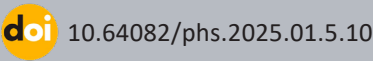


# ANÁLISE DE ADEQUABILIDADE COMO UMA FERRAMENTA PARA O PLANEJAMENTO URBANO

JOANA PIMENTEL GUEDES | JOÃO VICTOR M. ALEXANDRINO  
MARIANA Q. COSTA LIMA | MARCELA M. DOS SANTOS  
CLARISSA F. S. FREITAS | DANIEL R. CARDOSO | NEWTON C. BECKER DE MOURA

joanapguedes@arquitetura.ufc.br  
joaovictormotaa@arquitetura.ufc.br  
mariana.quezado@arquitetura.ufc.br  
marcelamonteiro@alu.ufc.br  
clarissa@arquitetura.ufc.br  
danielcardoso@ufc.br  
newtonbecker@ufc.br



## RESUMO ABSTRACT

Em municípios brasileiros de pequeno porte, além das forças sociais e econômicas que moldam o tecido urbano, a falta de estrutura administrativa e os recursos limitados são obstáculos adicionais para a existência de um planejamento resiliente, contínuo e eficiente. Esse é o caso de Icapuí, uma pequena cidade costeira do Ceará que vê seu crescimento limitado pela pressão imobiliária ligada ao turismo e pela ampliação das usinas eólicas. Nesse contexto, o trabalho desenvolvido tem como objetivo explorar a aplicação de uma metodologia baseada na análise de adequabilidade de McHarg (1995), que ajude a definir áreas compatíveis para a expansão urbana sustentável do município. Para isso, foram coletados dados sobre o município, complementados por informações fornecidas pelos moradores e agentes comunitários de saúde. Através de uma ferramenta SIG, os dados foram espacializados e analisados, resultando em um mapa de adequabilidade, que possibilitou identificar desde áreas mais promissoras à ocupação, até aquelas mais inadequadas para a consolidação e expansão urbana. Apesar da eficácia do método estar atrelada à disponibilidade e à qualidade dos dados para representar as dinâmicas territoriais, a metodologia desenvolvida apresenta potencial de ser aplicado em diferentes contextos e situações, podendo contribuir para viabilizar o desenvolvimento sustentável em outros municípios.

**Palavras-chave:** Planejamento Urbano; Desenvolvimento sustentável, Planejamento participativo; Municípios de pequeno porte; Plano Diretor.

### *Suitability analysis as a tool for urban planning*

*In small Brazilian municipalities, in addition to the social and economic forces that shape the urban fabric, the lack of administrative structure and limited resources are additional obstacles to the existence of resilient, continuous, and efficient planning. This is the case of Icapuí, a small coastal city in Ceará that sees its growth limited by real estate pressure related to tourism and the expansion of wind farms. In this context, the work aims to explore the application of a methodology based on McHarg's (1995) suitability analysis, which helps define compatible areas for the municipality's sustainable urban expansion. Data about the municipality were collected, supplemented by information provided by residents and community health agents. Using a GIS tool, the data were spatialized and analyzed, resulting in a suitability map that identified both more promising areas for occupation and those that are less suitable for urban consolidation and expansion. Although the effectiveness of the method is linked to the availability and quality of data to represent territorial dynamics, the developed methodology shows potential for application in different contexts and situations, contributing to enabling sustainable development in other municipalities.*

**Keywords:** Suitability; Urban Planning; Sustainable Development; Participatory Planning; Small Municipalities; Masterplan.

## **A ADAPTAÇÃO PARA O ENFRENTAMENTO**

das mudanças climáticas requer a compreensão da paisagem como um artefato complexo, dinâmico e multidimensional, que não existe mais em sua forma pura (Cantrell; Holzman, 2015; Santos, 2006). Perceber a paisagem como um sistema em contínua evolução enseja a adoção de uma abordagem adaptativa, de caráter mais experimental, com soluções desenvolvidas com base em conhecimento incompleto, que necessitam ser monitoradas tanto para a compreensão de seu funcionamento quanto para seu posterior aprimoramento em um processo constante de “aprender fazendo”.

As soluções adotadas sob esse novo paradigma são predominantemente descentralizadas (naturais e/ou construídas), constituindo um desafio que envolve múltiplas escalas e diferentes níveis de governança, estimulando a participação das pessoas do lugar em um processo de planejamento incluyente e colaborativo, que requer novas formas de visualização e prática de projeto (Cantrell; Holzman, 2015; Novotny; Ahern; Brown, 2010; Walker; Salt, 2006).

Os ecossistemas apresentam um papel fundamental na redução do impacto de eventos climáticos extremos (Chong, 2014). A extensa alteração dos ecossistemas, resultado da degradação do solo decorrente da disseminação do uso de infraestruturas construídas e do padrão de ocupação adensado, torna as cidades mais vulneráveis aos eventos causados pelas mudanças climáticas (Ferreira; Walsh; Ferreira, 2018; Jaramillo; Nazemi, 2018; Geneletti; Zardo, 2016). No entanto, as vulnerabilidades relacionadas ao clima não são distribuídas igualmente pela sociedade (Woroniecki; Wamsler; Boyd, 2019). Isso acontece porque suas causas subjacentes estão relacionadas com questões como o gerenciamento de terras e desenvolvimento econômico, tornando maior parte dos riscos ambientais diretamente relacionados à escala local (Mendonça; Medeiros Leitão, 2009; Geneletti; Zardo, 2016). Dessa forma, o planejamento municipal é chave para a criação de estratégias de adaptação (Geneletti; Zardo, 2016).

Em municípios brasileiros de pequeno porte, a falta de estrutura administrativa e os recursos limitados são obstáculos adicionais para a existência de um planejamento resiliente, contínuo e eficiente que considere a sustentabilidade do ambiente (Freitas *et al.*, 2013). Como as forças sociais e econômicas tomam forma e moldam o tecido urbano (Moudon, 2015) independentemente da existência de um plano institucional, a exploração econômica desses territórios os torna mais vulneráveis à degradação ambiental e às consequências das pressões de agentes externos. É o caso de Icapuí-CE, uma pequena cidade costeira, íntima da natureza e dos ofícios artesanais que ainda resistem, mas que vê seus eixos de expansão limitados pela pressão imobiliária ligada ao turismo e pela ampliação das usinas eólicas.

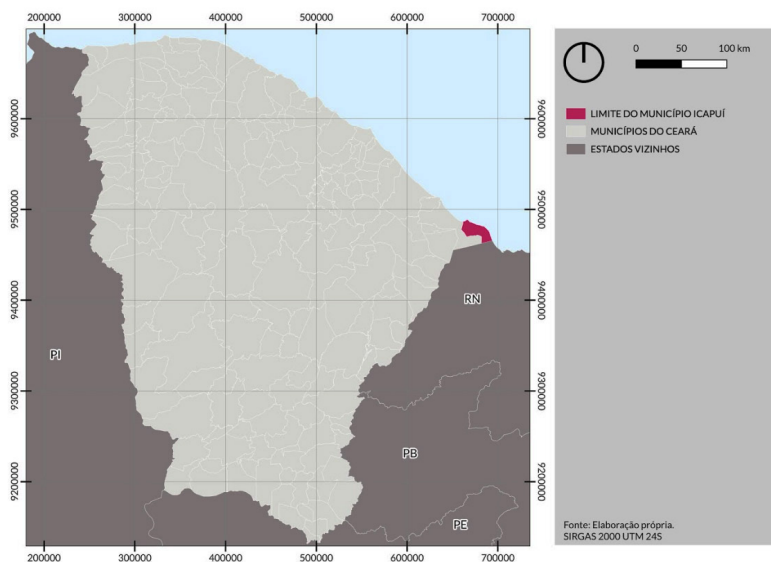
Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo relatar a aplicação de uma metodologia baseada na análise de adequabilidade de McHarg (1995) para contribuir na definição de áreas compatíveis à expansão urbana sustentável do município, para fins normativos/prescritivos (Gauthier; Gilliland, 2006). Este processo foi aplicado em meio a uma combinação de métodos visando a elaboração de um Plano Diretor Participativo (PDP) baseado em dados, o primeiro do município de Icapuí, a fim de promover estratégias de desenvolvimento sustentável compatíveis com a realidade local. O trabalho, que faz parte do projeto “Modelagem da Informação para o ordenamento e desenvolvimento urbano sustentável em municípios de pequeno porte”, contou com a participação popular e foi desenvolvido por uma equipe multidisciplinar da Universidade Federal do Ceará (UFC), sob contratação da Prefeitura Municipal.

## O CONTEXTO DE ICAPUÍ

O município de Icapuí, que faz parte da Região de Planejamento do Litoral Leste, da Mesorregião do Jaguaribe e da Microrregião do Litoral de Aracati, situa-se a 204,9 km de Fortaleza, capital do estado do Ceará. Com área de 421,44 km<sup>2</sup>, limita-se a norte e a leste com o Oceano Atlântico, ao sul com o Estado do Rio Grande do Norte e com o município de Aracati, e a oeste com este último município (IPECE, 2022). Segundo o IBGE (IBGE, 2022), possui população de 21.433 pessoas, densidade demográfica aproximada de 51 hab/km<sup>2</sup>, e área urbanizada de 10,47 km<sup>2</sup>, o que corresponde a apenas 2,5% de seu território conforme indica a ilustração 1.

A história do Município remete a uma pequena vila, pertencente ao município de Aracati. Foi criado pela Lei Estadual nº 11.003, de 15/01/85, após ter sua independência política e administrativa aprovada mediante plebiscito, consequência do trabalho político da União Estudantil Praiana – UNEP e, mais tarde, da Associação Cultural Icapuiense – ACICA. Diante dessa história, os habitantes de Icapuí possuem uma forte inclinação para a organização popular participando ativamente de associações e grupos comunitários. Em tempos mais recentes, Icapuí ganhou reconhecimento por seu pioneirismo em termos do orçamento

participativo, bem como em função da defesa da identidade cultural e preservação do meio-ambiente.



Il. 1: Localização de Icapuí.

Fonte: elaborada pelos autores com base em dados do IBGE, 2022.

Atualmente, Icapuí tem uma organização baseada na divisão do município em comunidades<sup>1</sup> (Meireles; Souza; Lima, 2016). Apesar do destaque dado à cidade pelo histórico de participação e engajamento político da população, outros aspectos locais têm reduzido a qualidade de vida dos moradores. O município não é integralmente assistido pelos serviços e infraestruturas de saneamento básico, que nem contemplam todas as comunidades de maneira igualitária. Nisso, destaca-se principalmente a precariedade no abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem pluvial. Em adição aos serviços urbanos, é necessário apontar para a deficiência no

<sup>1</sup> Comunidades de Icapuí – definidas em Assembleia participativa: Ariza, Assentamento São Francisco, Assentamento Vila Nova/Vila Nova II, Barreiras da Sereia, Barreiras de Cima, Barrinha de Manibu, Barrinha de Mutamba/Barrinha, Belém/Fazenda Belém, Berimbau, Cajuais, Centro/Sede, Córrego do Sal, Gravier, Guajiru, Ibicuitaba, INCRA/PA Redonda/Vila Ipaumirim, Jardim Paraíso/Vila Jardim Paraíso, Manibu, Melancias de Baixo, Melancias de Cima, Morro Pintado, Mutamba, Nova Belém/CVTP, Olho D'água, Peixe Gordo, Peroba, Picos, Ponta Grossa, Praia da Placa, Praia do Ceará, Quitérias, Redonda, Requenguela, Retiro Grande, Salgadinho, Serra de Cajuais, Serra de Mutamba, Serra do Mar, Tremembé, Vila do Mar, Vila Nova, Vila União.

fornecimento de energia elétrica e do transporte coletivo, assim como a falta de acessibilidade no espaço público, com calçadas sem padronização, ou mesmo inexistentes. A perda do patrimônio material, cultural e natural do município é uma preocupação adicional. Esse processo é evidenciado pela degradação de trechos da costa e pelo desaparecimento de muitas casas apendradas, símbolos do patrimônio local (Cardoso, 2011).

O município também é marcado pela irregularidade fundiária, comportando significativa quantidade de terrenos sem as devidas titulações. Além disso, é possível observar ocupações em áreas de fragilidade ambiental, e uma crescente ação turística predatória, que tem levado ao deslocamento das populações tradicionais nas regiões de praia para dar lugar a casas de veraneio. No contexto ambiental, destaca-se a perda gradual de sua vegetação costeira, a salinização dos lençóis freáticos – principal fonte de água da população –, a ocorrência cada vez mais frequente de eventos pluviométricos extremos, e o avanço do mar. Esta última situação tem intensificado determinados conflitos no município pela disputa sobre as formas de contenção desses eventos de subida das marés. Em um cenário de mudanças globais, o impacto local é visível na orla do município.

Icapuí também enfrenta a disseminação da instalação de usinas eólicas em seu território. Ao longo dos últimos anos, diferentes empresas têm arrendado terras no município, e instalado suas torres no entorno dos territórios de moradia. A inviabilidade de coabitar com os aerogeradores nas proximidades tem sido um problema para os moradores. Ainda nesse cenário, uma questão adicional é a expansão das usinas eólicas para as terras arrendadas. O padrão morfológico “de mar ao centro” dos terrenos – longas extensões de terra que nascem de frente para a praia e se prolongam até as áreas interioranas do município - estimula a tendência de ocupação dos aerogeradores cada vez mais perto do litoral e das áreas mais habitadas.

As situações constatadas demonstram a necessidade urgente de um planejamento integrado, que observe as condições socioespaciais do município, e, com isso, também a definição de parâmetros urbanísticos visando atender a questões de mobilidade, habitação, patrimônio histórico,

infraestrutura, entre outros aspectos que incluem mas extrapolam os objetivos da legislação ambiental atualmente incidente no território. De forma alinhada a essa necessidade, Icapuí também se insere na obrigatoriedade de realização de um Plano Diretor.

### **Plano Diretor Participativo de Icapuí**

Designado pela Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988) como o principal instrumento de planejamento urbano, o Plano Diretor deve orientar o crescimento e desenvolvimento das cidades, guiando as ações dos agentes públicos e privados. O Estatuto da Cidade (Lei 10.257, de 10 de julho de 2001) incluiu novos critérios para acionar a obrigatoriedade do instrumento: para além do critério constitucional de população igual ou superior a 20.000 habitantes, passou-se a considerar também a integração de municípios em regiões metropolitanas, em áreas de especial interesse turístico ou em áreas de influência de empreendimentos ou atividades com significativos impactos ambientais de âmbito regional ou nacional. O Estatuto instaurou ainda a obrigatoriedade da elaboração participativa no Plano Diretor, para a qual é necessário garantir tanto a publicidade e o acesso às informações produzidas, quanto espaços de debate com os vários segmentos da população (Brasil, 2001).

Considerando o resultado do Censo mais recente, Icapuí tem o Plano Diretor como um instrumento obrigatório para o seu desenvolvimento territorial. Além da quantidade de habitantes atingidos como mínimo necessário, o município também situa-se em um contexto de interesse turístico e de impactos ambientais. Assim, de uma relação construída a partir do desenvolvimento de trabalhos acadêmicos já há muitos anos na cidade, o “Projeto Modelagem da Informação para o ordenamento e desenvolvimento urbano sustentáveis em municípios de pequeno porte”<sup>2</sup> teve como objetivo principal a elaboração do Plano Diretor Participativo para Icapuí (PDP de

---

<sup>2</sup> O projeto de pesquisa foi realizado pela Universidade Federal do Ceará- UFC, através do Laboratório de Experiência Digital- LED UFC e do Programa de Educação Tutorial- ARQPET, ligado ao programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo e Design- PPGAU+D UFC - e o Departamento de Arquitetura e Urbanismo e Design (DAUD/UFC), com a interveniência da Fundação ASTEF.

Icapuí<sup>3</sup>, servindo como um instrumento de apoio ao planejamento, gestão e governança para o desenvolvimento sustentável do município.

Nesse cenário de elaboração do PDP de Icapuí, diversas questões impactaram o trabalho desenvolvido. Além da quantidade e disponibilidade limitada de dados e informações locais, uma das principais dificuldades, no entanto, reside em equilibrar as dimensões técnica e política do Plano Diretor. A dimensão técnica exige embasamento em dados e análises rigorosas, enquanto a dimensão política, por sua vez, envolve um processo de negociação entre os diferentes atores sociais, onde seus interesses são confrontados e articulados (Lacerda *et al.*, 2005). Um Plano Diretor tem, portanto, potencial de impactar significativamente no desenvolvimento sustentável do território se considerar a realidade local e se conseguir atender às demandas coletivas da população. Para a construção de propostas que dialoguem com o território, as ações e diretrizes pensadas devem conseguir reconhecer as diferentes preexistências locais, partindo de aspectos socioeconômicos, culturais, físicos e ambientais, o que encontra obstáculos específicos no caso de cidades pequenas.

## METODOLOGIA

### Coleta e produção de dados

Inicialmente, a metodologia desenvolvida envolveu uma abordagem combinada para a obtenção e análise de dados, integrando a coleta de dados secundários com a produção de dados primários. Levando em conta a problemática de falta de dados em municípios de pequeno porte, quanto menor a disponibilidade de dados secundários municipais, maior deve ser o esforço de coletar dados em outras esferas (estadual e federal) e principalmente produzir dados primários.

Para constituição de uma base de dados sólida, faz-se necessário associar métodos distintos, como entrevistas semi-estruturadas, oficinas participativas, questionários, entre outros. O diagrama na ilustração 2 sistematiza o processo para que os dados coletados cheguem aos eixos de trabalho para as análises e definições posteriores.

<sup>3</sup> Na ocasião da escrita deste artigo, a minuta de lei produzida ainda não havia sido encaminhada à Câmara dos Vereadores, assim, os resultados aqui apresentados podem diferir do Plano Diretor de Icapuí eventualmente promulgado.



Il. 2: Metodologia inicial (fonte: elaborada pelos autores). Metodologia inicial.  
 Fonte: elaborada pelos autores.

No desenvolvimento do projeto em Icapuí, verificou-se de fato uma escassez de dados no âmbito municipal para orientar as decisões iniciais de planejamento. A fim de sanar esse problema, a equipe do projeto, composta por vários eixos disciplinares<sup>4</sup> diferentes com demandas por dados específicos, iniciou as atividades com o levantamento de fontes secundárias que pudessem suprir as expectativas informacionais, em que se constatou que o município não mantém uma base de dados oficial. A coleta inicial se ateve, assim, às bases estaduais e nacionais, como o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Ainda que importante, essa coleta não foi suficiente para abranger outras questões estruturantes da dinâmica territorial, como os limites das comunidades, uso do solo, projetos licenciados, situação fundiária, entre outros, sendo necessária a coleta de dados primários.

De maneira integrada, a pactuação e complementação de dados e informações coletadas foi desenvolvida através de momentos participativos com diferentes grupos em Icapuí. Foram realizadas assembleias comunitárias que serviram para aproximar as discussões temáticas trazidas pela equipe técnica com a população (Ils. 3a e 3b). Ao longo da elaboração do Plano, os encontros criaram um ambiente de debate sobre diagnósticos,

<sup>4</sup> São eixos do projeto: Modelagem da Informação, Planejamento e Gestão Urbana, Geografia, Infraestrutura Urbana, Direito, Patrimônio Histórico Cultural, Sociologia, Mobilidade e Economia.

ideias e propostas elaboradas a partir do material reunido, abrigoando ainda dinâmicas de coleta e validação de dados. Assim, a partir desses momentos de diálogo, foi possível obter informações adicionais e fundamentais para o projeto, como os limites das comunidades, as dinâmicas sociais e econômicas dos diferentes territórios, os conflitos e relações entre as diferentes formas de ocupação e a natureza.



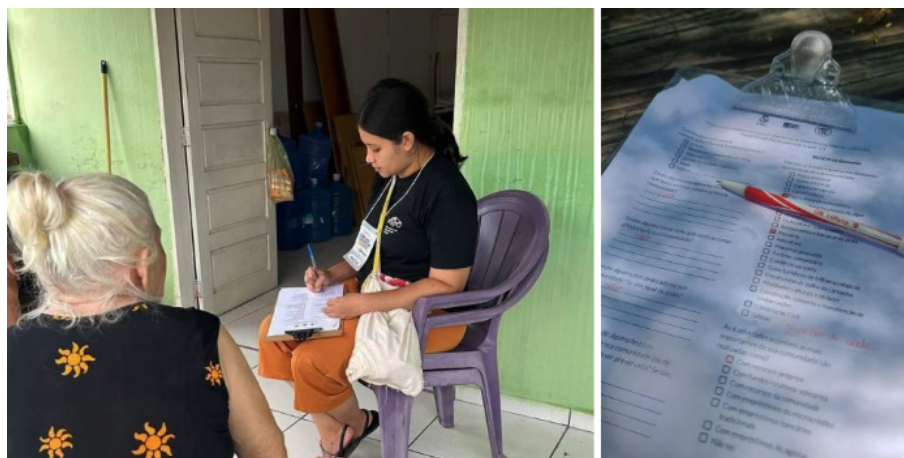
Il. 3a e 3b: Dinâmicas conduzidas em assembleias.  
Fonte: Acervo dos autores.

Lacunas informacionais que prejudicavam a condução das investigações, mas que poderiam ser preenchidas pela equipe técnica do projeto, impulsionaram a abertura de canais de comunicação com agentes municipais. A realização de visitas técnicas também foi uma estratégia acertada para coletar dados produzidos por ferramentas de gestão do território e para situar demandas operacionais das Secretarias Municipais. No conjunto de experiências, um dos destaques foi o diálogo com agentes comunitários de saúde (ACS), cujo conhecimento sobre Icapuí e seus habitantes foi capaz de produzir importantes constatações a respeito das condições territoriais e dos pontos de interesse do município. (Il. 4a e 4b)



Il. 4a e 4b: Diálogos com os ACS nas Unidades Básicas de Saúde.  
Fonte: Acervo dos autores.

Seguindo na coleta de dados primários, um questionário multidisciplinar foi desenvolvido para complementar o conhecimento sobre o território e viabilizar a caracterização de fenômenos mais relevantes para os eixos temáticos (Ils. 5a e 5b). Ele trouxe perguntas sobre o entrevistado, a habitação, o contexto urbano e paisagístico, a mobilidade, o patrimônio e a cultura, e a economia. A aplicação considerou aspectos como diversidade de gênero e idade, restringindo-se a um sujeito por domicílio. O levantamento foi conduzido tanto presencialmente, com visita às quarebta e duas comunidades, quanto digitalmente, com o apoio de representantes comunitários. No total, foram obtidos 765 questionários, representando aproximadamente 7% dos domicílios do município.



Ils. 5a e 5b: Aplicação de questionários.  
Fonte: Acervo dos autores.

Em paralelo, para o georreferenciamento da morfologia urbana de Icapuí, a equipe técnica do projeto adaptou uma metodologia de vetorização das imagens de satélite anteriormente adotada em outro projeto da UFC<sup>5</sup>, alimentando conjuntos de dados que descrevem eixos viários, quadras, lotes e edificações. As operações consistiram na transcrição, revisão ou refinamento dos materiais de referência existentes no sistema de informação geográfica adotado. Enquanto os eixos viários, lotes e edificações foram vetorizados

<sup>5</sup> A metodologia aplicada para a vetorização das imagens de satélite foi inicialmente desenvolvida e utilizada por parte da equipe no projeto de extensão para a realização dos Planos Integrados de Regularização Fundiária das Zonas Especiais de Interesse Social Bom Jardim, Poço da Draga e Pici, em 2019-2020, pela Universidade Federal do Ceará.

em sua totalidade, as quadras foram parcialmente desenhadas, partindo do número limitado registrado no cadastro de IPTU da Secretaria de Finanças do município.

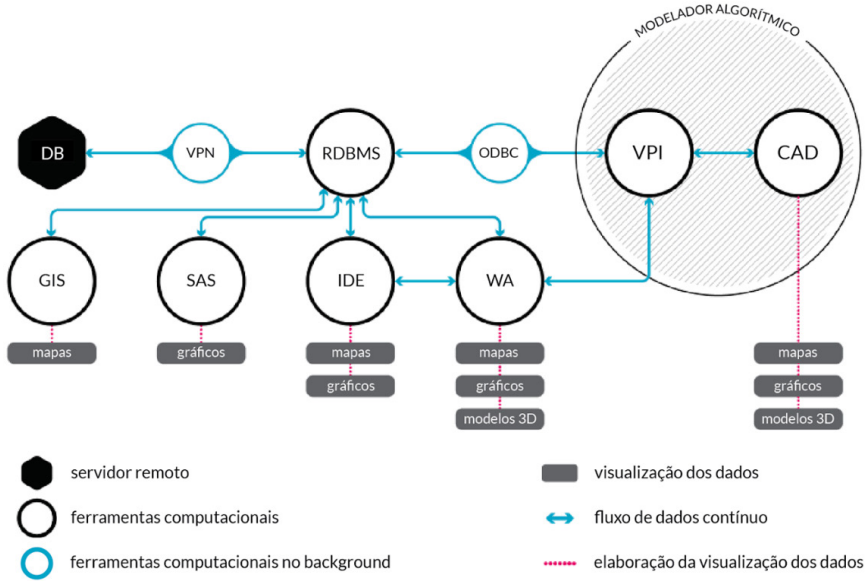
Na elaboração da camada das vias, a equipe associou os dados de rodovias mantidos pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) aos dados de arruamento coletados colaborativamente na plataforma *Open Street Map*. Além do ajuste fino das geometrias, o processo incluiu ainda o cadastro de atributos como pavimentação, presença de iluminação pública e arborização. No caso dos lotes morfológicos, imagens de satélite atuaram como base para o desenho de um primeiro versionamento; como o conjunto foi produzido a partir de análises visuais, sua tabela informa a estratégia de reconhecimento utilizada na determinação da geometria, criando um registro que atua como memória e servirá de referência para consultas e atualizações futuras. A camada das edificações foi produzida a partir da revisão e complementação dos dados disponibilizados pelo *Google Open Buildings*, com registro na tabela do tipo de manipulação empregado no ajuste das geometrias.

## SISTEMATIZAÇÃO E DISPONIBILIZAÇÃO DOS DADOS

Os dados coletados ou produzidos durante a aplicação são reunidos de maneira centralizada em um banco de dados remoto administrado pela equipe técnica. O banco faz parte de um *framework* (II. 6) de modelagem da informação (Moreira *et al.*, 2023), que operacionaliza soluções de suporte ao planejamento e viabiliza a produção de modelos digitais de cidades.

O banco (DB) é acessado via conexão segura (VPN) e administrado através de um sistema gerenciador de banco de dados (RDBMS). O sistema gerenciador conta com um conjunto robusto de recursos para viabilizar a gestão e operação dos dados que serão empregados pela equipe técnica, sendo capaz ainda de regular como os usuários interagem com eles através de níveis de acesso com permissões controladas. Dentro dessa infraestrutura informacional, é possível alimentar os dados a diversos softwares, como ferramentas de geoprocessamento (GIS), análise estatística (SAS), desenvolvimento (IDE), aplicações Web (WA) e até mesmo modelagem algorítmica, onde um protocolo

de comunicação (ODBC) permite que uma interface de programação visual (VPI) e uma ferramenta de desenho (CAD) sejam associadas para realizar análises e visualizações customizadas.

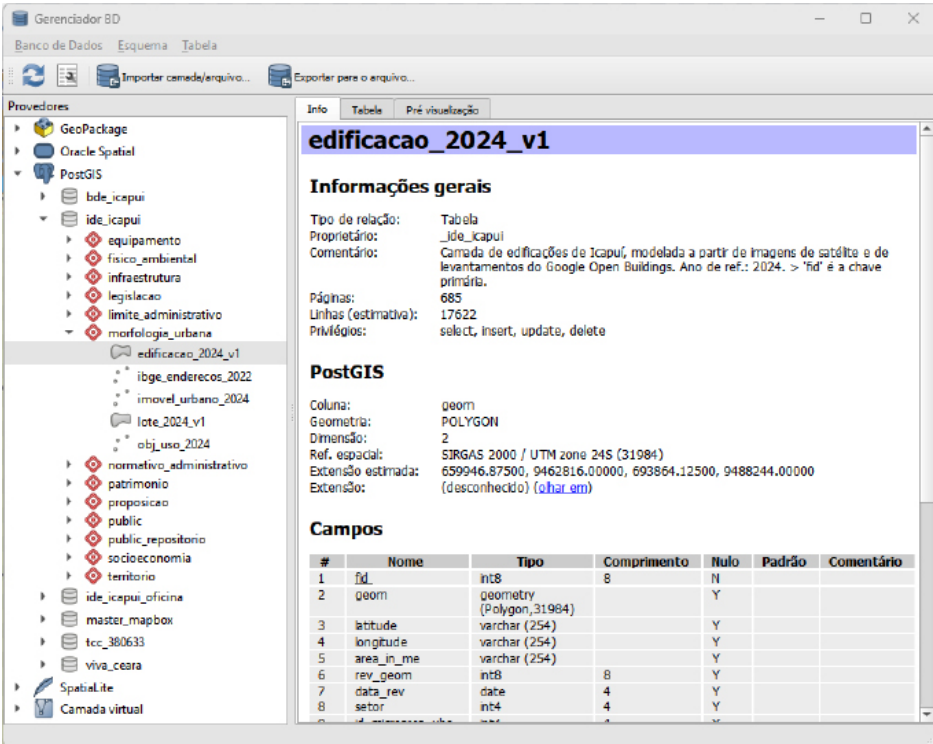


Il. 6: *Framework* de operacionalização do CIM.  
Fonte: Adaptado de Moreira *et al.*, 2023.

Todos os dados foram sistematizados num banco remoto hospedado na infraestrutura da Superintendência de Tecnologia da Informação da UFC e a administração foi realizada pela equipe técnica com o sistema gerenciador PostgreSQL (gratuito e open source), operacionalizável através da interface pgAdmin. O conteúdo foi agrupado em temas comuns (equipamentos, aspectos físico-ambientais, infraestruturas, etc.) para descomplicar a gestão e a navegação; metadados informativos, como a descrição dos conjuntos, foram produzidos no sistema gerenciador para orientar usuários e facilitar uma possível transição de domínio informacional para a Prefeitura Municipal. (Il. 7).

O banco pode ser acessado remotamente pelos usuários através das ferramentas empregadas nas investigações: no QGIS (gratuito e open source), os dados foram acessados como camadas geoespaciais na condução de análises típicas do planejamento e na produção de mapas; já na associação Grasshopper 3D - Rhinoceros 3D, que constituiu o modelador algorítmico,

os dados foram consultados como informação estruturada na condução de análises personalizadas às demandas da equipe e na produção de mapas, gráficos e modelos tridimensionais.



Il. 7: Interface com o banco de dados no QGIS.  
Fonte: Ilustração elaborada pelos autores.

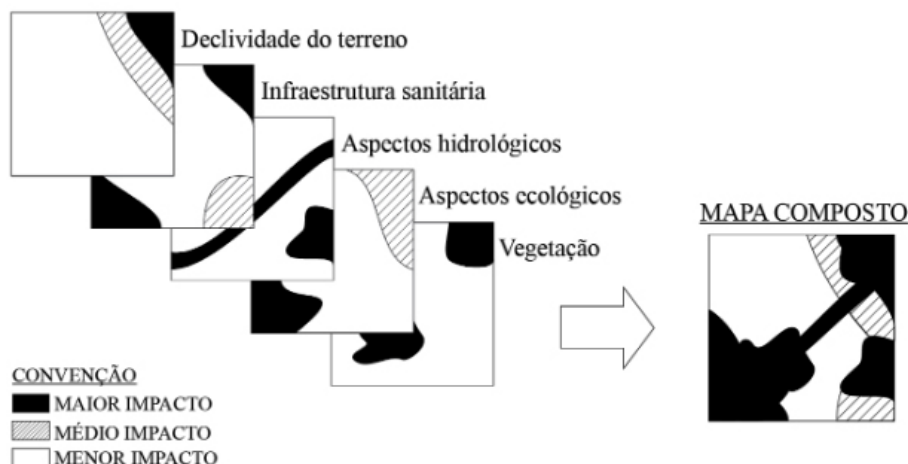
Com essa estrutura, no processo de elaboração do PDP de Icapuí, os envolvidos puderam consultar e operar os mesmos conjuntos de dados, garantindo consistência informacional nos procedimentos elaborados para encontrar respostas às questões do desenvolvimento sustentável do município.

ANÁLISE DE ADEQUABILIDADE

A análise de adequabilidade é um método de projeto de paisagem desenvolvido por Ian McHarg (1971) que tem como objetivo encontrar a solução de máxima utilidade social. A adoção deste método baseia-se em uma compreensão holística do território. Isso faz com que o ambiente seja entendido como um conjunto de processos inter-relacionados que compõem um sistema de valores com restrições e oportunidades ao

uso humano. Dessa forma, é possível identificar o meio mais apto para o desenvolvimento da proposta, respeitando, integrando e facilitando a existência de múltiplos serviços ecossistêmicos. As principais características do método são a interdisciplinaridade, a busca pela solução ótima, a facilidade de compreensão da “forma natural”; a identificação dos possíveis impactos do projeto; a redução da subjetividade dos agente envolvidos e a abordagem quantitativa (Bryant; Turner, 2019; Carlsson, 2017; Mcharg, 1971; Yang; Li, 2016).

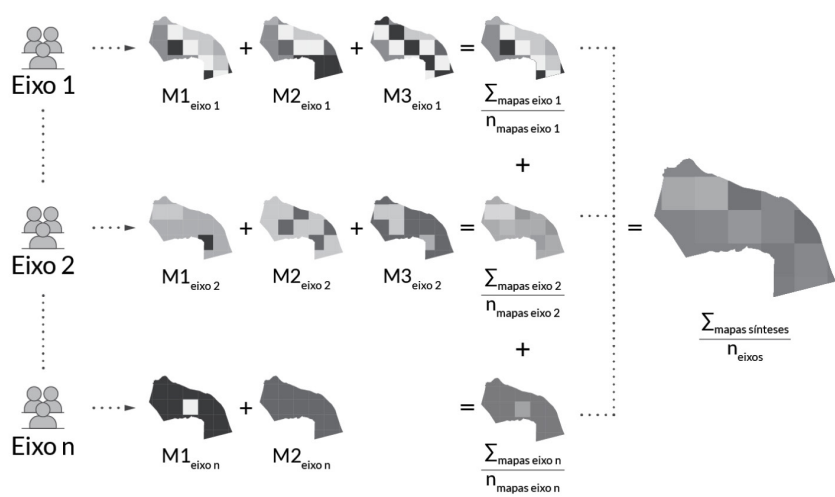
Suetônio Mota (2003) aplica uma metodologia semelhante a partir do mapeamento para identificar as áreas mais apropriadas, ou não, à ocupação urbana. Nesse método, as áreas ambientalmente sensíveis são mapeadas segundo seus diferentes aspectos (como declividade, hidrografia, vegetação) e superpostas. O mapa composto resultante indica “as zonas onde o desenvolvimento poderá ser mais intenso (área em branco), onde algumas restrições deverão ser feitas (área hachurada clara) e os locais a serem preservados ou ocupados com maiores restrições (área hachurada escura)” (Mota, 2003, p. 299). (Il. 8)



Il. 8: Esquema do processo utilizado por Mota, 2003

Fonte: Ilustração adaptada pelos autores.

Assim, a análise de adequabilidade pode ser realizada de forma qualitativa e analógica, por meio da superposição de mapas em papel transparente (Mota, 2003) ou de forma quantitativa e digital por meio da álgebra de mapas (Tomlin, 1994). Em ambos os casos, ou até em métodos mistos, a combinação e a reinterpretação de mapas temáticos podem revelar as áreas mais adequadas para o desenvolvimento de uma atividade, de acordo com os dados disponíveis. (Il. 9)



Il. 9: Esquema geral do processo utilizado para a elaboração dos mapas síntese de áreas adequadas à urbanização.  
Fonte: Ilustração elaborada pelos autores.

No contexto do desenvolvimento do PDP de Icapuí, compreendeu-se que, para a construção de um mapa síntese que ajudasse na definição das áreas adequadas à urbanização seria necessário destacar as variáveis de impacto no processo de ocupação do território ligadas a eixos temáticos específicos e os dados pertinentes que estavam disponíveis, indo além dos dados físico-ambientais. Os eixos temáticos envolvidos analisaram os dados disponíveis a fim de responder a seguinte pergunta: “de acordo com os requisitos do seu eixo, qual a condição de adequação da área à urbanização?” O QUADRO 1 apresenta os temas definidos para a elaboração dos mapas, os conjuntos de dados que foram utilizados em cada um deles, e as áreas interpretadas como mais adequadas resultantes do processo desenvolvido.

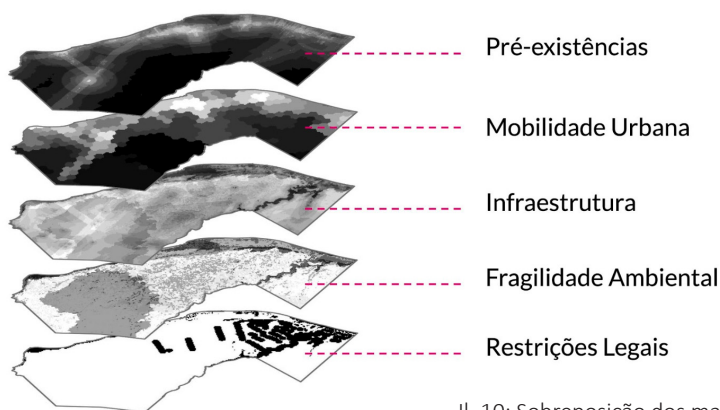
QUADRO 1

| EIXO                  | CONJUNTOS DE DADOS UTILIZADOS                                                                                                                                                              | ÁREAS MAIS ADEQUADAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PRÉ-EXISTÊNCIAS       | Proximidade das vias, (sobretudo as pavimentadas); proximidade de equipamentos públicos (escolas e UBS); ocupação (edificações e lotes); vocações (conforme assembleia de fevereiro/2024). | Áreas mais próximas às vias, áreas próximas aos equipamentos públicos, áreas já ocupadas e áreas mais densas, pois elas demonstram o reconhecimento tanto da administração quanto da população que essas áreas são consolidadas. Foram consideradas também como mais adequadas as áreas identificadas pela população em assembleia como urbanas, ou com desejo que se tornem urbanas. |
| MOBILIDADE            | Indicadores de viagem (trajetos); centralidades potenciais.                                                                                                                                | Áreas consideradas mais fáceis de acessarem o centro do município, considerando as infraestruturas e os meios de transporte disponíveis; e áreas com maior diversidade de usos.                                                                                                                                                                                                       |
| INFRAESTRUTURA        | Rede de saneamento e estação de tratamento (existente e previsão de expansão); altimetria; declividade do terreno; geomorfologia; poços de água; recursos hídricos; vales.                 | Áreas onde existem infraestruturas; áreas planas; áreas que não eram ambientalmente frágeis; áreas em cotas mais altas; áreas que não eram próximas de corpos hídricos, a fim de evitar sua contaminação.                                                                                                                                                                             |
| FRAGILIDADE AMBIENTAL | Geomorfologia; declividade do terreno; temperatura de superfície; índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI).                                                                    | Áreas de baixa fragilidade ambiental e pouca declividade; áreas com altas temperaturas de superfície, e com baixos NDVI, por representarem áreas com potencial de serem ocupadas.                                                                                                                                                                                                     |
| RESTRICÇÕES LEGAIS    | Áreas de Preservação Permanente (APP), conforme Código Florestal; Zonas de Preservação, conforme ZEEC; aerogeradores implantados.                                                          | Áreas que não apresentavam restrições legais proibitivas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

Fonte: Quadro elaborado pelos autores, 2025.

Utilizando o QGIS, o conjunto de dados selecionados pelos eixos foram então espacializados e reinterpretados em índices que variavam de 0 a 5.

Em seguida, as camadas foram rasterizadas e representadas graficamente em escala de cinza: índices baixos e cores escuras para áreas menos adequadas; índices altos e cores claras para áreas mais adequadas. Após a reclassificação e rasterização, uma álgebra de mapas foi operada para gerar um mapa síntese de cada eixo com a média dos índices atribuídos. Uma nova operação algébrica foi então conduzida com esses mapas-sínteses produzidos (Il. 10) a fim de elaborar o mapa compilado de adequabilidade representativo da avaliação de vários profissionais, capaz de indicar as áreas mais adequadas à urbanização de forma clara e objetiva.



Il. 10: Sobreposição dos mapas por temática.  
Fonte: Elaborada pelos autores.

Utilizando o QGIS, o conjunto de dados selecionados pelos eixos foram então espacializados e reinterpretados em índices que variavam de 0 a 5. Em seguida, as camadas foram rasterizadas e representadas graficamente em escala de cinza: índices baixos e cores escuras para áreas menos adequadas; índices altos e cores claras para áreas mais adequadas. Após a reclassificação e rasterização, uma álgebra de mapas foi operada para gerar um mapa síntese de cada eixo com a média dos índices atribuídos. Uma nova operação algébrica foi então conduzida com esses mapas-sínteses produzidos (Il. 10) a fim de elaborar o mapa compilado de adequabilidade representativo da avaliação de vários profissionais, capaz de indicar as áreas mais adequadas à urbanização de forma clara e objetiva.

## RESULTADOS

A sobreposição de mapas de cada eixo permitiu a construção de um mapa síntese (Il. 11), que possibilitou identificar de forma clara e simples as áreas mais adequadas à urbanização. O eixo identificado como mais favorável para que a urbanização ocorra são nas áreas próximas da CE-261, principal via que corta o município, especialmente na direção sul, de modo a liberar áreas de recarga do aquífero, além de respeitar as pré-existências, buscando uma cidade mais compacta.

Entretanto, o mapa compilado de adequabilidade à urbanização demonstrou que a expansão do município para sua porção sul é limitada principalmente pela presença de aerogeradores. Verificou-se também que a presença de infraestrutura existente e o interesse da população apontam para áreas ambientalmente frágeis. As faixas litorâneas do município, por sua vez, foco principal da exploração turística, foram identificadas como inadequadas, principalmente devido às restrições legais que incidem no território.

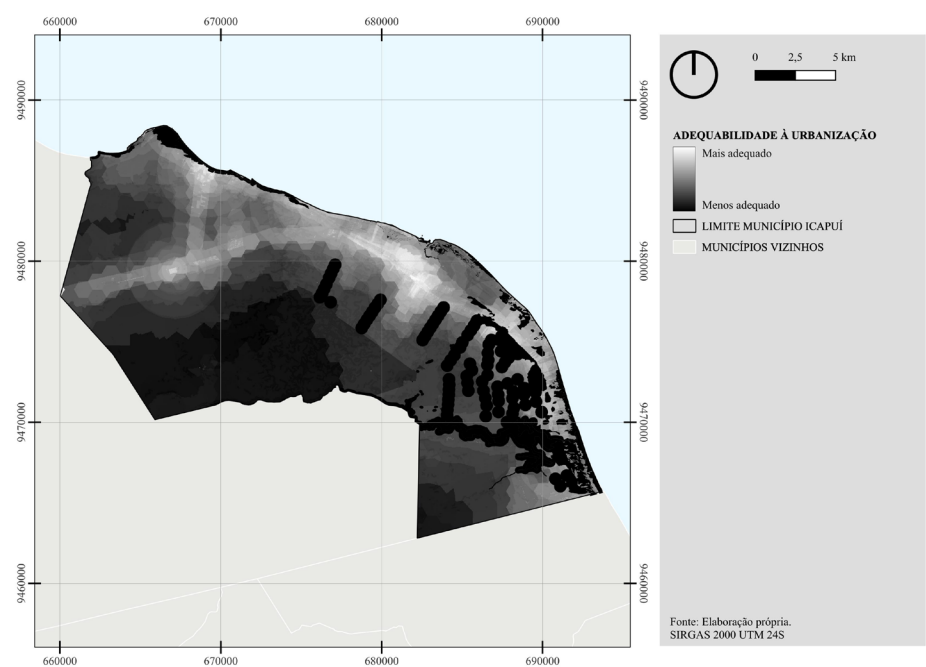
A área urbanizada existente aliada ao mapa compilado de adequabilidade viabilizou reflexões acerca do crescimento urbano, fundamentando as decisões quanto ao perímetro urbano e ao macrozoneamento do município no âmbito do Plano Diretor. Dessa forma, foi possível delimitar a macrozona rural, a macrozona urbana e, dentro da macrozona urbana, quais áreas deveriam ser de expansão de urbanização e quais deveriam ser de proteção ambiental, restringindo a urbanização nessas áreas. A ilustração 12, junto ao QUADRO 2, apresenta as macrozonas urbanas e rurais, com as devidas indicações daquelas de proteção ambiental e as outras passíveis de maior ocupação e/ou ações antrópicas.

Considerando a adequabilidade à ocupação e sua relação com o ambiente natural, o zoneamento proposto nas macrozonas também observou de maneira mais aproximada essa relação (Il. 13). A Macrozona de Urbanização Sustentável, que concentra porções do território que possuem uma significativa presença do ambiente construído e áreas adequadas à expansão urbana, foi dividida em: Zona de Ocupação Consolidada (ZOC); Zona de Ocupação Preferencial (ZOP); Zona de Ocupação Moderada 1

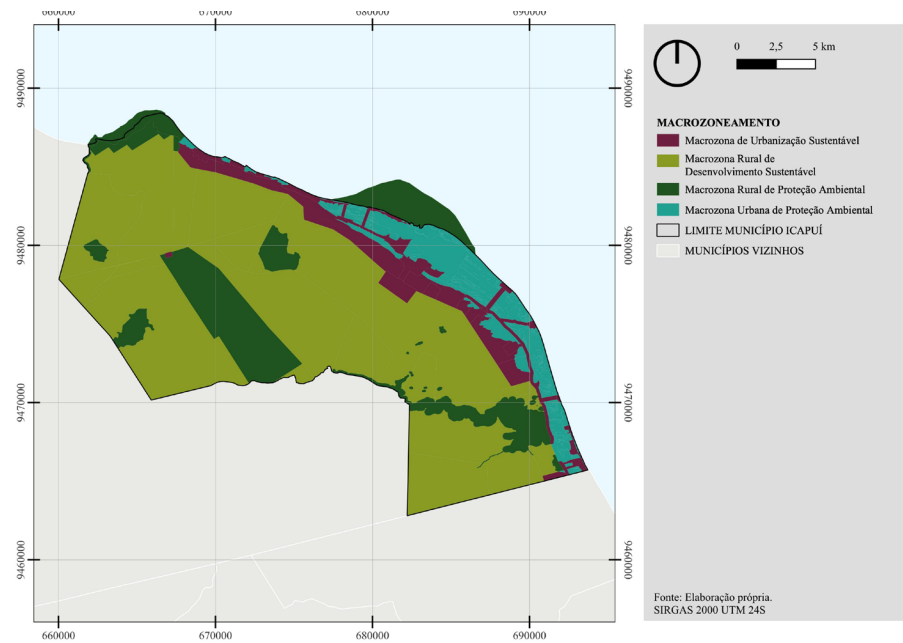
QUADRO 2  
Zoneamento proposto

| MACROZONA                                      | DESCRIÇÃO                                                                                                                                                                                                                    | ZONAS                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Macrozona de Urbanização Sustentável           | Áreas com significativa presença do ambiente construído e áreas adequadas à expansão urbana, divididas principalmente a partir de características similares em relação ao uso e ocupação do solo e aos aspectos ambientais.  | Zona de Ocupação Consolidada (ZOC);<br>Zona de Ocupação Preferencial (ZOP);<br>Zona de Ocupação Moderada 1 (ZOM 1);<br>Zona de Ocupação Moderada 2 (ZOM 2);<br>Zona Litorânea (ZL);<br>Zona de Uso Restrito (ZUR) |
| Macrozona Urbana de Proteção Ambiental         | Áreas localizadas dentro do perímetro urbano, caracterizadas pela necessidade de proteção ambiental, pela presença de unidades de conservação e/ou pela presença de ambientes frágeis.                                       | Zona de Preservação Ambiental (ZPA);<br>Zona de Recuperação dos Manguezais (ZRM);<br>Zona de Recarga do Aquífero (ZRA)                                                                                            |
| Macrozona Rural de Desenvolvimento Sustentável | Áreas fora do perímetro urbano com baixa densidade populacional e ocupação dispersa, voltadas para usos agropecuários e atividades agroecológicas ou agroindustriais                                                         | Zona de Agricultura Familiar (ZAF);<br>Zona de Produção Agropecuária (ZPAg);<br>Zona de Produção Energética e Petrolífera (ZPEP)                                                                                  |
| Macrozona Rural de Proteção Ambiental          | Áreas rurais caracterizadas pela necessidade de proteção ambiental, pela presença de unidades de conservação e/ou pela presença de ambientes de significativa relevância ecológica para o equilíbrio ambiental do município. | Zona Rural de Preservação Ambiental (ZRPA);<br>Zona Rural de Interesse Socioambiental (Z RIS);<br>Zona Rural de Interesse Ecológico (ZRIE);<br>Zona de Conservação Marinha (ZCM)                                  |

Fonte: Elaborado pelos autores.

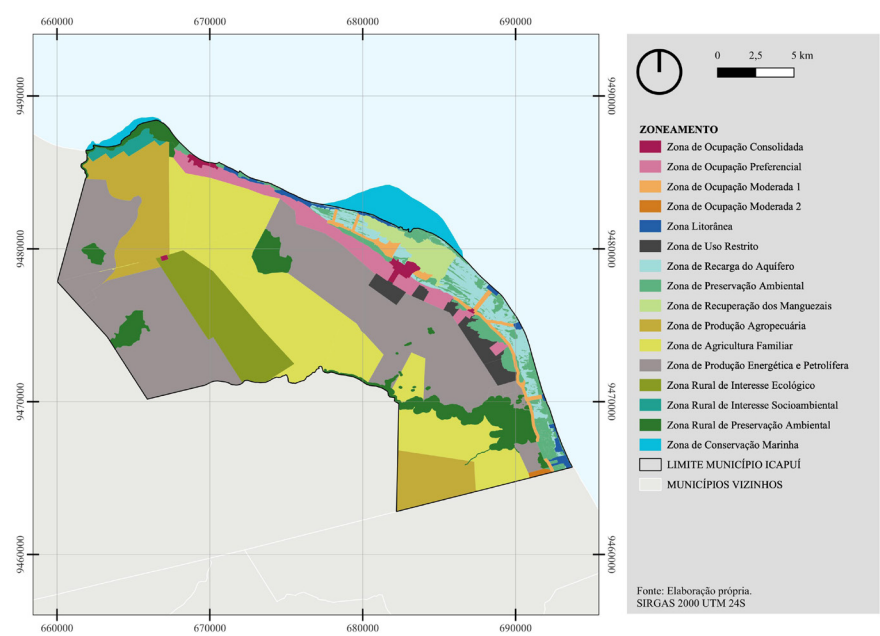


Il. 11: Mapa compilado de adequabilidade demonstrando as áreas mais adequadas à urbanização.  
Fonte: Elaborada pelos autores.



Il. 12: Mapa do Macrozoneamento proposto para PDP de Icapuí.  
Fonte: Elaborada pelos autores.

(ZOM 1); Zona de Ocupação Moderada 2 (ZOM 2); Zona Litorânea (ZL); e, Zona de Uso Restrito (ZUR). Apesar da ocupação humana, cada uma das zonas guarda características específicas no processo de urbanização, no qual se deseja expandir ou limitar. A ZUR, por exemplo, visa limitar o uso residencial nas proximidades de aerogeradores já implantados, enquanto a ZOP foi considerada a área preferencial para ocupação devido à sua melhor adequabilidade.



Il. 13: Mapa do Zoneamento proposto para PDP de Icapuí.  
Fonte: Elaborada pelos autores.

A Macrozona Urbana de Proteção Ambiental, que contém áreas localizadas dentro do perímetro urbano caracterizadas pela necessidade de proteção ambiental, engloba a Zona de Preservação Ambiental (ZPA), Zona de Recuperação dos Manguezais (ZRM), e Zona de Recarga do Aquífero (ZRA). Bem definidas no mapa de adequabilidade, cada uma tem uma função ecossistêmica única e complementar para sustentabilidade ambiental do município. A ZRA, por exemplo, visa proteger uma região de terraços marinhos, essenciais à recarga do aquífero, de forma a evitar, entre outras coisas, o agravamento da salinização da água, problemática frequentemente citada pelos moradores.

No contexto da Macrozona Rural (MR), a MR de Desenvolvimento Sustentável refere-se às áreas localizadas fora do perímetro urbano, caracterizadas pela baixa densidade populacional e ocupação dispersa, onde as áreas são destinadas especialmente aos usos agropecuários, às atividades agroecológicas ou agroindustriais de base familiar, associativa ou empresarial. Dessa forma, ela divide-se em Zona de Agricultura Familiar (ZAF), Zona de Produção Agropecuária (ZPAg), e Zona de Produção Energética e Petrolífera (ZPEP), sendo essa última mais voltada para a presença de usinas de energia eólica e solar. Já a Macrozona Rural de Proteção Ambiental caracteriza-se pela necessidade de proteção ambiental, integrando a Zona Rural de Preservação Ambiental (ZRPA), Zona Rural de Interesse Socioambiental (Z RIS), Zona Rural de Interesse Ecológico (ZRIE) e Zona de Conservação Marinha (ZCM). A ZRIS, por exemplo, corresponde à área habitada por comunidades pesqueiras em uma importante Unidade de Conservação do município.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudanças climáticas são o principal desafio atual das cidades (Jaramillo; Nazemi, 2018). A utilização de estratégias adaptativas baseadas na proteção e recuperação dos ecossistemas surge como uma alternativa para a promoção da resiliência urbana e do desenvolvimento sustentável. No entanto, as diferentes realidades socioeconômicas, políticas e ambientais dificultam a elaboração dessas soluções. Integrar de maneira eficaz o desenvolvimento dessas estratégias de adaptação no processo de planejamento do território é uma das principais necessidades atuais (Ferreira; Walsh; Ferreira, 2018).

A combinação de métodos apresentada permitiu a elaboração da minuta do primeiro plano diretor de Icapuí, um município de pequeno porte, que dispunha inicialmente de poucos dados. A aplicação do método possibilitou que os mesmos elementos e fenômenos fossem analisados a partir de especialidades e visões distintas, estimulando trocas interdisciplinares entre os pesquisadores. Um exemplo disso é que uma área adequada à urbanização por causa das pré-existências pode ser inadequada do ponto de vista ambiental, mas na análise global, pode-se chegar em uma síntese do grau de adequação do território à ocupação considerando suas especificidades.

Os resultados do trabalho desenvolvido destacaram a importância do diálogo entre o conhecimento técnico e o conhecimento empírico dos moradores. A representação intuitiva das informações no mapa de adequabilidade fez com que a leitura dos dados feita pela equipe técnica fosse facilmente compreendida pela população, subsidiando um debate público tecnicamente mais embasado. O método permitiu, além da compreensão mais profunda do território, o reconhecimento das potencialidades para a elaboração de propostas de desenvolvimento sustentável mais coerentes com a realidade local. As trocas ainda foram fundamentais para a superação da limitação informacional, tendo contribuído para o desenvolvimento de conjuntos de dados que ajudaram a caracterizar padrões de ocupação e expansão do território.

A utilização dos dados sob diferentes vieses, com múltiplas finalidades, possibilitou a observação mais precisa da relevância das informações no planejamento. Ainda assim, a totalidade do conjunto foi essencial para uma compreensão mais profunda do município e das suas dinâmicas. Apesar de apenas uma parte dos dados coletados ter sido utilizada na produção do mapa síntese, a outra porção foi essencial para a condução de análises que esclareceram questões transversais do Plano Diretor. Verificou-se também que as diferentes interpretações atribuídas pelos eixos aos dados reforçam a importância da formulação de uma pergunta bem estruturada e atenta às nuances do objetivo do projeto.

Observamos ainda que a eficácia do método está atrelada à disponibilidade de bons conjuntos de dados para representar as dinâmicas territoriais, e um dos principais entraves para sua aplicação é a capacitação técnica da equipe envolvida na produção dos mapas. No entanto, a utilização de ferramentas open source gratuitas para o desenvolvimento desse processo viabiliza sua adoção por estruturas da administração pública que enfrentam limitações financeiras. Além disso, sua simplicidade e natureza incremental lhe conferem o potencial de ser adaptado para aplicação em diferentes escalas, contextos e situações, podendo ser um elemento impulsionador para o desenvolvimento participativo de estratégias sustentáveis em outros municípios — dessa vez, coerentes com suas realidades. Na ocasião da escrita deste artigo, a minuta de lei produzida ainda não havia sido encaminhada à Câmara dos Vereadores,

assim, os resultados aqui apresentados podem diferir do Plano Diretor de Icapuí eventualmente promulgado, destacando, assim, a soberania política nas decisões acerca da ocupação do território.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por meio de bolsas ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Design (PPGAUD).

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Constituição Federal. *Promulgada em 5 de outubro de 1988*. Brasília, DF, 1988. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 07.out.2023.

BRASIL. Estatuto da Cidade. *Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001*. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 10 jul. 2001. 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: 08.out.2023.

BRYANT, M. M.; TURNER, J. S. From thermodynamics to creativity: McHarg's ecological planning theory and its implications for resilience planning and adaptive design. *In: Socio-Ecological Practice Research*, V. 1, nº. 3-4, p. 325-337, out.2019.

CANTRELL, B.; HOLZMAN, J. *Responsive landscapes: strategies for responsive technologies in landscape architecture*. New York, NY: Routledge, 2016.

CARDOSO, D. R.. *Desenho de uma poiesis*. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2011. V. 1.

CARLSSON, M. K. Environmental Design, Systems Thinking, and Human Agency: McHarg's Ecological Method and Steinitz and Rogers's Interdisciplinary Education Experiment. *In: Landscape Journal*, V. 36, nº. 2, p. 37-52, fev. 2017.

CHONG, J. Ecosystem-based approaches to climate change adaptation: progress and challenges. *In: International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, V. 14, nº. 4, p. 391-405, nov.2014.

FERREIRA, C. S. S.; WALSH, R. P. D.; FERREIRA, A. J. D. Degradation in urban areas. *In: Current Opinion in Environmental Science & Health*. V. 5, p. 19-25, out.2018.

FREITAS, C. F. S.; GOMES, V.; BORGES, M. Planejamento Urbano com uso de Sistemas de Informação Geográfica: O caso de Feira de Santana, BA. *In: Universitas: Arquitetura e Comunicação Social*, V. 10, nº. 1, p. 10, 2013.

GAUTHIER, P.; GILLILAND, J. Mapping urban morphology: a classification scheme for interpreting contributions to the study of urban form. *In: Urban Morphology*. V. 10, nº. 1, p. 41-50, 2006.

GENELETTI, D.; ZARDO, L. Ecosystem-based adaptation in cities: An analysis of European urban climate adaptation plans. *In: Land Use Policy*, V. 50, p. 38-47, jan.2016.

IBGE. *Censo Demográfico*. Rio de Janeiro, 2022

IPECE. *Sistema de Informações Geossocioeconômicas do Ceará*. Fortaleza, 2022.

JARAMILLO, P.; NAZEMI, A. Assessing urban water security under changing climate: Challenges and ways forward. *In: Sustainable Cities and Society*, V. 41, p. 907-918, ago.2018.

LACERDA, N.; MARINHO, G.; BAHIA, C.; QUEIROZ, P.; PECCHIO, R. Planos Diretores Municipais: Aspectos legais e conceituais. *In: Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, V. 7, nº. 1, p. 55-72, 2005.

MCHARG, I. L. *Design with Nature*. 25th Anniversary ed. Garden City: Wiley, 1995. 208 p. (Wiley Series in Sustainable Design).

MEIRELES, A. J. A.; SOUZA, W. F. DE; LIMA, A. P. DA S. *Atlas socioambiental: cartografia social das comunidades de Icapuí*. Fortaleza, CE: Fundação Brasil Cidadão, 2016. ISBN 978-85-98564-19-7.

MOREIRA, Eugênio; ALEXANDRINO, João Victor Mota; MUNIZ, Vinícius Fernandes; CARDOSO, Daniel; "The use of visual programming interface for structuring a generic digital framework in a city information modeling workflow", p. 675-68 . *In: XXVI International Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics. Anais...* São Paulo: Blucher, 2023.

MOTA, S. *Urbanização e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: ABES, 2003. 356 p.

MOUDON, A. V. Morfologia urbana como um campo interdisciplinar emergente. *In: Revista de Morfologia Urbana*, 2015, V. 3(1), p. 41-9.

NOVOTNY, V.; AHERN, J.; BROWN, P. *Water centric sustainable communities: planning, retrofitting, and building the next urban environment*. [s.l.] Wiley, 2010.

SANTOS, M. *A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006.

TOMLIN, C. D. Map algebra: one perspective. *In: Landscape and Urban Planning*, V. 30, p. 3-12, 1994.

WORONIECKI, S.; WAMSLER, C.; BOYD, E. The promises and pitfalls of ecosystem-based adaptation to climate change as a vehicle for social empowerment. *In: Ecology and Society*, V. 24, nº. 2, p. art4, 2019.

YANG, B.; LI, S. Design with Nature: Ian McHarg's ecological wisdom as actionable and practical knowledge. *In: Landscape and Urban Planning*, V. 155, p. 21-32, nov.2016.