

## **TECNOLOGIAS ESPACIAIS APLICADAS AO PLANEJAMENTO URBANO**

Rodrigo Nascente SCHMITT<sup>1</sup>  
Tiago Rodrigues dos SANTOS<sup>2</sup>  
Luiz Matheus Teixeira RODRIGUES<sup>3</sup>  
Victoria Caroline Souza SANTOS<sup>4</sup>  
Jocilene Dantas BARROS<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Bacharel em Astronomia, USP; <sup>2</sup> Graduando em Engenharia Aeroespacial, UNB; <sup>3</sup> Graduando em Engenharia Elétrica, UFRN; <sup>4</sup> Graduanda em Engenharia Aeroespacial, UFMG; <sup>5</sup> Orientadora/Pesquisadora PCI, INPE e Mestre em Geografia, UFRN  
rodrigo.schmitt@usp.br

**RESUMO:** O presente trabalho propõe relacionar os temas de sociedade, tecnologias espaciais e meio ambiente através de estudo de caso de problemas ambientais brasileiros, orientado pelo uso de técnicas de imageamento feito por satélites. Este estudo, que teve início no Curso de Inverno de Introdução às Tecnologias Espaciais de 2019 ministrado pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), e procurou integrar os temas acima com os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. A utilização de tecnologias espaciais, desta forma, foi proposta como método para o estudo de problemas ambientais nas cidades, de modo a explorar o planejamento urbano de maneira sustentável e inteligente. O estudo de caso foi realizado em cinco cidades brasileiras representando cada macrorregião do país e seus problemas característicos, tais como saneamento básico e de alagamentos. Através da utilização de ferramentas permitidas pelo sensoriamento realizado por satélites, bem como o Sistema de Informação Geográfica (GIS), foi possível caracterizar as cidades quanto aos seus problemas escolhidos e propor soluções práticas de planejamento urbano. Como um modo de organizar tais

propostas, finalmente, foi criado o conceito de um Sistema Integrado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano (SIMADU), que agiria com o papel de unificar as técnicas de análise de planejamento urbano com tecnologia satelital.

**Palavras-chave:** Planejamento Urbano. Problemas ambientais. Satélites.

## INTRODUÇÃO

O termo “planejamento urbano” engloba muitas definições, em âmbitos como econômico, ambiental e social. Entretanto, em todas estas frentes é possível, segundo a Escola de Planejamento Urbano da Universidade de McGill (2019), definir o conceito como uma série de iniciativas técnicas e políticas voltadas ao bem-estar comum, controle na utilização de terrenos, esquadrinhamento do território urbano incluindo malhas de transporte e comunicação, e proteção e melhoria da natureza. Desta forma, o planejamento urbano adequado, utilizando tecnologias aplicadas e integradas, tais como aquelas utilizadas na área espacial, pode contribuir de forma efetiva para que as cidades caminhem em direção ao desenvolvimento sustentável.

Este trabalho busca propor estratégias que integrem, efetivamente, sociedade, tecnologia e meio ambiente, seguindo os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU da Agenda 2020 (ONU,2015). No contexto de cidades, considerando problemas como o crescimento desenfreado, carência de infraestruturas resilientes, pressões ambientais e mazelas sociais, evidencia-se a necessidade de uma diretriz para um planejamento urbano sustentável. Tal planejamento utiliza-se de diversos instrumentos importantes para sua aplicação eficaz, dentre eles: o zoneamento econômico e ecológico, licenciamento ambiental, código florestal, planos de manejo de unidades de conservação e planos diretores

**TECNOLOGIAS ESPACIAIS APLICADAS AO PLANEJAMENTO URBANO**  
(SANTOS, 2009). Nesse sentido, o uso de dados e informações obtidas através de tecnologias espaciais se torna imprescindível para a elaboração de planejamentos urbanos consistentes e realizáveis, trazendo, assim, um retorno tangível para a sociedade a médio e longo prazo.

Atualmente, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em cooperação com diversas instituições nacionais e internacionais, conta com satélites de baixa, média e alta altitude na captação de dados terrestres e do espaço. Segundo política interna de funcionamento do Instituto, os dados de sensoriamento remoto, imageamento, aspectos físicos e atmosféricos do sistema terrestres são disponibilizados gratuitamente ao público. Isso ocorre como forma de contribuir para a disseminação do conhecimento científico e uso de dados confiáveis no auxílio a políticas de gestão urbana.

Dessa forma, o presente trabalho espera reunir elementos em torno de um projeto que busque contribuir para o cumprimento do objetivo definido pelo Curso de Introdução às Tecnologias Espaciais de 2019 do INPE, a saber: “[...] criar estratégias de ações individuais ou coletivas, públicas ou privadas, no âmbito local, regional ou global, envolvendo tecnologias espaciais, visando atender uma ou mais ODS.” (INPE, 2019).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

No panorama do planejamento urbano sustentável, as cidades de médio porte e com rápida expansão demográfica são o ponto crítico a ser trabalhado para impedir futuro estrangulamento das infraestruturas básicas, consolidar a sustentabilidade e preservar os biomas específicos presentes nas mesmas (ONU, 2012). De acordo com Silva (2013), cidades de médio porte são aquelas com população entre 100 mil e 500 mil habitantes. Com fins de representatividade e pela posição

#### TECNOLOGIAS ESPACIAIS APLICADAS AO PLANEJAMENTO URBANO

decisiva para o planejamento territorial, foram selecionadas cinco cidades brasileiras, respectivas a cada região, para a realização dos estudos de caso. Adicionalmente, foram selecionadas tecnologias espaciais aliadas aos métodos distintos de planejamento urbano, por meio de revisão bibliográfica.

O primeiro critério de seleção dos municípios foi a escolha das cidades com alta taxa de crescimento na região, comparando-se os Censos do IBGE entre 2000 e 2010. Tais dados indicaram serem as cidades médias as que possuem maior índice de crescimento. Em segundo lugar, decidiu-se escolher uma cidade de porte médio diferente para cada uma das cinco regiões (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste, Sul), procurando-se contemplar em maior extensão as diferentes realidades econômicas, geográficas e sociais presentes no território brasileiro. A Tabela 1 apresenta os dados utilizados nesta etapa.

**Tabela 1.** Crescimento populacional das cidades escolhidas para o estudo de caso.

Cidade	População absoluta em 2000	População absoluta em 2010	Crescimento relativo
Balneário Camboriú (SC)	73455	108089	47.15%
Rio das Ostras (RJ)	36419	105676	190.17%
Rio Verde (GO)	116552	176424	51.37%
Parauapebas (PA)	71568	153908	115.05%
Petrolina (PE)	218538	293962	34.51%

Fonte: IBGE (2010).

Após a etapa de diagnóstico, as cidades foram estudadas e, baseado em levantamento bibliográfico, buscou-se desenvolver proposições de integração e aplicação de

**TECNOLOGIAS ESPACIAIS APLICADAS AO PLANEJAMENTO URBANO**  
 tecnologias espaciais, com ferramentas de gestão relativas aos problemas identificados.

O infográfico desenvolvido está ilustrado na Figura 1, indicando os problemas ambientais estudados nas cidades escolhidas para o presente trabalho. O infográfico inclui, ainda, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU abordados pelos métodos de solução propostos para cada um dos cinco estudos de caso realizados.

**Figura 1.** Cidades médias brasileiras escolhidas e seus respectivos problemas ambientais.



Fonte: Autoria própria.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção é destinada a apresentar as cinco cidades do estudo de caso, seus problemas ambientais mais expressivos e os métodos de solução sugeridos para cada uma.

Petrolina localiza-se no Semiárido nordestino (SUDENE, 2017) e é considerada estratégica por estar em uma região com desenvolvimento econômico significativo devido à proximidade com o Rio São Francisco e às atividades agrícolas. Dentro desse escopo, a degradação da vegetação da mata ciliar, principalmente na região urbana da cidade, é consequência de diversos fatores, como a exploração de minério, agricultura irrigada e urbanização. A perda da vegetação nas margens do Rio São Francisco é um dos responsáveis pelo desequilíbrio do ecossistema tendo com consequências fenômenos de erosão, assoreamento, e até desertificação (PEREZ-MARIN et al, 2012), assim como o deslocamento da terra presente nas margens para o fundo do rio, que diminui sua profundidade e afeta a fauna e flora locais. O problema em questão, portanto, envolve principalmente os ODS 14 (Vida debaixo da água) e 15 (Vida na terra) da ONU.

Utilizando a ferramenta MapBiomas, foi possível observar a seriedade deste problema ao se analisar a diferença dos anos 1985 e 2017, como ilustrado na (Figura 2). Dada que a cor verde indica a formação savânica da região, percebe-se como a mesma perdeu território após tal período de tempo.

**Figura 2.** Mapa de Petrolina (PE) em 1985 e 2017. A cor verde indica a formação savânica na região.



Fonte: MapBiomas (<https://mapbiomas.org/en>).

As sugestões de solução para os problemas envolvem utilizar drones ou satélites para imageamento de áreas onde há o desmatamento de matas ciliares e parceria com entidades para preservação delas; relacionar o Zoneamento Ecológico-Econômico, um instrumento utilizado pelo poder público para efetivar ações de planejamento ambiental territorial, com as imagens obtidas para verificação do cumprimento das áreas ambientais; desenvolver um aplicativo para o Estado conseguir validar e processar as imagens; e estabelecer uma parceria com o INPE para desenvolvimento de técnicas, cursos e plataformas, caso necessário.

O processo exige periodicidade da imagem, a cada 7 dias para satélites, e a cada 5 dias para drone, ou a determinar pela equipe do programa de restauração da mata ciliar. A Tabela 1 ilustra as opções disponíveis.

**Tabela 2.** Possíveis tecnologias que podem ser acessadas pelo projeto.

Satélite	Resolução (m)	Bandas	Revisita aproximada (dias)	Gratuito?
Landsat8	30 / 15	multi/panc	16	Sim
Cbers 4	20 / 64	mux/wfi	26 e 5	Sim
Cbers 4A	16 / 55	mux/wfi	31 e 5	Sim
Worldview	1.38 / 0.34	multi/panc	5 a 1	Não
Drone VANT	0.08	multi	Diário	Não

Fonte: INPE (<http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>).

Uma primeira etapa de implementação teria o custo de infraestrutura física e mão de obra da equipe de solo, bem como o custo do programa de restauração da mata ciliar, a legislação, programa de reassentamento, despejo, retomada de terras ou outras atividades. Por outro lado, os retornos vão desde a diminuição dos problemas de erosão e aviso a entidades de possíveis problemas através de e-mails até a criação de um banco de dados para consultas.

Na segunda etapa, haveria o custo associado à utilização dos drones, que teria uma empresa terceirizada encarregada. É preciso considerar também a utilização privada de satélites de alta resolução, que corresponderia a um gasto adicional. Contudo, com isso, as imagens teriam uma resolução superior, melhorando, assim, a análise anterior além de abranger uma maior range de infratores. Haveria também a utilização do sistema criado para Cálculo de Imposto Predial e Territorial Urbano.

Por fim, na última etapa da implementação, considera-se o custo de um software de análise de dados e integração dos órgãos, bem como de um curso online de capacitação. Dessa

forma, a análise dos dados seria praticamente on-time e entidades como o corpo de bombeiros e de policiais seriam avisadas de modo rápido e eficaz.

### **PARAUAPEBAS (PA)**

O município de Parauapebas está localizado no sopé da Serra dos Carajás, onde, em 1967, foi descoberta a maior jazida de minério de ferro do mundo (VALE, 2017).

Atualmente, a Vale é a responsável pela exploração mineral da Serra dos Carajás, que movimentou 28 bilhões de reais em Parauapebas em 2013, fazendo com que o PIB da cidade crescesse 144% entre os anos de 2008 e 2011, e tornando-se o maior PIB per capita do estado do Pará (MESQUITA, 2014). Em 1972, foi dado início ao Programa Grande Carajás, destinado a fazer o estudo de viabilidade da exploração e escoamento da mineração na Serra. A exploração de minério de ferro presente na área chegou a atingir 105 milhões de toneladas em 2013, equivalente a um terço de todo produto gerado do Brasil e movimentando 28 bilhões de reais (VALE, 2014). Entretanto, o reflexo destes dados financeiros parece não atingir a população parauapebense, que sofre com um índice de 40% de pobreza e diversos problemas socioambientais (IBGE, 2018).

Além da Serra dos Carajás, a expansão da mineração também ocorre na Área de Proteção Ambiental do Igarapé Gelado, como apresentado na Figura 3, gerando pressão sobre a área protegida. Por um lado, a exploração mineral está aliada ao crescimento econômico da cidade e, por outro, a preservação da flora e fauna nativas do bioma local está em estado de alerta.

**Figura 3.** Crescimento da exploração na Serra dos Carajás na Área de Proteção Ambiental do Igarapé Gelado.



Fonte: Google Earth (<https://www.google.com/earth/>).

Percebe-se que diversos objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU são abordados neste escopo. De Boa Saúde e Bem-Estar (ODS 3) a Indústria, Inovação e Infraestrutura (ODS 9) e Vida na Terra (ODS 15), Parauapebas claramente se beneficiaria em uma série de frentes através da solução dos problemas analisados.

Outro desafio encontrado pelo município é a qualidade da água do Rio Parauapebas, que contorna parte da cidade e da Floresta Nacional dos Carajás. Apesar de ser usado como fonte de abastecimento público de água para toda a cidade, o rio sofre com o despejo do esgoto doméstico das habitações ao redor (SIQUEIRA et. al, 2012). O próprio esgoto é pouco coletado - apenas 13% do total de casas do município possui saneamento básico (MESQUITA, 2014) e acredita-se que existam mais impactos ao rio não contabilizados advindos da exploração das minas nas margens de suas águas.

Com isso, a expansão rápida da cidade, a desigualdade percebida, a falta de saneamento básico e a grande concentração de pessoas em áreas de risco são resultados do forte desenvolvimento extrativista na cidade, que apesar de ser benéfico para a economia geral, não reverte tais benefícios à população. Dessa forma, foi pensada uma solução que pudesse

#### TECNOLOGIAS ESPACIAIS APLICADAS AO PLANEJAMENTO URBANO

ter impacto em todos os problemas principais identificados, de maneira a facilitar o controle e fiscalização para evitar agravantes destes problemas, além de facilitar ferramentas que possam revertê-los.

A solução proposta para o município de Parauapebas é uma plataforma de monitoramento das áreas de influência da extração de minério de ferro na Serra dos Carajás. A plataforma utilizaria imagens de sensoriamento remoto geradas por satélites, disponibilizadas gratuitamente pelo INPE, para fiscalizar a expansão do extrativismo mineral na região. Através de sobreposição de imagens quinzenais da cidade de Parauapebas, seria possível verificar se as minas de exploração de minério estão respeitando o limite de crescimento informado na Licença de Instalação. Caso a expansão seja superior ao valor informado na licença, a plataforma geraria uma multa proporcional à área invadida, cujo valor final seria revertido para investimentos pendentes na cidade. A plataforma disponibilizaria a sobreposição das últimas imagens e poderia ainda gerar simulações de crescimento, além de apresentar um cálculo da velocidade de expansão, percentual da área restante/invadida, sugestões de investimentos mais importantes para a cidade, entre outras funcionalidades pertinentes ao município afetado.

A plataforma disporia de uma linha do tempo das áreas de extração utilizando imagens do LANDSAT 8 e, posteriormente, do LANDSAT 9, podendo ser usada em redundância imagens do CBERS 4 e CBERS 4A, principalmente em casos de má visibilidade das áreas analisadas devido à grande concentração de nuvens na cidade paraense. Nessa plataforma, haveria uma classificação dessas linhas do tempo por cada empresa mineradora instalada na região e cada área de exploração. Ao mesmo tempo, o cálculo da taxa de expansão da zona explorada sempre estaria visível, bem como quanto da área licenciada já foi utilizada e, em caso de invasão de áreas não licenciadas, um cálculo da multa

#### TECNOLOGIAS ESPACIAIS APLICADAS AO PLANEJAMENTO URBANO

proporcional à área invadida e sugestão para o direcionamento desse recurso financeiro para desenvolvimento de infraestrutura da cidade de Parauapebas. Para áreas exploradas além dos limites licenciados, a multa aumenta exponencialmente de acordo com a área invadida, com o intuito de desincentivar a invasão e tornar a medida de regulamentação dessas áreas menos conflitantes e mais benéficas para a cidade. A plataforma proporcionaria um acesso rápido a essas informações tanto para as autoridades quanto para a população, para que tenham ciência das atividades da região.

Após uma análise superficial, é possível perceber a viabilidade econômica desse investimento para a cidade, que recebeu por volta de R\$ 450 milhões por royalties de mineração em 2013 (MESQUITA, 2014). A Universidade Federal Rural da Amazônia em Parauapebas é uma boa candidata para o desenvolvimento da plataforma para o monitoramento e transparência da extração mineral local. Um projeto de desenvolvimento desta plataforma poderia ser realizado dentro do prazo de um ano tendo um gasto de R\$36.000,00 de bolsas PIBIC (bolsas CNPq para Iniciação Científica no país e orientador de classe 1D), considerando-se apenas 5 alunos de graduação e um orientador. As imagens de satélites utilizadas para o monitoramento do avanço extrativista são disponibilizadas gratuitamente pelo catálogo do INPE, e para uma página na web em domínio .gov, não existem custos atrelados.

Outro ponto de viabilidade observado é a questão da integração de tecnologias espaciais já existentes para o desenvolvimento deste projeto, o que reduz os custos de pesquisas e novas tecnologias. O conhecimento sobre a compilação desse tipo de dados já é praticado por órgãos

#### **TECNOLOGIAS ESPACIAIS APLICADAS AO PLANEJAMENTO URBANO**

federais para licenciar novas explorações minerais. Com uma plataforma que facilite a obtenção de imagens e gere novos estudos e comparações com uma periodicidade maior, os resultados podem ser utilizados de maneira mais proveitosa, tanto pela população quanto pelos órgãos federais competentes, para trazer benefícios socioambientais ao município de Parauapebas.

Ao reverter as multas geradas pela plataforma em investimentos alinhados ao plano diretor da cidade, principalmente na parte de saneamento básico e tratamento de resíduos químicos e rejeitos das minerações, este projeto auxilia nos acordos futuros de licenciamento de áreas para exploração e no controle deste recurso com um alto retorno para a qualidade de vida da população de Parauapebas.

Através deste investimento na infraestrutura municipal, as imagens de sensoriamento remoto disponibilizadas na plataforma podem servir de ferramenta para um planejamento urbano sustentável na cidade, procurando expandi-la na direção oposta à Serra, para evitar degradação da mata e riscos de deslizamento, e do Rio Parauapebas, para preservar a qualidade hídrica.

#### **RIO VERDE (GO)**

Rio Verde possui a quarta maior economia de Goiás, baseada no agronegócio e com um PIB de R\$ 8,34 bilhões (PREFEITURA DE RIO VERDE, 2019). A partir de 1970, com a abertura do Cerrado, a sua economia começou a ser solidificada com o florescimento da agropecuária, atraindo agricultores de diversas partes do país. Contudo, tal crescimento também resultou no uso abusivo de agrotóxicos que a afasta da agricultura sustentável, que ocasiona, por meio

#### TECNOLOGIAS ESPACIAIS APLICADAS AO PLANEJAMENTO URBANO

do uso intensivo de aviões e drones, a dispersão de defensivos em regiões não relacionadas à agricultura como regiões fluviais, urbanas, pecuárias e florestais. Dessa maneira, observar a aplicação, a frequência e a dispersão de pesticidas apresentam-se como fundamental para garantir a correta aplicação dos produtos permitidos.

Para o monitoramento desses produtos, é proposta uma análise do ar em regiões habitadas na zona rural para evitar a contaminação dos moradores via inalatória, ocular, dérmica ou aspiração. Esse projeto poderia, desse modo, tanto evitar a irregularidade, quanto acionar serviços de emergência quando em níveis anormais, já que em locais tão afastados a demora para o acionamento e a chegada do ambulatório pode ser fatal. Como as principais plantações da região são cana-de-açúcar e soja, os principais agrotóxicos utilizados nessas plantações foram o enfoque desta pesquisa. Assim, os agrotóxicos a serem detectados pelo satélite seriam os seguintes: MSMA, Diuron, Fipronil, Triazol e Estrobilurina (PIGNATI et al, 2017).

Para a medição desses gases, seria usada a hiperespectrometria, que utiliza uma câmera hiperespectral para monitorar a composição atmosférica a partir das linhas espectrais da luz solar refletida no ar. Para o resultado final são usados algoritmos que analisam os dados para inferir densidade e pressão parcial. Com os dados gerados, torna-se possível alertar as autoridades sobre possíveis defensivos ilegais e regiões afetadas por esses defensivos. Dessa forma, medidas para coibir o uso de compostos ilegais, orientações aos aplicadores de pesticidas e prevenção de intoxicação podem ser tomadas.

Com isso, os objetivos desta implementação são monitorar áreas de uso destes praguicidas e analisar, baseado nos dados capturados pela câmera hiperespectral, a

#### TECNOLOGIAS ESPACIAIS APLICADAS AO PLANEJAMENTO URBANO

quantidade de pesticidas por região, alertando, assim, a comunidade que habita essas áreas de perigo de intoxicação. Em termos dos ODS da ONU, podemos incluir principalmente os de número 6 (Água Limpa e Saneamento), 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura) e 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis).

#### **RIO DAS OSTRAS (RJ)**

Localizada no Rio de Janeiro, Rio das Ostras tem enfrentado um crescimento insustentável, onde a expansão de sua área concretada resulta em um significativo aumento da impermeabilidade do solo. Não tendo para onde a água da chuva fluir ou ser absorvida, ela se concentra nas áreas urbanas, gerando enchentes e demais problemas para o município. Esse crescimento não planejado combinado com uma farta oferta de terra e um plano diretor tardio, datado em 2006, levou a uma degradação do meio ambiente que comprometeu ecossistemas da região, gerando problemas ambientais e sociais para a cidade, como os constantes alagamentos nas épocas de muita precipitação (IBGE, 2019).

Além disso, a cidade apresenta um agravante: a bacia hidrográfica do Rio das Ostras, composta principalmente pelos rios Jundiá e Iridy que culminam nele, sofre com influências da maré na região de foz, conhecido como Canal da Coruja. Somando as interferências marítimas à estação chuvosa, o problema de alagamentos é acentuado. Fica evidente, deste modo, a relação dos problemas citados em Rio das Ostras com os ODS 3 (Boa Saúde e Bem-Estar), 6 (Água Limpa e Saneamento) e 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis).

Para o método proposto de solução, é indicado o Sistema de Informação Geográfica (SIG), ferramenta que

#### TECNOLOGIAS ESPACIAIS APLICADAS AO PLANEJAMENTO URBANO

fornece uma gama de informações sobre o território com a possibilidade de revisitá-lo com frequência. A ideia central é realizar a observação dos pontos alagáveis e outras áreas de risco, direcionando os esforços municipais. Em termos de viabilidade, sabe-se que coletar dados é a parte mais cara e demorada do processo, portanto seriam necessárias parcerias com empresas que façam a apuração das informações.

Em segundo lugar, é identificada a necessidade de se observar as regiões do canal do Medeiros e da Bacia Hidrográfica do Rio das Ostras. Os satélites propostos para tal imageamento são o LandSat 8 e o CBERS 4. Apesar de se provarem a princípio adequados, ambos possuem o problema de terem um período longo de revisita (16 e 26 dias, respectivamente), o que seria pouco eficiente em épocas chuvosas. Contudo, com as informações disponibilizadas pelos satélites, o importante monitoramento da bacia hidrográfica e captação de dados de outras influências nos fluxos hídricos poderiam impactar positivamente no planejamento e no escoamento das águas na cidade.

Como um terceiro método, propõe-se a utilização dos sensores e-NOÉ, criados por pesquisadores da USP. Estes equipamentos, formados por um conjunto de sensores submarinos instalados em diversos pontos dos rios e de regiões de possível alagamento contínuo, são conectados por uma rede sem fio, com a qual é possível transmitir as informações em tempo real, podendo também emitir alertas (AGEVAP, 2014). Como equipamentos, seriam utilizadas câmeras, centro de monitoramento e sensores, que por sua vez seriam gerenciados principalmente pela Defesa Civil do município com apoio do INEA (Instituto Estadual do Ambiente) (INEA, 2019) e a Agência Nacional de Águas (ANA). A utilização de dados de Sensoriamento Remoto em desastres facilitaria a criação de

#### TECNOLOGIAS ESPACIAIS APLICADAS AO PLANEJAMENTO URBANO

sistemas de alerta em combinação com dados terrenos, meteorológicos e socioeconômicos, assim como a criação de bancos de dados de imagens em diferentes períodos.

Em termos de custos, os sensores e-NOÉ custam cerca de R\$ 50 mil, necessitando de rede de internet sem fio e infraestrutura para o software. Os dados dos satélites CBERS 4 e Landsat 8, por outro lado, são disponibilizados gratuitamente, provando-se métodos econômicos de planejamento urbano apesar de suas limitações.

Um sistema de alertas, por fim, já é utilizado por cidades como Rio das Ostras, no entanto o mesmo poderia ser aprimorado. Redes sociais (Facebook, Twitter, WhatsApp, etc) e outros meios de comunicação (Televisão, Rádio, SMS, etc) possuem linguagem acessível e prática, o que facilitaria a disseminação dos alertas. Também pode-se buscar formas de utilizar a opção “Recursos para situações de emergência”, disponibilizada pelo Facebook para a emissão de alertas.

#### **BALNEÁRIO CAMBORIÚ (SC)**

O município de Balneário Camboriú pertence à região metropolitana de foz do Rio Itajaí e, segundo dados do IBGE (2019), 98,7% da população possui acesso a rede de coleta de esgoto sanitário. Apesar do alto índice apresentado, um dos problemas de maior relevância na região é a poluição de águas costeiras. Grande parte das populações, não só de Balneário Camboriú, como também de localidades próximas ao rio Camboriú e canal Marambaia, efetuam a ligação, de forma clandestina, das tubulações de esgoto na rede de drenagem pluvial, transportando uma grande quantidade de esgotos, pesticidas, metais pesados e derivados do cloro diretamente aos rios que, por sua vez, são despejados no oceano Atlântico.

A falta de soluções acarreta diversos pontos negativos para a saúde econômica do município, visto que Balneário Camboriú é um dos principais pontos turísticos do litoral catarinense na alta temporada e o contato humano em águas contaminadas podem trazer riscos severos à saúde humana. Além disso, a prática irregular afeta também na fonte de renda de moradores locais que obtém seu sustento através da atividade pesqueira. Logo, conclui-se que a constante degradação dessas águas litorâneas vem resultando em um processo gradativo de destruição de um bem ambiental, impactando principalmente na capacidade de sustentação econômica das comunidades pesqueiras e no incentivo ao turismo local. Os objetivos 3 (Boa Saúde e Bem-Estar), 6 (Água Limpa e Saneamento) e 14 (Vida debaixo da água) da ONU seriam, portanto, abordados ao atacar essa questão.

Dado o problema, a metodologia inicial a ser adotada é a análise das características das instalações de saneamento em residências, prédios, condomínios e empresas. Em sua totalidade, as redes de esgotos são instaladas sob superfície terrestre, impossibilitando a análise precisa de um sistema de sensoriamento remoto em primeira instância. Entretanto, as tecnologias espaciais permitem detectar o despejo irregular da prática clandestina em rios, lagos, mangues ou oceanos através do sensoriamento em diferentes frequências em uma técnica de varredura multiespectral nas faixas 0,50m - 0,59m que tem como principal aplicação o mapeamento de águas quando aplicada a técnicas de realce de contraste nas imagens. Esta técnica, portanto, concebe uma melhor resolução para a detecção dos maiores níveis de concentração de poluição.

Como forma de validar a técnica adotada, Alves e Melo (2011) utilizaram a varredura multiespectral sobre o rio Poti e o lago Mocambinho, localizados na cidade de Teresina. A Figura

4 apresentam imagens obtidas pelos satélites com e sem a varredura multiespectral. A segunda imagem apresenta um contraste negativo por análise multiespectral para visualização do material em suspensão, água e esgoto.

**Figura 4.** Região do rio Poti e lago Mocambinho sem e com filtro multiespectral, respectivamente.



Fonte: Alves e Melo, 2011.

Através deste método, é possível identificar as áreas mais poluídas e, assim, alertar as unidades executivas responsáveis pela regularização e cuidados com o ambiente, e criar programas de educação ambiental nas regiões onde possui maior poluição para conscientização das populações.

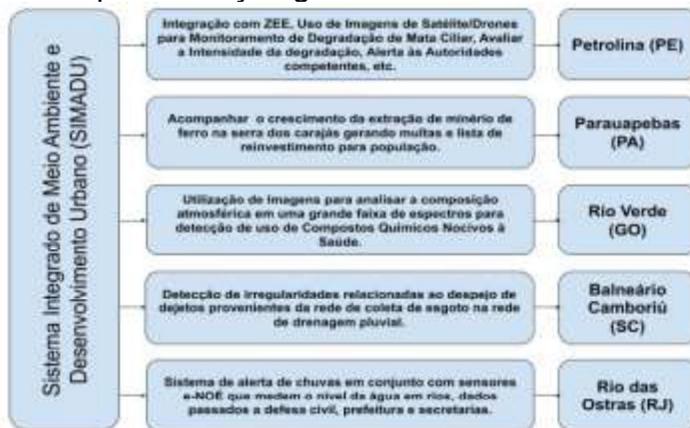
Os resultados positivos obtidos na utilização de técnicas de processamento de imagens comprovam necessidade de uma identificação mais precisa da degradação na área estudada. Essa técnica se revela incrivelmente prática no sentido de melhorar a análise visual e como modo de melhorar o desempenho do classificador, servindo perfeitamente para diferentes operações de realce de contrastes em cidades brasileiras com problemas ambientais de saneamento tais como Balneário Camboriú.

TECNOLOGIAS ESPACIAIS APLICADAS AO PLANEJAMENTO URBANO  
**SISTEMA INTEGRADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO URBANO**

A última etapa do projeto foi formalizar a proposta de um Sistema Integrado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano (SIMADU). Essa ideia consiste na reunião de todas as ferramentas utilizadas pelos municípios analisados para promover o desenvolvimento urbano sustentável e preservação do meio ambiente.

Tal sistema visa reunir as diferentes ferramentas de sensoriamento remoto, estações meteorológicas, indicadores de qualidade da água, entre outros, com o intuito de facilitar o planejamento urbano sustentável, integrando soluções e auxiliando a solução de diferentes problemas, como os desastres ambientais tão acentuados em cidades brasileiras de médio porte. Uma esquematização geral da aplicação do SIMADU para as cidades analisadas encontra-se na Figura 6.

**Figura 5.** Esquematização geral do SIMADU.



Fonte: Autoria própria.

#### TECNOLOGIAS ESPACIAIS APLICADAS AO PLANEJAMENTO URBANO

Cada cidade teria uma infraestrutura simples (acesso à internet, salas, telefone...) e uma equipe qualificada com acesso à plataforma e contato com o INPE. Os alertas emitidos seriam interpretados pela equipe e as entidades responsáveis seriam acionadas para solucionar os problemas, se adequando, assim, à estrutura organizacional do município.

Os dados coletados em campo por entidades públicas, mesmo de forma paga com recurso próprio, seriam armazenados em um único local. O mesmo seria um banco nacional e referência local, portanto é sugerido o INPE como centralizador dos dados.

#### CONCLUSÕES

O projeto desenvolvido procurou propor soluções a problemas característicos brasileiros através do uso de tecnologias espaciais de modo a contemplar os ODS da Agenda 2030 da ONU. Pela união da tecnologia com o planejamento urbano, o presente trabalho trouxe propostas para cinco problemas típicos de cada região brasileira.

Técnicas de monitoramento de ambientes através de tecnologias atualmente disponíveis, tais como imageamento por satélite, utilização dos sensores e-NOÉ, varredura multiespectral e hiperespectral e mapeamento aéreo provaram-se adequadas para o desenvolvimento do estudo.

Por fim, foi proposto um Sistema Integrado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano, o qual agiria de modo a centralizar todas as propostas de planejamento urbano com a organização das ferramentas necessárias.

## TECNOLOGIAS ESPACIAIS APLICADAS AO PLANEJAMENTO URBANO

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEVAP. **Elaboração do plano estadual de recursos hídricos do estado do Rio de Janeiro**, 2014. Disponível em: <http://www.agevap.org.br/downloads/Diagnostico-Vulnerabilidades-Voll-Corpo.pdf>. Acesso em 24/07/2019.
- ALVES, C.M.D.; MELO, L.F.P. **Processamento digital de imagens de satélite aplicado à identificação de focos de degradação**, 2011. Disponível em: <https://mundogeo.com/2009/01/01/processamento-digital-de-imagens-de-satelite-aplicado-a-identificacao-de-focos-de-degradacao/>. Acesso em 24/07/2019.
- IBGE. **Sinopse do Censo Geográfico 2010**, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=15&dados=29>. Acesso em 24/07/2019.
- IBGE. **População em áreas de risco no Brasil**, 2018. Disponível em: [https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com\\_mediaibge/arquivos/6d4743b1a7387a2f8ede699273970d77.pdf](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/6d4743b1a7387a2f8ede699273970d77.pdf). Acesso em 24/07/2019.
- IBGE. **Rio das Ostras**, 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-das-ostras/panorama>. Acesso em 24/07/2019.
- IBGE. **Cidades – Balneário Camboriú**, 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/balneario-camboriu/pesquisa/30/0>. Acesso em 24/07/2019.
- INEA. **Alerta de Cheias**, 2019. Disponível em: <http://alertadecheias.inea.rj.gov.br/alertadecheias/224103620.html>. Acesso em 24/07/2019.
- INPE. **15 Curso de Inverno de Introdução às Tecnologias Espaciais do INPE - Guia Programático**, 2019. Disponível em: <http://www.inpe.br/CIITE/2019/arquivos/Handbook-CIITE-2019-Final.pdf>. Acesso em 23/07/2019.
- INPE. **Documentação dos Satélites Lansat**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>. Acesso em 24/07/2019.
- MCGILL SCHOOL OF URBAN PLANNING. **About urban planning**. Disponível em: <https://mcgill.ca/urbanplanning/planning>. Acesso em 24/07/2019.
- MESQUITA, Jane. **Em Parauapebas, riqueza tem prazo de validade**, 2014. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/revista-exame/riqueza-com-prazo-de-validade/>. Acesso em 24/07/2019.
- ONU. **ONU lança relatório sobre cidades latino-americanas**, 2012. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/cidades-al-caribe-2012/amp/>. Acesso em 24/07/2019.
- ONU, **Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015**, 2015. Disponível em: [https://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E](https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E). Acesso em 13/07/2019.

**TECNOLOGIAS ESPACIAIS APLICADAS AO PLANEJAMENTO URBANO**  
PEREZ-MARIN, A.; CAVALCANTE, A.; MEDEIROS, S.; TINÓCO, L.;  
SALCEDO, I. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica?, 2012. Disponível em:  
[http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/viewFile/671/615](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/671/615). Acesso em 24 de julho de 2019.

PIGNATI, W.; LIMA, F.; LARA, S.; CORREA, M.; BARBOSA, J.; LEÃO, L.; PIGNATTI, M. **Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde**, 2017. Disponível em:  
<http://www.scielo.br/pdf/csc/v22n10/1413-8123-csc-22-10-3281.pdf>. Acesso em 24/07/2019.

PREFEITURA DE RIO VERDE. **Economia**, 2019. Disponível em:  
<https://www.rioverde.go.gov.br/economia-cidade/>. Acesso em 24/07/2019.

Santos, R. **Planejamento Ambiental - Teoria e prática**. In Oficina de Textos, 2a reimpressão, páginas 35–38, 2009

SIQUEIRA, G.; APRILE, F.; MIGUÉIS, A. **Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará - Brasil)**, 2012. Disponível em:  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0044-59672012000300014&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672012000300014&lng=en&nrm=iso&tlng=pt). Acesso em 24/07/2019.

SUDENE. **Nova delimitação do Semiárido**, 2017. Disponível em:  
[http://www.sudene.gov.br/images/arquivos/semiario/arquivos/Rela%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_Munic%C3%ADpios\\_Semi%C3%A1rido.pdf](http://www.sudene.gov.br/images/arquivos/semiario/arquivos/Rela%C3%A7%C3%A3o_de_Munic%C3%ADpios_Semi%C3%A1rido.pdf). Acesso em 24/07/2019.

VALE. **A Vale em Parauapebas**, 2014. Disponível em:  
<http://www.vale.com/PT/aboutvale/sustainability/links/LinksDownloadsDocuments/relatorio-vale-parauapebas-2014.pdf>. Acesso em 24/07/2019.

VALE. **Geólogo que descobriu Carajás fala do passado e futuro da Vale em matéria especial do Valor Econômico**, 2017. Disponível em:  
<http://www.vale.com/brasil/pt/aboutvale/news/paginas/geologo-que-descobriu-carajas-fala-do-passado-e-futuro-da-vale-em-materia-especial-do-valor-economico.aspx>. Acesso em 24/07/2019.

## AGRADECIMENTOS

Os autores do presente estudo gostariam de agradecer ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e aos colegas de grupo que tornaram este trabalho possível: Bárbara S. de Oliveira, Bianca da R. Bartolomei, Cláudio Luiz L. C. Júnior, Cleber C. Haack, Guilherme Garbin A. da Cruz, Guilherme P. de Camargo, Gustavo H. A. Franco, Lia J. Pimont, Johan L. dos Santos, Laura P. de Castro, Luan P. de Souza, Luis Felipe D. Paiser, Marcos Gabriell V. de Lucena, Maximiano S. V. Ferraz, Nelson E. Alves, Raffael de C. Gonçalves, Raphael B. Guilherme, Rebeca C. C. Martins, Sabrina Schneider, Samir R. Salim, Sérgio M. Pulice, Suzana dos S. Varjão, Thaís G. de Melo, Thalles Augusto de L. Raspanti, Victor C. da S. Bezás, Victoria M. Meireles e Wilson R. Simionato.