadas pelo sistema de grades são: estabilidade espaço-temporal, adaptação a recortes espaciais, hierarquia, flexibilidade e versatilidade. A principal desvantagem consiste na difícil equação entre suprimir ou liberar dados referentes a pequenas áreas, por risco de quebra de sigilo estatístico (IBGE 2016).

Já as imagens de luzes noturnas propiciam observações indiretas da distribuição humana e de dinâmicas socioeconômicas através do monitoramento e detecção de luzes artificiais de origem antropogênica presentes na superfície da Terra (Elvidge *et al.* 2013; Wang *et al.* 2019). Estas luzes antropogênicas advêm principalmente da iluminação pública, mas também decorrem de infraestruturas relacionadas às necessidades das atividades humanas para o curso de suas vidas econômica e social (Elvidge *et al.* 2013; Salvati *et al.* 2017). Os dados de luzes noturnas têm permitido diversas aplicações para representar, além dos bens e serviços públicos de consumo coletivo, certas atividades industriais e assentamentos humanos.

2. Abordagem Metodológica

Área de estudo

A Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN) foi criada pela Lei Complementar Estadual nº 1.166 de 9 de janeiro de 2012 e compreende 39 municípios que são divididos em cinco sub-regiões (EMPLASA 2012; Figura 1). Situa-se entre as regiões metropolitanas de São Paulo (RMSP) e Rio de Janeiro (RMRJ), economicamente importantes para o país, e também por concentrar conflitos pelo uso de recursos naturais. Como por exemplo, a água, que em decorrência da escassez hídrica ocorrida na região Sudeste entre 2013 e 2015, promoveu a interdependência hídrica entre as regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro e Vale do Paraíba e Litoral Norte (Carmo, Anazawa 2017). A importância da RMVPLN, segundo a EMPLASA (2012), reside na diversidade de atividades econômicas, atividades portuárias e petroleiras, além do turismo e existência de unidades de conservação.

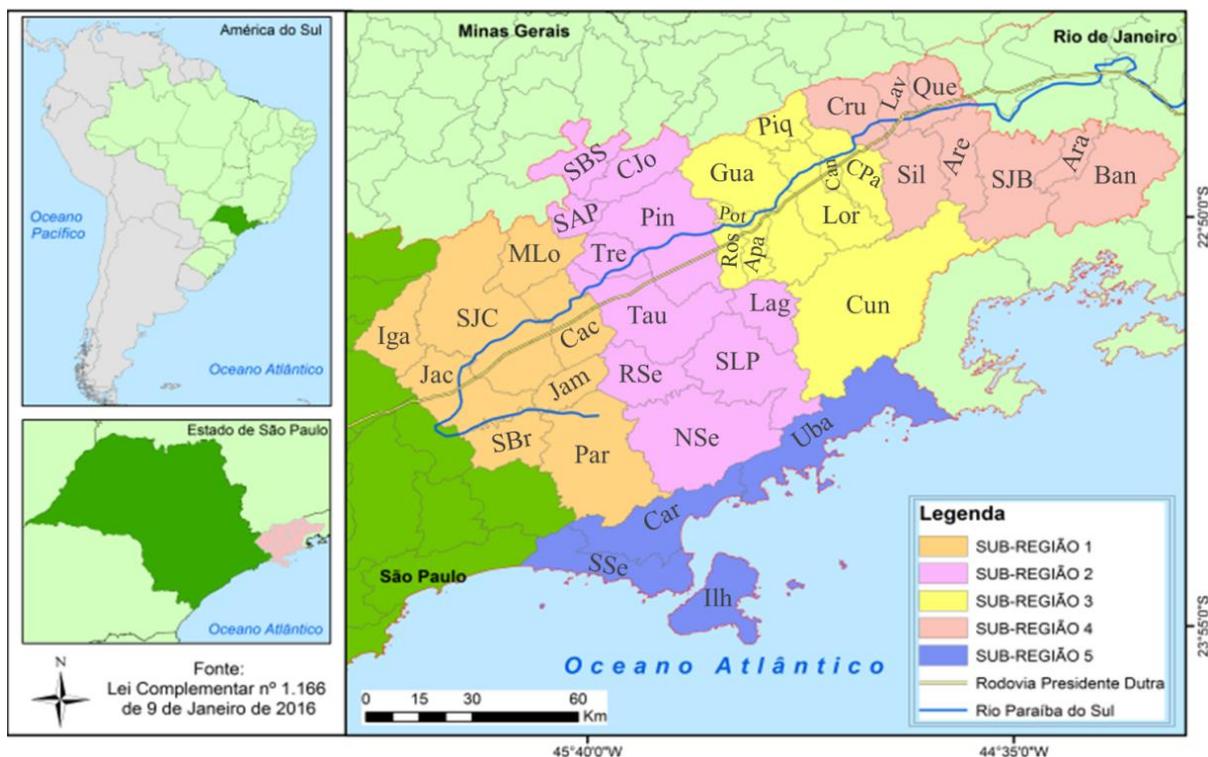


Figura 1: Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo.

Legenda: Apa: Aparecida; Ara: Arapeí; Are: Areias; Ban: Bananal; Cac: Caçapava; Can: Canas; Car: Caraguatatuba; CJo: Campos do Jordão; CPa: Cachoeira Paulista; Cru: Cruzeiro; Cun: Cunha; Gua: Guaratinguetá; Iga: Igaratá; Ilh: Ilhabela; Jac: Jacareí; Jam: Jambeiro; Lag: Lagoinha; Lav: Lavrinhas; Lor: Lorena; MLo: Monteiro Lobato; NSe: Natividade da Serra; Par: Paraibuna; Pin: Pindamonhangaba; Piq: Piquete; Pot: Potim; Que: Queluz; RSe: Redenção da Serra; Ros: Roseira; SAP: Santo Antônio do Pinhal; SBr: Santa Branca; SBS: São Bento do Sapucaí; Sil: Silveiras; SJB: São José do Barreiro; SJC: São José dos Campos; SLP: São Luis do Paraitinga; SSe: São Sebastião; Tau: Taubaté; Tre: Tremembé; Uba: Ubatuba.

Fonte: Santos (2019).

Para fins de verificação remota, foi escolhido o Parque Estadual Campos do Jordão (PECJ), no município de Campos do Jordão, localizado na Sub-Região 2 da RMVPLN. Esta Unidade de Conservação é classificada como sendo de Proteção Integral. Conhecido na região como Horto Florestal, foi criado pela Lei Estadual nº 11.908/1941 em uma área prioritária de proteção ambiental, a Serra da Mantiqueira. O PECJ possui uma área total de 8,341 ha que abrangem diferentes fitofisionomias da Mata Atlântica e abriga diversas espécies animais e vegetais, sendo 58 espécies animais ameaçadas de extinção e 25 espécies vegetais protegidas (SEMA 2015).

Dados utilizados

Foram utilizados os dados referentes ao Censo Demográfico 2010, disponibilizados na forma de grades estatísticas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016). As variáveis provenientes do Censo Demográfico (2010), disponibilizadas na grade estatística do IBGE, são: população residente (total, feminina e masculina) e domicílios ocupados. Para este trabalho foi considerada apenas a população total. A Grade Estatística dispõe de células regulares rurais (dimensão de 1 x 1km) e urbanas (dimensão de 200 x 200m).

Para melhor caracterizar a ocupação humana e a infraestrutura, foram utilizadas imagens de luzes noturnas do sensor *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS), a bordo do *Suomi National Polar-orbiting Partnership* (SNPP), disponibilizadas pela Agência *National Oceanic and Atmospheric Administration's National Geoscience*

Data Center (NOAA/NGDC). Foram utilizadas as composições mensais da Versão 1 da Série Mensal VIIRS *Day/Night Band* de abril a novembro de 2012. As composições possuem resolução espacial de 500 x 500 metros, resolução radiométrica de 14 bits e representam a média da radiancia detectada no mês ($nW/cm^2.sr^{-1}$). O único pré-processamento refere-se à remoção de luzes dispersas (*stray light*), como de auroras, de modo que o uso direto deste produto, sem um processamento, pode comprometer a precisão dos resultados e induzir a erros (Zhang *et al.* 2017; NOAA/NGDC 2018).

Para gerar a composição anual de luzes noturnas VIIRS 2012, as imagens mensais foram corrigidas aplicando-se o método desenvolvido por Wu e colaboradores (2018) que utiliza a Versão 1 da Composição Anual VIIRS de 2015 como máscara para corrigir as imagens mensais. Se um pixel, em determinada posição geográfica, tem valor zero na imagem anual de 2015, ele deverá permanecer zero em todas as imagens da composição mensal (Wu *et al.* 2018). Aliado a isto, todos os pixels com valores de radiancia negativos foram considerados ruídos e a eles atribuído valor zero (Shi *et al.* 2014; Wu *et al.* 2018). Após a correção das imagens, foram calculados os valores de radiancia para o ano de 2012 através da média dos valores mensais de cada ano.

Para este trabalho foram utilizados dados referentes às áreas protegidas, legalmente definidas pelo SNUC (Unidades de Conservação de Proteção Integral - UCPI e Unidades de Conservação de Uso Sustentável - UCUS). Os dados de Unidades de Conservação federais e estaduais (dados vetoriais e tabulares, para o ano de 2019), foram obtidos junto ao ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da

Biodiversidade) e Fundação Florestal (Fundação para a Conservação e a Produção Florestal do Estado de São Paulo), respectivamente.

Integração e análise de dados

Uma base celular foi construída utilizando-se dos polígonos da Grade Estatística do IBGE como referência, ou seja, as células da base desse trabalho apresentaram as mesmas dimensões que as células da grade do IBGE: dimensão de 1 x 1km para células rurais e dimensão de 200 x 200m para células urbanas. A integração com os dados de luzes noturnas e áreas protegidas foi realizada no *software* TerraView 5.5.0, a partir da ferramenta “Preenchimento de Células”. Para o preenchimento dos atributos nas células, foram utilizados os operadores síntese “Presença”, disponível na ferramenta, de acordo com o tipo de dado de

entrada. Neste trabalho foram identificados dois tipos de dados de entrada: matricial (dados de luzes noturnas) e vetorial (polígonos – áreas protegidas e população residente)¹.

A análise de dados foi realizada em três etapas de trabalho: (1) Construção das Tipologias de Ocupação e sua distribuição espacial; (2) Verificação das Tipologias de Ocupação no Parque Estadual Campos do Jordão; (3) Verificação remota das Tipologias no Parque selecionado.

A primeira etapa consistiu na construção de Tipologias de Ocupação (Tabela 1), considerando as informações de presença (1) e ausência (0) de população, luzes e áreas protegidas, conformando cinco Tipologias de Ocupação. Essa Tipologia tem como objetivo verificar as características dos diferentes territórios da RMVPLN, considerando os atributos de forma integrada. As Tipologias de Ocupação foram espacializadas para verificar sua distribuição nos diferentes territórios da RMVPLN.

Tipologia	Descrição		
	População	Luzes noturnas	Áreas Protegidas
I - In (Dentro de Áreas Protegidas)	1	1	1
NP - No Population (Sem População)	0	1	1
NL - No Light (Sem Luzes)	1	0	1
NPL - No Population and Light (Sem população e luzes)	0	0	1
O - Out (Fora de Áreas Protegidas)	1	1	0

Tabela 1: Tipologias de Ocupação. Legenda: (1) Presença; (0) Ausência.
Fonte: Produzido pelos autores.

A segunda etapa de trabalho refere-se à análise das Tipologias de Ocupação nos territórios do Parque Estadual Campos do Jordão (PECJ), como forma de analisar uma área protegida específica e sua conformação em relação as Tipologias. A análise das Tipologias de Ocupação, nessa área protegida, ocorreu a partir da definição de três territórios delimitados: (1) o próprio PECJ; (2) entorno do PECJ – raio de 3 km (zona de amortecimento prevista); (3) entorno abrangente do PECJ – raio de 10 km. A delimitação do entorno e o entorno abrangente foi realizada a partir da construção de buffers com seus determinados raios de atuação.

A terceira e última etapa de trabalho foi realizada a partir de verificação remota de células escolhidas com as Tipologias de Ocupação [I] e [NL] no PECJ (dentro e no entorno imediato). A verificação remota consistiu em verificar imagens de satélite de alta resolução espacial disponíveis no Google Earth, e suas respectivas informações referentes a data e empresa distribuidora das imagens.

3. Resultados e discussão

Ao analisar a distribuição espacial das Tipologias de Ocupação (Figura 2) e sua distribuição percentual, foi possível observar que aproximadamente 70% do território da RMVPLN apresenta população (somando-se as Tipologias de Ocupação que apresentam população – [I], [NL], [O]). A Tipologia de Ocupação [O], mais expressiva na RMVPLN, com 50,68% das células, refere-se aos territórios que não estão localizados em áreas protegidas, mas que apresentam população residente e luzes noturnas. Já a Tipologia [NL], que corresponde às áreas protegidas com a presença de população e sem presença de luzes, se mostrou distribuída em 13,36% do território da RMVPLN. Por fim, a Tipologia [I], com presença de população e luzes noturnas, indicativo de atividades antrópicas em áreas protegidas, esteve presente em 4,65% do território da RMVPLN (Gráfico 1).

Destaca-se também que áreas protegidas exclusivamente (Tipologia [NPL]), ou seja, sem a presença de população e indicativo de atividades antrópicas, constitui cerca de 30% do território da RM considerada. Esta Tipologia é dominante nos municípios do Litoral Norte paulista - Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião e Ubatuba, acompanhando a distribuição da Serra do Mar, e é também frequente em porções da Serra da Mantiqueira (Figura 2).

¹ Para informações mais detalhadas sobre o funcionamento da ferramenta “Preenchimento de Células” no *software* TerraView, ver: Anazawa (2012) e TerraView (s/d).

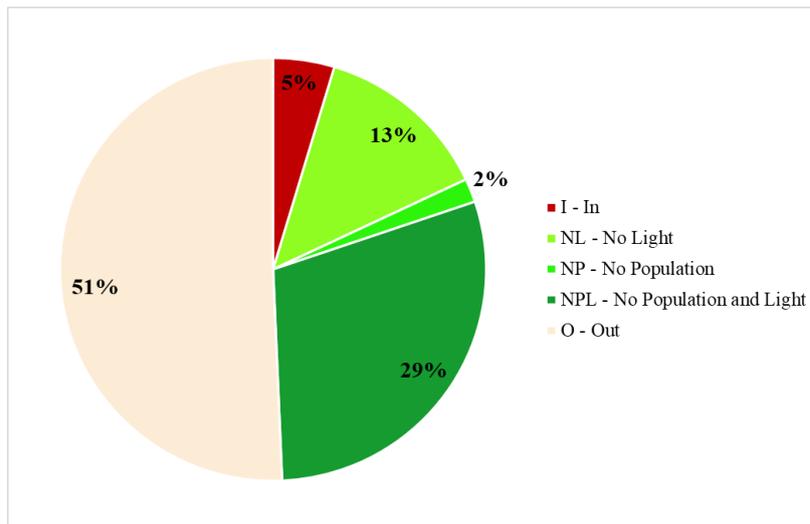


Gráfico 1: Distribuição percentual das Tipologias de Ocupação na RMVPLN.
Fonte: Produzido pelos autores.

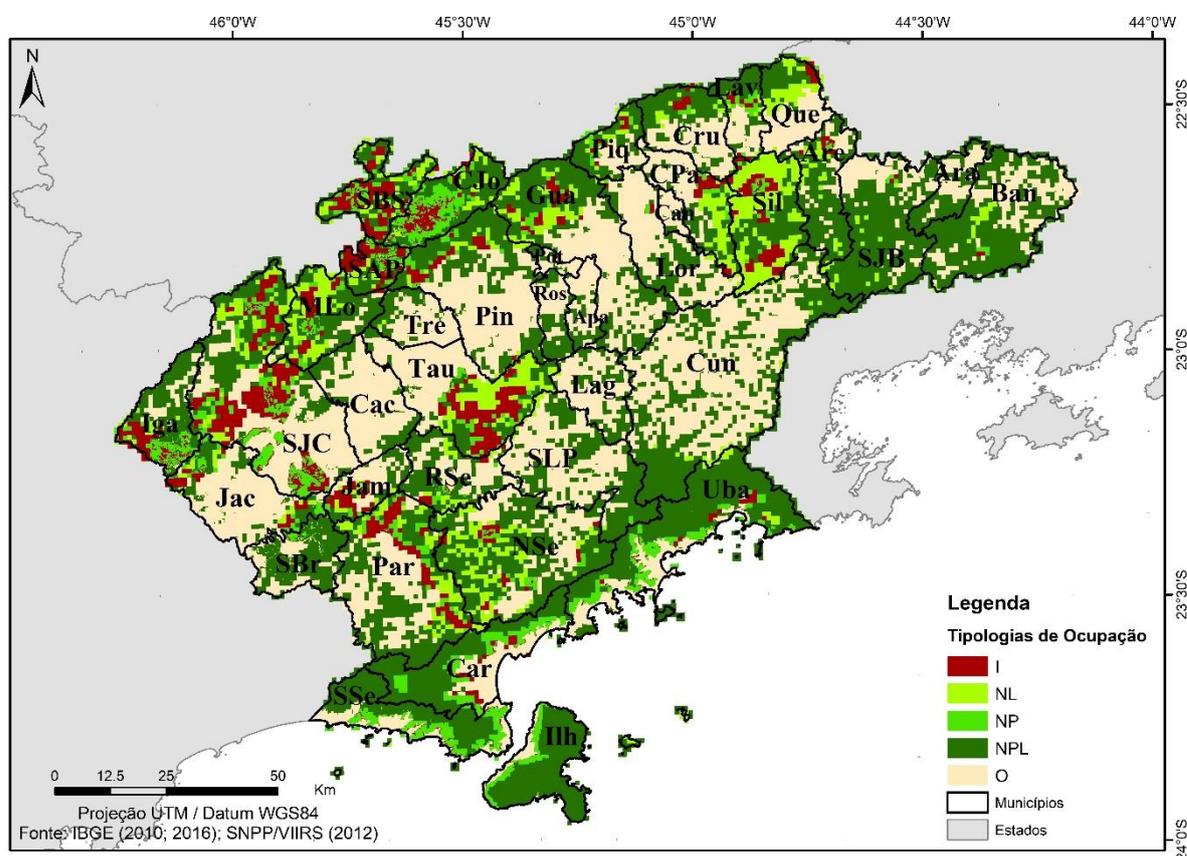


Figura 2: Distribuição espacial das Tipologias de Ocupação na RMVPLN. Legenda: Tipologia [I]: *In*; Tipologia [NL]: *No Light*; Tipologia [NP]: *No Population*; Tipologia [NPL]: *No Population and Light*; Tipologia [O]: *Out*. Municípios: Apa: Aparecida; Ara: Arapeté; Are: Areias; Ban: Bananal; Cac: Caçapava; Can: Canas; Car: Caraguatatuba; CJo: Campos do Jordão; CPA: Cachoeira Paulista; Cru: Cruzeiro; Cun: Cunha; Gua: Guaratinguetá; Iga: Igaratá; Ilh: Ilhabela; Jac: Jacareí; Jam: Jambeiro; Lag: Lagoinha; Lav: Lavrinhas; Lor: Lorena; MLo: Monteiro Lobato; NSe: Natividade da Serra; Par: Paraibuna; Pin: Pindamonhangaba; Piq: Piquete; Pot: Potim; Que: Queluz; RSe: Redenção da Serra; Ros: Roseira; SAP: Santo Antônio do Pinhal; SBR: Santa Branca; SBS: São Bento do Sapucaí; Sil: Silveiras; SJB: São José do Barreiro; SJC: São José dos Campos; SLP: São Luis do Paraitinga; SSe: São Sebastião; Tau: Taubaté; Tre: Tremembé; Uba: Ubatuba.

Fonte: Produzido pelos autores a partir de dados do IBGE, 2010 e 2016 e dados SNPP/VIIRS, 2012.

Por fim, a Tipologia de Ocupação menos expressiva foi a Tipologia [NP] (ocupando 1,8% do território da RMVPLN), referente aos territórios em áreas protegidas, sem presença de população, mas com presença de luzes, indicativo de atividades antrópicas. As Figuras 3A e 3B apresentam exemplos de territórios que registraram a Tipologia de Ocupação [NP], onde há focos de luzes noturnas, sem presença de população, em unidades da Área de Proteção Ambiental Bacia Paraíba do Sul. A Figura 3A traz o município de Jambeiro, onde há uma área de mineração de areia, condicionando a Tipologia [NP], e a Figura 3B no município de Paraibuna que apresenta a Represa de Paraibuna.

Santos (2019) ressaltou a presença do efeito *overflow* nos municípios de Paraibuna e Jambeiro. Este efeito consiste na amplificação de luzes noturnas para outras áreas que não consistem em locais com infraestrutura de iluminação, como ocorrem por exemplo em corpos d'água e neve. Em Paraibuna, este efeito se dá pela presença do rio Paraíba do Sul e a Represa de Paraibuna. No município de Jambeiro, este efeito foi observado nos condomínios fechados, distantes da área urbana central do município, em locais com instalações de indústrias e de mineração de areia.



Figura 3: Verificação remota da Tipologia de Ocupação [NP]: *No Population* - (A) Município de Jambeiro; (B) Município de Paraibuna.
 Fonte: Produzido pelos autores a partir de imagens de satélite distribuídas pela Maxar Technologies obtidas junto ao Google Earth (datas: 08/01/2011 e 30/12/2009)

Para caracterizar os diferentes territórios quanto às Tipologias de Ocupação em uma UC específica, tomou-se como área de verificação o Parque Estadual Campos do Jordão (PECJ). Foi possível analisar que na área que corresponde ao PECJ predominam as células com Tipologia de Ocupação [NPL], ou seja, células com ausência de luz e população (78% do total das células do parque) (Figura 4).

Por se tratar de uma UCPI, não prevendo ocupação humana, destaca-se que ainda há 8% de células inadequadas com a normativa do parque, ou seja, com população. Esta situação será melhor discutida a seguir.

As áreas de entorno do parque, tanto a zona de amortecimento quando o entorno abrangente (10 km), apresentam uma composição semelhante em relação às

Tipologias de Ocupação (Figura 4). Destacam-se as Tipologias [NP] e [NL], ou seja, células com ausência de população ou ausência de luz, esta última também indicando uma ausência de infraestrutura. É possível observar que apesar de ser considerado o entorno do PECJ, há presença de outras áreas protegidas. Segundo seu Plano de Manejo

(SEMA 2015), o PECJ se localiza sobreposto a outras áreas protegidas, como a Área de Proteção Ambiental (APA) municipal de Campos do Jordão, a APA estadual de Campos do Jordão e a APA federal da Serra da Mantiqueira, dificultando assim a própria gestão do PECJ.



Figura 4: Análise das Tipologias de Ocupação nos territórios delimitados. Legenda: Tipologia [I]: *In*; Tipologia [NL]: *No Light*; Tipologia [NP]: *No Population*; Tipologia [NPL]: *No Population and Light*; Tipologia [O]: *Out*.

Fonte: Produzido pelos autores.

Na Figura 5 observa-se que a Tipologia de Ocupação [I], ou seja, uma célula com presença de população e luzes noturna em uma área protegida, verificada remotamente, corresponde à sede do PECJ e estruturas residenciais. Esta situação não estaria em conformidade legal, por ser uma UC de proteção integral, que não prevê a presença humana nessas áreas protegidas. No entanto, parte das estruturas residenciais presentes no Parque se deve ao histórico do local que, originalmente, era formado por fazendas produtivas e que, por determinado período, foi ocupada por moradores jordanenses. Atualmente, estas residências servem de pouso para pesquisadores e funcionários.

A Figura 6 exemplifica uma célula com Tipologia de Ocupação [NL], indicando a presença apenas de população

em áreas protegidas. Da verificação remota, observou-se a existência de estruturas residenciais próximas aos limites do Parque. No entanto, não houve indicativo da presença de luz nessa célula. Segundo Santos (2019), os dados de luzes noturnas do sensor VIIRS, apesar da resolução espacial de 500 x 500 m, apresentaram uma sensibilidade radiométrica que permite captar pequenos núcleos.

A ausência de luz se deve, provavelmente, a inclinação do terreno, que dificultou a identificação de infraestruturas na área, ou talvez, a ausência de iluminação externa e o número diminuto de residências não emita luz de radiação suficiente para ser registrada pelo sensor. Embora haja limitações do dado, a verificação remota mostrou a baixa densidade habitacional do local em questão.

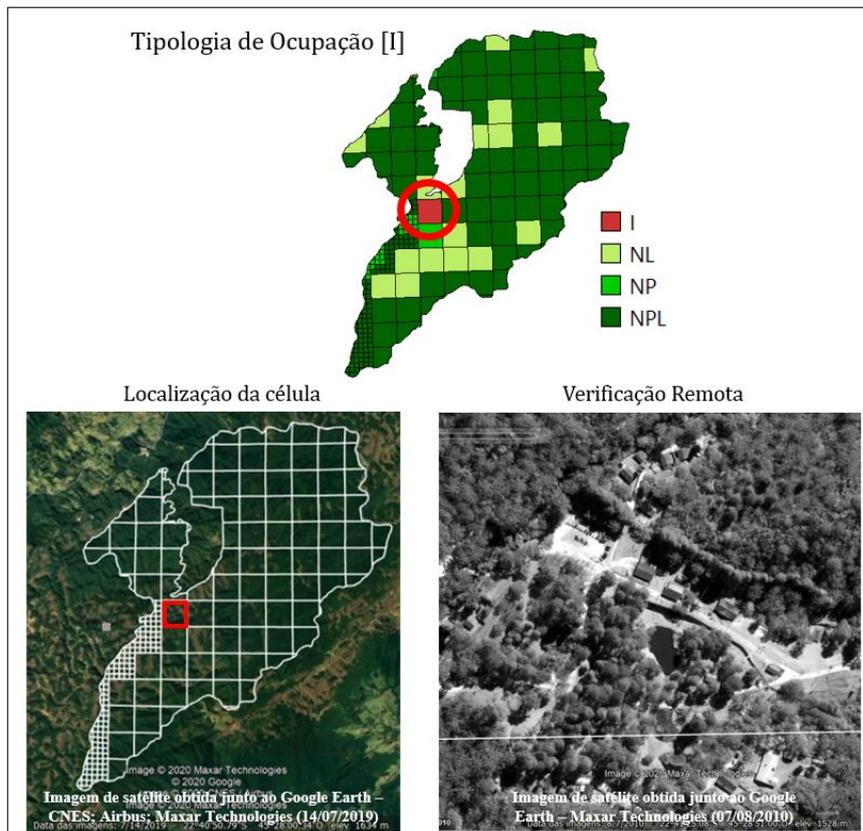


Figura 5: Verificação remota da célula com a Tipologia de Ocupação [I] no PECEJ. Legenda: Tipologia [I]: *In*; Tipologia [NL]: *No Light*; Tipologia [NP]: *No Population*; Tipologia [NPL]: *No Population and Light*.

Fonte: Produzido pelos autores a partir de imagens de satélite distribuídas pela Maxar Technologies obtidas junto ao Google Earth (data: 07/08/2010).

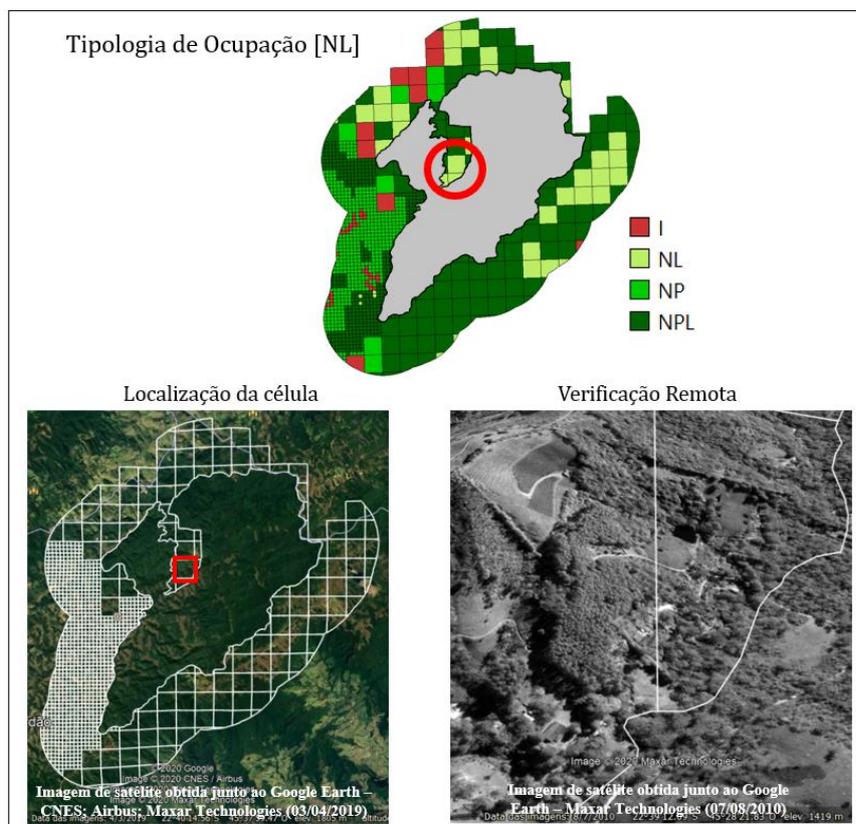


Figura 6: Localização da célula com a Tipologia de Ocupação [NL] no PECEJ. Legenda: Tipologia [I]: *In*; Tipologia [NL]: *No Light*; Tipologia [NP]: *No Population*; Tipologia [NPL]: *No Population and Light*.

Fonte: Produzido pelos autores a partir de imagens de satélite distribuídas pela Maxar Technologies obtidas junto ao Google Earth (data: 07/08/2010).

4. Considerações Finais

Este trabalho evidenciou o uso de informações de novas fontes de dados e que não fazem parte da carteira de informações tradicionais utilizadas em estudos populacionais, embora venham crescendo para tornar visíveis diferentes territórios metropolitanos. As Tipologias de Ocupação foram definidas, identificadas, caracterizadas e avaliadas através de dados censitários dispostos em uma nova base de dados e dados remotos.

As Tipologias de Ocupação construídas evidenciaram as especificidades e os diferenciais dos territórios da RMVPLN, como por exemplo, a maior presença da Tipologia [O], que consistiu em territórios que não estão localizados em áreas protegidas e com presença de população e luzes. No entanto, verificou-se que, somadas, as demais Tipologias que consideram a presença de áreas protegidas, ocupam 49,32% do território da RMVPLN. A presença de população e de luzes noturnas, sobrepostas aos limites das áreas protegidas, possibilitaram um primeiro olhar sobre potenciais conflitos entre necessidades locais. Estas áreas merecem detalhamento, precisam ser verificadas, e o sistema de alocação de uso determinado pelo estado.

A análise das Tipologias em um território específico da região, referente ao Parque Estadual de Campos do Jordão, evidenciou possíveis conflitos criados a partir do estabelecimento de uma área protegida e o seu entorno. Entorno e área protegida fazem parte de um mosaico que define uma das Tramas dentro da Trama Metropolitana, e se movem juntos, interconectados e em interações complexas e dinâmicas. Não reconhecer isso, a dinâmica destes territórios, dificulta soluções. Destaca-se que este território apresenta sobreposições de diferentes tipos de áreas protegidas: Área de Proteção Ambiental Campos do Jordão (UCUS), Área de Proteção Ambiental da Serra da Mantiqueira (UCUS) e o Parque Estadual Campos do Jordão (UCPI).

Ao considerar o planejamento territorial em escala metropolitana, os instrumentos de planejamento precisam considerar as especificidades dos diferentes territórios que compõem uma Região Metropolitana, neste caso, a RMVPLN, para evitar a seletividade e exclusão espacial promovida por instrumentos de representação territorial que apoiam o desenho dos planejamentos regionais. Estes territórios e suas especificidades, nascidas de seus processos histórico-geográficos de ocupação e constituição, precisam ser considerados na proposição de instrumentos auxiliares ao planejamento territorial em escala metropolitana.

Os desdobramentos futuros deste trabalho se concentraram em propor novas representações para várias das dimensões da vida nos territórios metropolitanos. Desta forma, cria também novas possibilidades para expressão territorial, através de cartografias analíticas. Estas representações permitem reposicionar a ideia da TVA Metropolitana em um contexto em que estas Tramas são tecidas por cidades e lugares *ordinários*, aqui pensados no sentido dado ao termo por Jennifer Robinson (2006) em seu livro *Cidades Ordinárias*: “[...] se o futuro das cidades deve ser imaginado de maneira justa e criativa, a teoria urbana precisa superar seu viés ocidental. Os recursos para teorizar as cidades precisam se tornar pelo menos tão cosmopolitas quanto as próprias cidades, inspirando-se na diversidade de

contextos e histórias que moldam as cidades em todos os lugares”.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo Fapesp nº 2018/25525-2) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

Referências

ANAZAWA, T. M. (2012). *Vulnerabilidade e território no litoral norte de São Paulo: indicadores, perfis de ativos e trajetórias*. 2012. Dissertação, Mestrado em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos.

ARRUDA, R. (1999) “Populações Tradicionais” e a Proteção dos Recursos Naturais em Unidades de Conservação. *Ambiente & Sociedade* 5: 79-92. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X1999000200007>.

BEAUCHAMP, P., ADAMOWSKI, J. (2013). An Integrated Framework for the Development of Green Infrastructure: A Literature Review. *European Journal of Sustainable Development*, 2 (3): 1-24. <http://dx.doi.org/10.14207/ejsd.2013.v2n3p1>.

BRASIL. *Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 27 mai. 2020.

BUENO, M. C. D. (2014). *Grade estatística: uma abordagem para ampliar o potencial analítico de dados censitários*. Tese, Doutorado em Demografia, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CARMO, R. L., ANAZAWA, T. M. (2017). Hidromegalópole São Paulo-Rio de Janeiro: escassez hídrica, sobreposição de espacialidades e conflitos. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental* 17: 61-68.

CENTRE DE RESSOURCES - Trame verte et bleue. s/d. *Définitions de la Trame verte et bleue*. Disponível em: <http://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/qu-est-ce-que-trame-verte-bleue/definitions-trame-verte-bleue?language%3Den=fr>. Acesso em: 22 mai. 2019.

D'ANTONA, A. O., BUENO, M. C. D., DAGNINO, R. S. (2013). Estimativa da população em unidades de conservação na Amazônia Legal brasileira – uma aplicação de grades regulares a partir da Contagem 2007. *R. bras. Est. Pop.* 30 (2): 401-428. <https://doi.org/10.1590/S0102-30982013000200004>

DEVIDE, A. C. P., CASTRO, C. M., RIBEIRO, R. L. D., ABOUD, A. C. S., PEREIRA, M. G., RUMJANEK, N. G. (2014). História Ambiental do Vale do Paraíba Paulista,

- Brasil. *Revista Biociências* - Universidade de Taubaté 20 (1): 12-29.
- ELVIDGE, C.D., BAUGH, K.E., ZHIZHIN, M., HSU, F.C. (2013). Why VIIRS data are superior to DMSP for mapping nighttime lights. *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network* 35: 62-69. <http://dx.doi.org/10.7125/APAN.35.7>.
- EMPLASA. (2012). *Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte. Construindo a Governança Metropolitana*. Disponível em: <https://emplasa.sp.gov.br/RMVPLN>. Acesso em: 16 out. 2020.
- FILHO, U. R. P. (2019). O Plano Diretor Urbano Integrado (PDUI) da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN), que caminhos trilhará? *Diálogos Socioambientais na Macrometrópole Paulista* 4 (4): 8-10.
- GOMES, C. (2019). O PDUI do Vale do Paraíba e Litoral Norte: expectativas, ações e incertezas. *Diálogos Socioambientais na Macrometrópole Paulista* 4 (4): 11-12.
- HARDIN, G. (1968). The tragedy of the commons. *Science* 162 (3859): 1243-1248.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. *Grade Estatística*. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas_digitais/censo_2010/grade_estatistica/Grade_Estatistica .pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas_digitais/censo_2010/grade_estatistica/Grade_Estatistica.pdf)>. Acesso em 04 abr. 2020.
- ROBINSON, J. (2006). *Ordinary cities: Between Modernity and Development*. Routledge, London.
- JESUS, N. B., GOMES, L. J. 2012. Conflitos socioambientais no extrativismo da aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), Baixo São Francisco - Sergipe/Alagoas. *Ambiente e Sociedade* 15 (3): 55-73. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2012000300005>.
- KURKDJIAN, M. L. *et al.* (1991). *PROJETO MAVALE: Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao macrozoneamento do vale do Paraíba e litoral Norte do Estado de São Paulo*. São José dos Campos: INPE. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.19.22.03.21?languagebutton=pt-BR>. Acesso em: 24 mai. 2020.
- LEFEBVRE, H. (2000). *A produção do espaço*. Trad. Doralice Barros Pereira e Sérgio Martins. 4ª edição. Éditions Anthropos, Paris.
- NOAA/NGDC - NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION'S NATIONAL GEOSCIENCE DATA CENTER. (2018). *Version 1 VIIRS day/night band nighttime lights*. Disponível em: https://ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download_dnb_composites.html. Acesso em: 19 fev. 2018.
- NEGREIROS, R, SANTOS, S. M. M., MIRANDA, Z. A. I. (2015). Nova escala de planejamento, investimento e governança na macrometrópole paulista. *Revista Iberoamericana de Urbanismo* 10 (2): 29-49.
- OLIVEIRA, A. M., COSTA, H. S. M. (2018). A Trama Verde e Azul no planejamento territorial: aproximações e distanciamentos. *Rev. Bras. Estud. Urbanos Reg.* 20 (3): 538-555. <https://doi.org/10.22296/2317-1529.2018v20n3p538>
- ONU-HABITAT. (2015). *Diretrizes Internacionais para Planejamento Urbano e Territorial*. Nairóbi: ONU-Habitat.
- ONU_PLANEJAMENTO_URBANO_E_TERRITORIAL_Portuguese.pdf. Acesso em: 17 dez. 2020.
- RESCHILIAN, P. R. (2005). O Vale do Paraíba no contexto da urbanização brasileira e a questão do planejamento regional. *Rev. ciênc. Hum.* 11 (1): 25-32.
- SALVATI, L., GUANDALINI, A., CARLUCCI, M., CHELLI, F.M. (2017). An empirical assessment of human development through remote sensing: evidences from Italy. *Ecological Indicators* 78: 167-172. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.03.014>.
- SANTOS, A. C. F. (2019). *Potencial e limitações dos dados de luzes noturnas em apoio ao planejamento territorial: um estudo para a região metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, São Paulo, Brasil*. Dissertação, Mestrado em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos.
- SANTOS, ACF (2014). *Percepção das Comunidades do entorno do Parque Estadual da Serra do Mar (Núcleo Santa Virgínia e Núcleo Picinguaba) acerca da extração do fruto de Euterpe edulis Martius*. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas), Universidade de Taubaté (UNITAU), Taubaté.
- SEMA - SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. (2015). *Plano de Manejo Parque Estadual de Campos do Jordão* (Resumo Executivo). Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/2017/02/Resumo-Executivo.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- SHI, K., YU, B., HUANG, Y., HU, Y., YIN, B., CHEN, Z., CHEN, L., WU, J. (2014). Evaluating the ability of NPP-VIIRS nighttime light data to estimate the gross domestic product and the electric power consumption of China at multiple scales: a comparison with DMSP-OLS data. *Remote Sensing* 6 (2): 1705-1724. <https://doi.org/10.3390/rs6021705>.
- TerraView. (s/d). *Plugin Preenchimento de Células*. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/Miguel/CST310/Manual_Usuario_PluginCelula_2010.pdf. Acesso em: 17 dez. 2020.
- UFMG. (2014). *Plano Metropolitanano – Macrozoneamento RMBH. Produto 3: Avaliação dos marcos normativos e projetos estruturantes federais, estaduais e municipais referentes ao ordenamento territorial da RMBH*. Belo Horizonte.

WANG, X., RAFA, M., MOYER, J. D., LI, J., SCHEER, J., SUTTON, P. (2019). Estimation and mapping of sub-national GDP in Uganda using NPP-VIIRS imagery. *Remote Sensing* 11 (2): 163. <https://doi.org/10.3390/rs11020163>.

WU, R., YANG, D., DONG, J., ZHANG, L., XIA, F. (2018). Regional inequality in China based on NPP-VIIRS nighttime light imagery. *Remote Sensing* 10 (2): 240. <https://doi.org/10.3390/rs1002024>.

ZHANG, X., WU, J., PENG, J., CAO, Q. (2017). The uncertainty of nighttime light data in estimating carbon dioxide emissions in China: a comparison between DMSP-

OLS e NPP-VIIRS. *Remote Sensing* 9 (8): 797. <https://doi.org/10.3390/rs9080797>.

Integrating Statistical Grid and Nighttime Lights in Population Studies: An Application to support Territorial Planning in the Metropolitan Region of Vale do Paraíba and Litoral Norte

Tathiane Mayumi Anazawa*
Ana Carolina de Faria Santos**
Antonio Miguel Vieira Monteiro***
Silvana Amaral****

*Biologist (UEPG). Master in Remote Sensing (INPE). Doctorate in Demography (UNICAMP).

**Biologist (UNITAU). Master in Remote Sensing (INPE).

***Electrical Engineer (UFES). Master in Applied Computing (INPE). Doctorate in Electronic Engineering and Control/Computer Science (University of Sussex).

****Ecologist (UNESP). Master in Remote Sensing (INPE). Doctorate in Engineering/Spatial Information (USP).

Abstract: This study aims to identify the presence of population and human infrastructure in protected areas in the Metropolitan Region of Vale do Paraíba and Litoral Norte (RMVPLN). The study was supported by the use of a new base of statistical spatial data from the Demographic Census and remote sensing data as nighttime light dataset, through an auxiliary representation to characterize the metropolitan space and its different territories. The analysis was constructed from Occupation Typologies based on the integration of population information, nighttime lights and protected areas, and the results showed a preliminary diagnosis of potential conflicts between local needs, as was the case analyzed at Campos do Jordão Park, site chosen for remote verification of Typologies. These areas need to be detailed and verified in the context of metropolitan planning to considered the regional heterogeneity and specificities of each territories that form the RMVPLN.

Keywords: geographic information system, remote sensing, occupation typologies, metropolitan planning.

Informações sobre os autores

Tathiane Mayumi Anazawa

E-mail: tathiane.anazawa@inpe.br

Link para o currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3625362781546332>

<https://orcid.org/0000-0003-2675-0566>

Ana Carolina de Faria Santos

E-mail: anacarolina.fs@outlook.com

Link para o currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7121789727463893>

<https://orcid.org/0000-0003-0524-8892>

Antonio Miguel Vieira Monteiro

E-mail: miguel.monteiro@inpe.br

Link para o currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0654596992211296>

<https://orcid.org/0000-0003-1477-1749>

Silvana Amaral

E-mail: silvana.amaral@inpe.br

Link para o currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3854323052723159>

<http://orcid.org/0000-0003-4314-7291>

Artigo recebido: 12/10/2020

Artigo aceito: 28/12/2020