Observatório de Mercado de Imóveis da União: Integração de Dados, Geoinformação e Apoio à Avaliação Imobiliária

Federal Real Estate Market Observatory: Data Integration, Geoinformation and Support for Property Valuation

Rogério Rodrigues de Vargas[1]
Alexandre Bernadino Lopes[2]
Caio dos Anjos Paiva[3]
José Gustavo Barbosa Villaça[4]
Pedro de Medeiros[5]

RESUMO: A avaliação de imóveis da Secretaria do Patrimônio da União (SPU) exige integração entre cadastro, geoinformação, evidências de mercado, método estatístico e justificativa técnica rastreável. Este artigo apresenta uma proposta técnico-aplicada de Observatório de Mercado de Imóveis da União (OMI), com uso governado de inteligência artificial (IA) como apoio ao trabalho do avaliador. A abordagem baseia-se em documentos técnicos, fluxos de processo, provas de conceito e protótipos operacionais voltados à avaliação urbana, rural, de ilhas e à Planta Genérica de Valores (PGV). O método organiza o processo em quatro blocos: entrada e caracterização; dados e amostras; análise assistida; e validação com memória técnica. A IA atua no apoio à classificação de registros, sugestão de variáveis e identificação de inconsistências, sempre sob revisão humana. Os resultados demonstram a viabilidade de integrar cadastro territorial, geoinformação, dados de mercado e tratamento estatístico em um fluxo único de apoio à avaliação. Os protótipos desenvolvidos também permitem registrar amostras, variáveis, cálculos e decisões técnicas de forma rastreável. A mensuração de ganhos operacionais, como redução de tempo e retrabalho, permanece como etapa de validação da solução em casos reais.

Palavras-chave: Inteligência artificial; Avaliação imobiliária; Cadastro territorial; Geoinformação; Gestão patrimonial pública.

ABSTRACT: The appraisal of properties managed by the Secretariat for Federal Assets requires integration among cadastre, geoinformation, market evidence, statistical methods and traceable technical justification. This paper presents an applied proposal for a Federal Real-Estate Market Observatory, with governed use of artificial intelligence to support the appraiser's work. The approach is based on technical documents, process flows, proof-of-concept solutions and operational prototypes related to urban, rural and island appraisal, as well as to a Generic Value Map. The method organizes the process into four blocks: input and characterization; data and samples; assisted analysis; and validation with technical memory. Artificial intelligence supports record classification, variable suggestion and inconsistency detection, always under human review. The results demonstrate the feasibility of integrating land cadastre, geoinformation, market data, and statistical analysis into a unified workflow to support property valuation. The developed prototypes also enable the traceable recording of samples, variables, calculations, and technical decisions. The measurement of operational gains, such as reductions in processing time and rework, remains a validation step to be carried out using real-world cases.

Keywords: Artificial intelligence; Real-estate appraisal; Land cadastre; Geoinformation; Public asset management.

1 INTRODUÇÃO

A avaliação de imóveis públicos combina mensuração econômica, interpretação territorial e responsabilidade administrativa. Em bens da União, o resultado da avaliação pode orientar alienações, cessões, cobrança de receitas patrimoniais, regularização fundiária, controle de ocupações, priorização de políticas públicas, planejamento territorial, além da contabilização da riqueza imobiliária do país. Por isso, o valor estimado deve ser tecnicamente fundamentado, reproduzível e compatível com a finalidade do ato administrativo.

No Brasil, a avaliação de bens é orientada pela série de Normas Brasileiras (NBR) 14653

[1,2,3] Universidade Federal do Paraná, Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais (Lageamb), e-mail: {rogeriovargas}, {alexandrelopes}, {anjospaiva}@ufpr.br
[4,5] Secretaria do Patrimônio da União, Coordenação-Geral de Avaliação e Contabilidade do Patrimônio (CCGAV), e-mail: {jose.villaca},{pedro.medeiros}@gestao.gov.br

da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A parte geral estabelece conceitos, procedimentos e requisitos mínimos do laudo; a parte de imóveis urbanos detalha métodos, variáveis, graus de fundamentação e tratamento estatístico; e a parte de imóveis rurais acrescenta requisitos próprios de terras, benfeitorias, produção, recursos naturais e componentes territoriais (ABNT, 2011, 2019a, 2019b).

A agenda de Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) reforça essa necessidade de integração. A Portaria nº 3.242/2022 define o CTM como a associação entre dados do cadastro territorial e dados dos cadastros temáticos, com potencial de apoiar gestão territorial, avaliação de imóveis e observatórios de mercado (BRASIL, 2022). Em perspectiva internacional, modelos de administração territorial também tratam valor, uso, restrições, responsabilidades e dados geoespaciais como componentes integrados de sistemas de gestão da terra (WILLIAMSON et al., 2010; ISO, 2024).

A SPU administra um conjunto patrimonial diverso, distribuído em contextos urbanos, rurais, costeiros, insulares e institucionais. No processo avaliativo, o profissional ainda precisa articular manualmente consultas cadastrais, conferência locacional, pesquisa de mercado e tratamento estatístico para fundamentar o valor estimado. A fragmentação dessas atividades em bases e sistemas desconectados compromete a fluidez operacional, amplia o tempo de resposta e dificulta a reconstituição técnica da análise.

O OMI é uma solução tecnológica em desenvolvimento para apoio às atividades de avaliação imobiliária da SPU, concebida para integrar o SPUnet como um de seus módulos. Sua implementação não busca criar um sistema paralelo ao SIAPA ou ao próprio SPUnet, mas organizar, em um mesmo fluxo de trabalho, informações patrimoniais, geoespaciais e amostrais necessárias à avaliação. O desenvolvimento contempla funcionalidades para avaliações urbanas, rurais e de ilhas, além da PGV e da formação de uma base institucional de amostras. A IA é empregada de forma assistiva em tarefas específicas, permanecendo a decisão técnica sob responsabilidade do avaliador.

O objetivo deste artigo é apresentar a arquitetura e o estágio atual de desenvolvimento do OMI, descrevendo seu fluxo de trabalho, os módulos implementados e sua aplicação no apoio à avaliação imobiliária da União. São detalhadas a integração de dados patrimoniais e geoespaciais, a formação da base amostral, o tratamento estatístico e os pontos em que a IA é utilizada de forma assistiva e supervisionada.

2 BASE NORMATIVA E CONCEITUAL

2.1 Avaliação de imóveis, cadastro e administração territorial

A avaliação imobiliária depende da relação entre atributos do bem, evidências de mercado e finalidade da avaliação. A literatura econômica de preços hedônicos trata o preço observado como expressão de atributos diferenciados do bem e de seu contexto, permitindo interpretar localização, área, padrão construtivo e características territoriais como variáveis explicativas do valor (ROSEN, 1974). Em avaliações públicas, essa lógica precisa ser compatibilizada com normas técnicas, transparência do procedimento, documentação de premissas e controle sobre a representatividade das amostras.

No âmbito da União, o Decreto nº 9.310/2018 estabelece procedimentos relacionados à regularização fundiária urbana e à avaliação e alienação de imóveis da União, reforçando que a estimativa de valor está vinculada a atos administrativos e não apenas a cálculos de mercado (BRASIL, 2018a). A série NBR 14653, por sua vez, exige que a metodologia adotada, os dados utilizados, as premissas, as limitações e o resultado sejam apresentados com clareza suficiente para permitir compreensão e verificação técnica (ABNT, 2011, 2019a, 2019b).

O CTM amplia a base de apoio à avaliação quando conecta a parcela territorial a dados temáticos, infraestrutura, restrições, uso do solo, localização e indicadores de contexto. A

Portaria nº 3.242/2022 prevê que o valor cadastral deve ser estimado para os imóveis integrantes do cadastro e que as avaliações devem considerar, sempre que possível, preços praticados no mercado imobiliário (BRASIL, 2022). Essa diretriz aproxima cadastro, avaliação e observatórios de mercado, pois a gestão territorial depende de bases atualizadas e comparáveis.

A integração proposta dialoga com o modelo de domínio de administração territorial, conhecido como *Land Administration Domain Model* (LADM), estabelecido pela ISO 19152-1:2024. O LADM estrutura conceitos para representação de unidades espaciais, partes, direitos, restrições, responsabilidades e fontes de informação em ambiente de geoinformação (ISO, 2024). Embora o caso da SPU tenha especificidades patrimoniais e federativas, o princípio de integração entre objetos territoriais, fontes e registros de decisão é aderente à proposta do OMI.

A avaliação em escala também se aproxima de práticas internacionais de avaliação em massa. O padrão da *International Association of Assessing Officers* (IAAO) destaca a necessidade de dados completos e precisos, modelos adequados, testes de qualidade e documentação para apoiar avaliações sistemáticas de imóveis (IAAO, 2025). A transposição desse repertório para o contexto da União não significa adotar avaliação automática irrestrita, mas incorporar controles de qualidade, validação e rastreabilidade compatíveis com grande volume territorial.

2.2 Dados patrimoniais, interoperabilidade e proteção de dados

A SPU opera bases patrimoniais que, na prática, funcionam como infraestrutura pública de dados para o processo avaliativo. O Sistema Integrado de Administração Patrimonial (SIAPA) concentra informações cadastrais dominiais (BRASIL, 2024), enquanto o SPUnet vem sendo estruturado para integrar módulos e reduzir a fragmentação operacional (BRASIL, 2026). Para fins de avaliação, essa integração é relevante porque aproxima cadastro, geometria, atributos territoriais e registros técnicos em um mesmo ambiente de trabalho.

No contexto do OMI, a conexão entre essas bases busca reduzir retrabalho, diminuir divergências entre registros e preservar o vínculo entre o imóvel avaliado, sua representação espacial, as amostras utilizadas e os produtos técnicos gerados ao longo do processo. O compartilhamento e a integração de dados na administração pública federal devem observar governança, controle de acesso, segurança, qualidade e finalidade. O Decreto nº 10.046/2019 disciplina a governança no compartilhamento de dados no âmbito da administração pública federal e reforça a necessidade de tratamento organizado de informações entre órgãos e entidades (BRASIL, 2019). Quando a avaliação imobiliária utiliza bases internas, fontes externas e registros georreferenciados, cada dado deve manter origem, data, responsável, transformação aplicada e nível de confiança.

A Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) estabelece princípios de finalidade, adequação, necessidade, transparência, segurança e responsabilização no tratamento de dados pessoais (BRASIL, 2018b). Embora muitos dados imobiliários tenham natureza territorial ou patrimonial, avaliações podem envolver informações de responsáveis, ocupantes, titulares, documentos, imagens e registros administrativos. Assim, o OMI deve adotar minimização de dados pessoais, perfis de acesso, registro de consulta e separação entre evidências necessárias à avaliação e informações sensíveis sem pertinência técnica.

O Registro Imobiliário Patrimonial (RIP), a geometria do imóvel, as amostras de mercado, a PGV e os relatórios técnicos não devem circular como arquivos independentes sem vínculo. A proposta de base georreferenciada adota metadados e identificadores persistentes para associar cada resultado às fontes que o originaram.

2.3 Inteligência artificial assistiva e governança de risco

O uso de IA em avaliação imobiliária deve ser delimitado por riscos conhecidos:

opacidade de modelos, vieses de dados, falsa precisão, extrapolação territorial, explicações artificiais e geração de textos sem base nos documentos do processo. O *Artificial Intelligence Risk Management Framework* (AI RMF) do *National Institute of Standards and Technology* (NIST) propõe governança, mapeamento, mensuração e gestão de riscos para sistemas de IA (NIST, 2023). A ISO/IEC 23894:2023 orienta a gestão de riscos específicos de IA, enquanto a ISO/IEC 42001:2023 complementa esse enquadramento ao definir requisitos para sistemas de gestão de IA, políticas, responsabilidades e melhoria contínua (ISO; IEC, 2023a; ISO; IEC, 2023b).

Os princípios da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) para IA confiável enfatizam crescimento inclusivo, direitos humanos, transparência, robustez, segurança e responsabilização (OCDE, 2024). A Recomendação da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) sobre ética da IA reforça proporcionalidade, supervisão, segurança, transparência e responsabilidade pública (UNESCO, 2021). Na administração pública, a literatura sobre IA destaca que benefícios de automação e análise preditiva dependem de desenho institucional, capacidade administrativa, qualidade dos dados e controle de riscos (WIRTZ; WEYERER; GEYER, 2019).

Métodos de aprendizado estatístico podem apoiar a detecção de padrões, mas exigem validação. Modelos de florestas aleatórias, por exemplo, foram propostos como combinações de árvores de decisão capazes de lidar com relações não lineares e interações entre variáveis (BREIMAN, 2001). Técnicas de explicação local e atribuição de importância de variáveis procuram tornar predições mais compreensíveis para usuários humanos (RIBEIRO; SINGH; GUESTRIN, 2016; LUNDBERG; LEE, 2017). No OMI, esses recursos devem operar como apoio analítico, não como prova autônoma de valor. A consequência prática é uma distinção rigorosa entre automação, recomendação e decisão. A automação organiza dados e reduz tarefas repetitivas. A recomendação sugere amostras, variáveis, alertas e caminhos metodológicos. A decisão permanece humana, documentada e vinculada às normas técnicas. Essa separação deve estar refletida na interface, nos relatórios e nos registros de auditoria.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 Desenho do estudo aplicado

O estudo foi estruturado como pesquisa aplicada de desenvolvimento tecnológico, orientada por um problema institucional concreto e por validação incremental. O material de base compreendeu diagnóstico do processo de avaliação, reuniões técnicas de alinhamento, fluxos de processo, provas de conceito, protótipo em ambiente de geoinformação e propostas de evolução dos módulos funcionais. A unidade de análise foi o processo de avaliação de imóveis da União, com ênfase nas etapas em que integração de dados, geovisualização, estatística e apoio computacional podem ampliar a consistência e a rastreabilidade dos procedimentos. A modelagem dos fluxos utilizou a notação *Business Process Model and Notation* (BPMN), adequada à representação de atividades, decisões, eventos e relações entre participantes de processo (OMG, 2013).

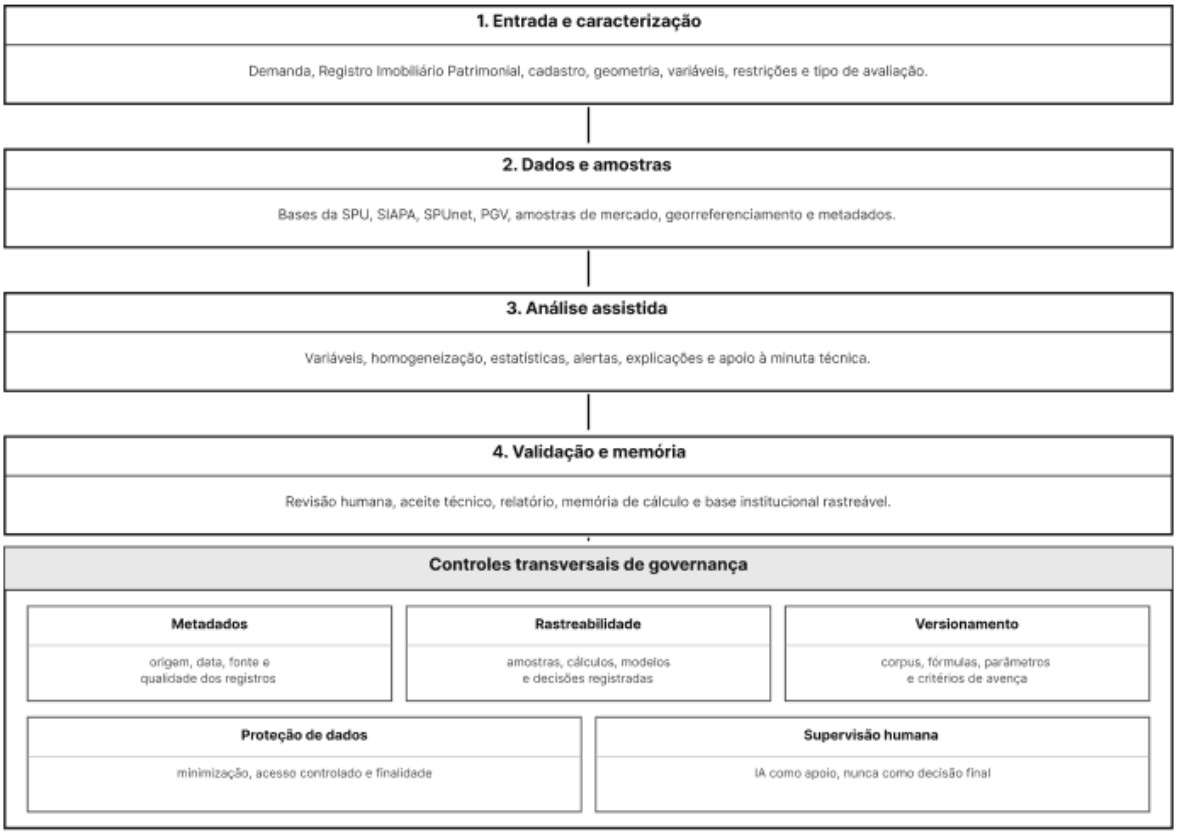
A estruturação do OMI partiu do mapeamento do processo de avaliação da SPU e da identificação das informações utilizadas em cada etapa. O imóvel-alvo é associado à sua geometria e aos atributos cadastrais; as amostras de mercado são georreferenciadas, filtradas espacialmente e qualificadas; e as variáveis selecionadas são encaminhadas ao tratamento estatístico. No módulo urbano implementado, a estimativa utiliza Regressão Linear Múltipla, com apresentação da equação, coeficientes, métricas de ajuste e análise dos resíduos. Os demais módulos acrescentam procedimentos próprios de avaliação rural, ilhas e PGV. A IA atua apenas em tarefas auxiliares, como classificação, sugestão de variáveis e identificação de

inconsistências.

3.2 Fluxo técnico proposto

O fluxo proposto privilegia simplicidade operacional e controle técnico. A primeira etapa recebe a demanda e caracteriza o imóvel, associando identificação cadastral, localização, geometria, vocação, restrições e tipologia. A segunda etapa consolida dados internos e externos, incluindo SIAPA, SPUnet, PGV, amostras de mercado e camadas territoriais. A terceira etapa executa análise assistida, com seleção de variáveis, homogeneização, estatística, alertas e apoio de IA. A quarta etapa formaliza validação humana, relatório, memória de cálculo e atualização da base institucional. A Figura 1 apresenta uma síntese operacional derivada da modelagem do processo.

Figura 1 – Fluxo governado de apoio à avaliação imobiliária da União.



Fonte: elaboração própria, a partir dos fluxos BPMN consolidados do processo de avaliação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Diagnóstico operacional e requisitos do OMI

O diagnóstico técnico indicou que os principais entraves da avaliação imobiliária da União não se concentram apenas na escolha do modelo estatístico, mas na organização da cadeia de produção da evidência. Localização do imóvel, conferência cadastral, obtenção e qualificação de amostras, registro de descartes, extração de variáveis, verificação de suficiência amostral e consolidação do relatório são etapas que ainda tendem a ocorrer de forma fragmentada. Sem uma base institucional integrada, parte do conhecimento produzido em avaliações anteriores não é facilmente recuperada ou reaproveitada.

A Tabela 1 mostra os requisitos operacionais identificados a partir desse diagnóstico e suas respectivas respostas técnicas no âmbito do OMI.

Tabela 1 – Requisitos operacionais e resposta técnica do OMI.

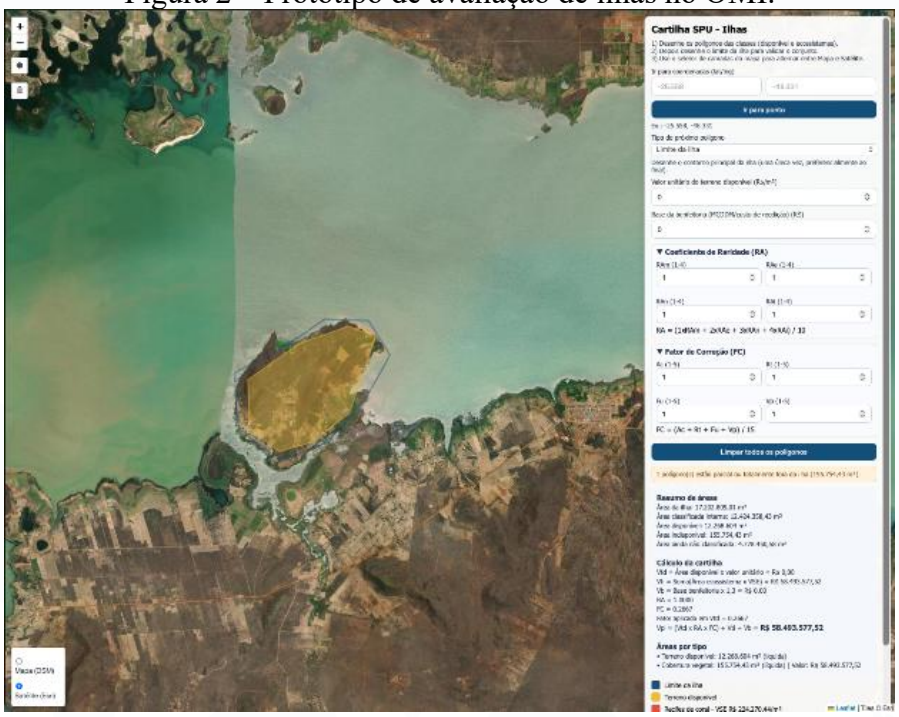
Requisito observado	Implicação técnica	Resposta proposta
Busca amostral manual	Tempo elevado, baixa reprodutibilidade e dificuldade para justificar descartes.	Base de amostras georreferenciada, metadados de fonte, filtros e histórico de ativação ou inativação.
Cadastro e geometria dispersos	Risco de divergência entre identificação patrimonial, localização e atributos do imóvel.	Vinculação entre RIP, SIAPA, SPUnet, geometria, vocação e correções locais registradas.
Variáveis sem trilha de origem	Fragilidade na auditoria do modelo e na explicação do resultado.	Catálogo de variáveis, fonte, data, transformação aplicada e nível de confiança.
Relatórios produzidos de forma isolada	Perda de memória técnica e retrabalho em avaliações semelhantes.	Relatório editável vinculado a amostras, cálculos, mapas, decisões e versão das regras.
Uso de IA sem delimitação	Risco de erro convincente, opacidade e substituição indevida da decisão profissional.	IA restrita a apoio, com registro da saída, revisão humana e bloqueio de conclusão automática.

Fonte: elaboração própria.

4.2 Arquitetura funcional proposta

A arquitetura funcional foi organizada em módulos, de modo a permitir evolução incremental e especialização por tipo de operação avaliativa. O módulo de raspagem de dados alimenta a base amostral com registros de mercado, preservando informação sobre fonte, data de coleta, georreferenciamento, deduplicação e qualificação. O módulo de avaliação urbana concentra caracterização, seleção de amostras, definição de variáveis, homogeneização, tratamento estatístico e elaboração do relatório. O módulo rural acrescenta atributos físicos, ambientais, produtivos e logísticos. O módulo de ilhas incorpora delimitação por polígonos, classes territoriais, fórmulas parametrizadas e memória de cálculo, conforme pode ser observado no protótipo mostrado na Figura 2. E, por fim, o módulo de PGV integra dados territoriais e amostrais para leitura espacial dos valores.

Figura 2 – Protótipo de avaliação de ilhas no OMI.

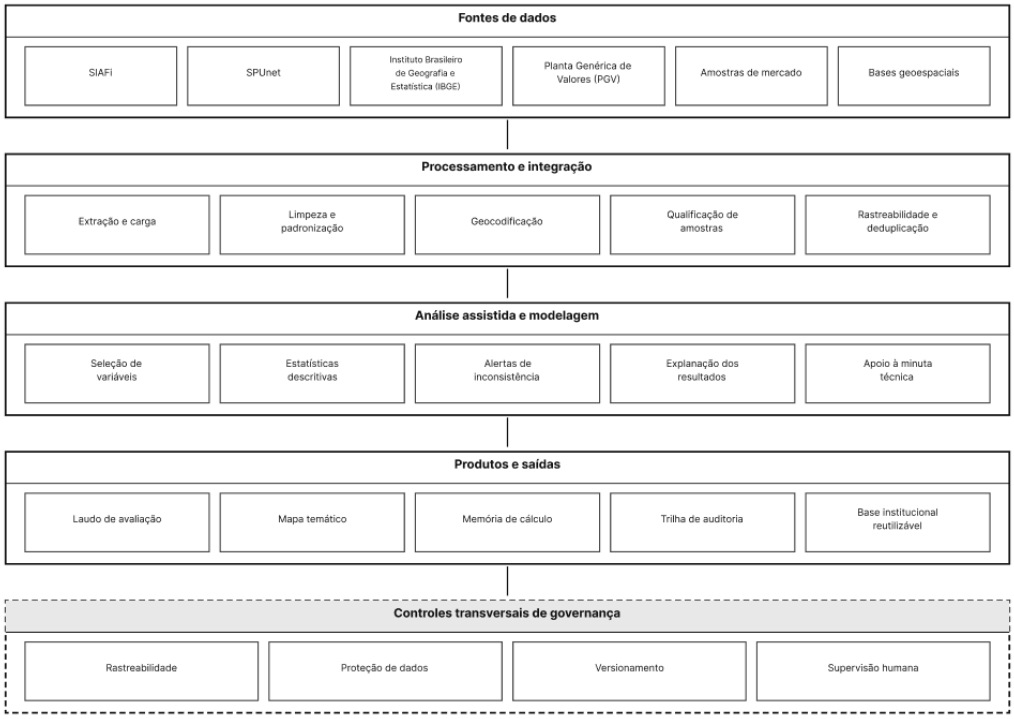


Fonte: elaboração própria

A Figura 3 resume essa arquitetura em camadas, distinguindo fontes de dados, rotinas de processamento e integração, análise assistida, modelagem e produtos finais destinados à SPU.

O diagrama também explicita os controles transversais de governança, necessários para assegurar rastreabilidade, proteção de dados, versionamento e supervisão humana.

Figura 3 – Arquitetura funcional do Observatório de Mercado de Imóveis da União.



Fonte: elaboração própria.

A Tabela 2 apresenta os módulos e o papel da IA assistiva.

Tabela 2 – Módulos funcionais e uso controlado de inteligência artificial.

Módulo	Função técnica	Uso controlado de IA
Raspagem e base de amostras	Coleta e normalização de registros de mercado próximos ao imóvel avaliado.	Classificação de anúncios, deduplicação assistida e alerta de inconsistência, com registro de fonte e data.
Avaliação urbana	Caracterização, qualificação amostral, variáveis, homogeneização, cálculo e relatório.	Sugestão de variáveis e explicação de resultados, sem escolha automática do método final.
Avaliação rural	Integração de matrícula, polígono, solo, uso da terra, logística, produção e amostras rurais.	Triagem de camadas e síntese de premissas, submetidas a validação do avaliador.
Avaliação de ilhas	Desenho de polígonos, classes de área, parâmetros, fórmula e memória de cálculo.	Apoio à classificação e redação, com geometria e coeficientes finais aprovados por pessoa responsável.
Planta Genérica de Valores	Leitura territorial de valores, densidade amostral e padrões espaciais.	Detecção de anomalias e lacunas, sem substituir avaliação individual.

Fonte: elaboração própria.

4.3 Avaliação urbana, rural, ilhas e Planta Genérica de Valores

No fluxo urbano, a principal contribuição do OMI está em reunir, em uma mesma trilha de trabalho, etapas que usualmente aparecem dispersas. A partir da identificação e localização do imóvel-alvo, o sistema pode integrar bases internas, informações territoriais, PGV e amostras externas, entregando ao avaliador um conjunto preliminarmente organizado de dados. Com isso, a atuação técnica se concentra na qualificação das amostras, na justificativa de ativações ou descartes e na interpretação dos resultados, em consonância com as exigências da NBR 14653-2 quanto à qualidade da amostra, aos atributos explicativos e à fundamentação do

método (ABNT, 2011).

No fluxo rural, a avaliação exige integração mais ampla de camadas territoriais. Variáveis como solos, declividade, uso e cobertura da terra, disponibilidade hídrica, distância a centros de referência, acesso e aptidão produtiva podem afetar o valor e a comparabilidade das amostras. A NBR 14653-3 trata de imóveis rurais e seus componentes, exigindo caracterização adequada do imóvel, das terras, das benfeitorias e das condições relevantes ao método (ABNT, 2019b). Nesse contexto, a IA pode auxiliar a selecionar variáveis candidatas e resumir evidências, mas a pertinência técnica deve ser confirmada caso a caso.

A avaliação de ilhas representa situação especial em que a delimitação espacial é parte do cálculo. O módulo proposto permite desenhar ou validar polígonos, classificar áreas e gerar tabelas ou mapas. De forma decisiva, permite aplicar e registrar os fatores específicos que penalizam ou valorizam esses territórios, como restrições ambientais, custo de transposição aquaviária e nível de isolamento, preservando a memória da fórmula adotada. Essa abordagem reduz a dependência de planilhas isoladas e evita que a memória de cálculo fique separada da geometria. Quando houver inadequação dos métodos usuais, a justificativa técnica deve permanecer explícita, conforme a exigência geral de fundamentação e documentação da NBR 14653-1 (ABNT, 2019a).

A PGV não deve ser tratada como valor final de cada imóvel, mas como camada de referência territorial. Ela apoia comparação entre regiões, identificação de lacunas amostrais, visualização de gradientes de valor e priorização de áreas para revisão. Em avaliações em escala, a literatura e os padrões de avaliação em massa destacam a necessidade de dados consistentes, modelos testados e controle de qualidade (IAAO, 2025). Para a SPU, a PGV pode funcionar como infraestrutura de leitura do mercado e como insumo para avaliações específicas, desde que cada caso mantenha análise individual quando exigida.

4.4 Papel efetivo da inteligência artificial

O papel da IA no OMI deve ser delimitado por tarefas claramente definidas. Na entrada, seu uso pode apoiar leitura de descrições textuais, classificação preliminar de tipologias e identificação de pendências documentais. Na etapa de amostras, pode auxiliar no agrupamento de registros, na detecção de possíveis duplicidades e na sinalização de valores incompatíveis ou atributos ausentes. Na etapa analítica, pode sugerir variáveis e camadas territoriais potencialmente relevantes. Já na produção textual, pode apoiar a elaboração de minutas a partir de dados previamente verificados, sem introduzir fatos, valores ou conclusões não constantes do processo. A Tabela 3 sintetiza os usos admitidos da inteligência artificial, os controles exigidos e as vedações aplicáveis.

Tabela 3 – Escopo operacional do uso da inteligência artificial no processo avaliativo.

Uso assistivo admitido	Controle técnico exigido	Limite ou vedação
Classificar textos e tipologias.	Fonte registrada e revisão humana.	Não substitui a caracterização técnica.
Sugerir variáveis e agrupamentos.	Avaliador confirma pertinência territorial, finalidade e norma.	Não escolhe método ou variáveis finais.
Detectar duplicidades e inconsistências.	Critério do alerta e decisão ficam registrados.	Não aceita nem descarta amostras sozinha.
Apoiar triagem, homogeneização e sensibilidade.	Parâmetros, versões e resultados intermediários permanecem visíveis.	Não altera cadastro, geometria ou parâmetro normativo sem ato responsável.
Explicar resultados.	Explicação vinculada a amostras, variáveis, modelo e memória de cálculo.	Não emite conclusão normativa nem justificativa sem evidência.
Auxiliar a minuta técnica.	Texto editável, com indicação de origem e alerta para campos ausentes.	Não cria fatos, valores ou argumentos sem vínculo com os dados do processo.

Fonte: elaboração própria.

Determinadas atribuições, contudo, devem permanecer fora do escopo automatizado. Entre elas estão a escolha final do método avaliativo, a definição do valor conclusivo, a aceitação ou exclusão definitiva de amostras, a alteração de cadastros oficiais e a formulação

de justificativas sem base documental. A possibilidade de alterações de cadastro oficial será permitida apenas no que compete ao valor conclusivo após validação humana. Essa delimitação decorre dos próprios referenciais de governança e gestão de risco em IA, que exigem supervisão, transparência, robustez e responsabilização (NIST, 2023; ISO; IEC, 2023a; ISO; IEC, 2023b; OCDE, 2024).

No plano operacional, a explicação dos resultados depende menos de retórica sobre "explicabilidade" e mais da capacidade de reconstituir o processo analítico. Para que o avaliador compreenda e valide a saída do sistema, a plataforma deve registrar quais amostras foram utilizadas, quais critérios orientaram alertas e filtragens, quais parâmetros foram adotados e quem validou tecnicamente cada etapa. Nessa perspectiva, fichas de dados e fichas de modelos podem contribuir para documentar origem, escopo de uso, limitações e desempenho de bases e modelos empregados (GEBRU et al., 2021; MITCHELL et al., 2019). Essa diretriz também busca reduzir o risco de geração textual sem aderência ao processo administrativo. Em relatórios de avaliação, a IA deve operar sobre dados estruturados e documentos efetivamente incorporados ao trabalho técnico. As minutas produzidas devem permanecer editáveis, com indicação de origem das informações e sinalização de campos ausentes, funcionando como apoio à redação e não como substituição do laudo.

4.5 Critérios de aceite e rastreabilidade

A implantação do OMI exige critérios objetivos de aceite para cada produto gerado. Na base de amostras, o conjunto mínimo envolve fonte, data, localização, tipologia, área, preço, tratamento de duplicidade e status da amostra. Nas avaliações urbanas e rurais, devem estar disponíveis identificação do imóvel, amostras qualificadas, variáveis registradas, método justificado, memória de cálculo e relatório editável. No caso de ilhas, acrescentam-se polígono, classes de área, parâmetros, versão da fórmula e mapa. Para a PGV, o aceite envolve integração dos dados, recorte territorial, densidade informacional e validação do produto. A rastreabilidade deve permitir a reconstituição posterior de cada avaliação. Isso requer identificadores persistentes, controle de versões, armazenamento de mapas, tabelas, parâmetros, registros de apoio por IA e decisões humanas. Nessa configuração, a base institucional deixa de funcionar apenas como arquivo de resultados e passa a atuar como memória técnica reaproveitável em avaliações futuras.

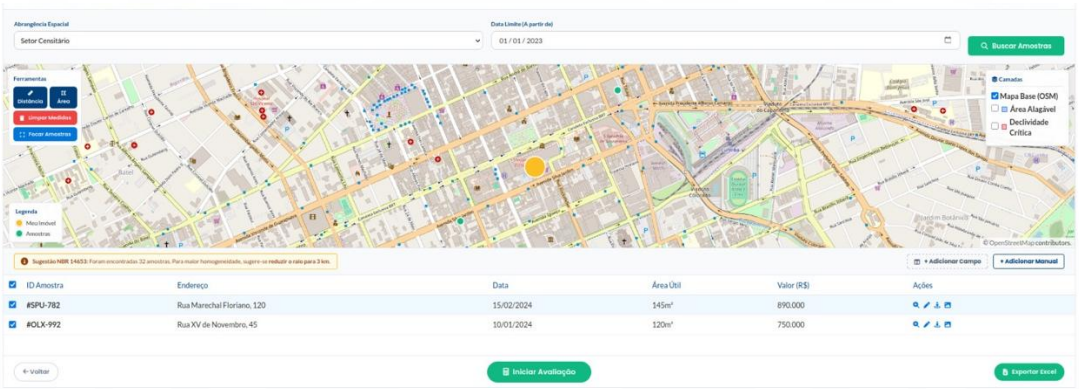
4.6 Aplicação prática

Para verificar a operacionalização do fluxo proposto, foi executado um caso demonstrativo no módulo de avaliação urbana, contemplando a busca e qualificação espacial de amostras e sua posterior modelagem estatística. O ensaio permite avaliar a execução integrada das etapas previstas pelo OMI, embora ainda não constitua uma comparação sistemática de desempenho com o procedimento convencional da SPU.

A Figura 4 apresenta a interface de busca de amostras urbanas. Nessa etapa, o sistema integra base cartográfica, filtros espaciais e registros amostrais de mercado, permitindo ao avaliador visualizar simultaneamente o imóvel em análise, a distribuição territorial das amostras e os atributos mínimos necessários à triagem inicial. No exemplo ilustrado, a busca foi delimitada espacialmente pelo setor censitário e por data-limite de observação. Cada registro amostral mantém localização geográfica e atributos mínimos para análise, incluindo identificação, endereço, data de coleta, área útil e valor anunciado. A distribuição espacial é apresentada simultaneamente em mapa e tabela, permitindo ao avaliador verificar concentração, dispersão e aderência territorial das amostras antes da modelagem. A interface também apresenta sugestão automática de homogeneização amostral com base na NBR 14653,

indicando ajuste do raio de busca para melhorar a comparabilidade do conjunto. Trata-se de um apoio técnico relevante, pois reduz o esforço manual de localização, filtragem e consolidação de registros, sem eliminar a necessidade de validação humana quanto à pertinência das amostras selecionadas.

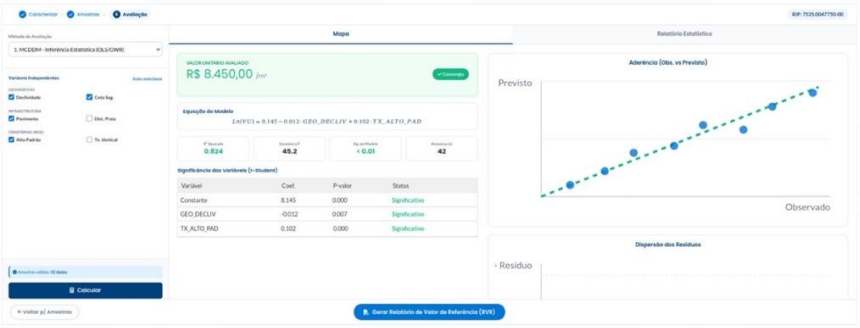
Figura 4 – Interface de busca e qualificação espacial de amostras na avaliação urbana.



Fonte: elaboração própria.

A Figura 5 mostra a etapa de avaliação com amostras válidas e variáveis independentes selecionadas. Nessa interface, o sistema organiza a inferência estatístico, exibindo método de avaliação, variáveis utilizadas, valor unitário estimado, equação do modelo, métricas de ajuste e gráficos de aderência e dispersão dos resíduos. No ensaio apresentado, 42 amostras permaneceram válidas após a etapa de qualificação e o modelo estimou valor unitário de R$ 8.450,00/m². A interface apresenta a equação ajustada, os coeficientes das variáveis, métricas de ajuste e gráficos de aderência e dispersão dos resíduos. Esses resultados demonstram a execução integrada do fluxo amostra–modelo–resultado no protótipo; não permitem, entretanto, concluir sobre ganho de produtividade ou redução de tempo em relação ao procedimento convencional, aspectos ainda sujeitos à validação operacional. O protótipo atual do módulo urbano operacionaliza a Regressão Linear Múltipla (RLM), em aderência à NBR 14653-2 (ABNT, 2011), mantendo a IA como apoio à etapa preparatória e à identificação de inconsistências.

Figura 5 – Interface de busca e qualificação espacial de amostras na avaliação urbana.



Fonte: elaboração própria.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adoção de IA, por si só, não resolve limitações estruturais do processo avaliativo, como cadastros desatualizados, fragmentação informacional ou fragilidade amostral. No contexto da SPU, a viabilidade do OMI depende de base georreferenciada consistente, integração entre

registros e governança compatível com as normas técnicas aplicáveis à avaliação de bens. A proposta do OMI estrutura esse caminho ao integrar raspagem de amostras, avaliação urbana, avaliação rural, avaliação de ilhas, PGV, base georreferenciada e painéis operacionais. O fluxo em quatro blocos cria continuidade entre demanda, caracterização, dados, análise, validação e relatório. No protótipo, essa organização permite vincular resultados às amostras, variáveis, cálculos e decisões que os originaram, ampliando sua rastreabilidade. A eventual redução de retrabalho e de tempo operacional deverá ser mensurada durante a aplicação da solução em avaliações reais.

A contribuição central do OMI não está na automação do valor final, mas na organização de uma memória técnica rastreável e reutilizável. O protótipo demonstra a possibilidade de manter amostras, parâmetros, decisões e produtos técnicos vinculados ao processo avaliativo. O impacto dessa estrutura sobre produtividade, consistência entre avaliações e reaproveitamento de informações deverá ser verificado na etapa de uso institucional.

Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14653-1: Avaliação de bens: parte 1: procedimentos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2019a.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14653-2: Avaliação de bens: parte 2: imóveis urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14653-3: Avaliação de bens: parte 3: imóveis rurais e seus componentes. Rio de Janeiro: ABNT, 2019b.

BRASIL. Decreto nº 9.310, de 15 de março de 2018. Institui as normas gerais e os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana e estabelece os procedimentos para a avaliação e a alienação dos imóveis da União. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 16 mar. 2018a. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9310.htm>. Acesso em: 28 jun. 2026.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 15 ago. 2018b. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm>. Acesso em: 28 jun. 2026.

BRASIL. Decreto nº 10.046, de 9 de outubro de 2019. Dispõe sobre a governança no compartilhamento de dados no âmbito da administração pública federal. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 10 out. 2019. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d10046.htm>. Acesso em: 28 jun. 2026.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Portaria nº 3.242, de 9 de novembro de 2022. Aprova as diretrizes para a criação, a instituição e a atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário - CTM nos municípios brasileiros. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 11 nov. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/desenvolvimento-regional/OTM/portaria-3-242-de-9-de-novembro-de-2022.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2026.

BRASIL. Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos. SIAPA. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/gestao/pt-br/assuntos/patrimonio-da-uniao/transformacao-digital/siapa>. Acesso em: 28 jun. 2026.

BRASIL. Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos. O que é o SPUnet. Brasília, DF, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/gestao/pt-br/assuntos/patrimonio-da-uniao/transformacao-digital/o-que-e-o-spunet-1>. Acesso em: 28 jun. 2026.

BREIMAN, L. *Random forests*. *Machine Learning*, v. 45, n. 1, p. 5-32, 2001. DOI: 10.1023/A:1010933404324.

GEBRU, T.; MORGENSTERN, J.; VECCHIONE, B.; VAUGHAN, J. W.; WALLACH, H.; DAUMÉ III, H.; CRAWFORD, K. Datasheets for datasets. Communications of the ACM, v. 64, n. 12, p. 86-92, 2021. DOI: 10.1145/3458723.

IAAO - INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ASSESSING OFFICERS. *Standard on Mass Appraisal of Real Property*. Revised 2025. Kansas City: IAAO, 2025. Disponível em: <https://www.iaao.org/wp-content/uploads/Standard_on_Mass_Appraisal.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2026.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 19152-1:2024: Geographic information: *Land Administration Domain Model* (LADM): part 1: generic conceptual model. Geneva: ISO, 2024.

ISO; IEC - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION; INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. ISO/IEC 23894:2023: Information technology: artificial intelligence: guidance on risk management. Geneva: ISO/IEC, 2023a.

ISO; IEC - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION; INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. ISO/IEC 42001:2023: Information technology: artificial intelligence: management system. Geneva: ISO/IEC, 2023b.

LUNDBERG, S. M.; LEE, S.-I. A unified approach to interpreting model predictions. In: ADVANCES IN NEURAL INFORMATION PROCESSING SYSTEMS, 30., 2017, Long Beach. Proceedings [...]. Red Hook: Curran Associates, 2017. p. 4765-4774.

MITCHELL, M.; WU, S.; ZALDIVAR, A.; BARNES, P.; VASSERMAN, L.; HUTCHINSON, B.; SPITZER, E.; RAJI, I. D.; GEBRU, T. Model cards for model reporting. In: CONFERENCE ON FAIRNESS, ACCOUNTABILITY, AND TRANSPARENCY, 2019, Atlanta. Proceedings [...]. New York: ACM, 2019. p. 220-229. DOI: 10.1145/3287560.3287596.

NIST - NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. *Artificial Intelligence Risk Management Framework* (AI RMF 1.0). Gaithersburg: NIST, 2023. DOI: 10.6028/NIST.AI.100-1.

OCDE - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Recommendation of the Council on Artificial Intelligence. OECD/LEGAL/0449. Paris: OECD, 2019, alterada em 2024. Disponível em: <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449>. Acesso em: 28 jun. 2026.

OMG - OBJECT MANAGEMENT GROUP. *Business Process Model and Notation* (BPMN), Version 2.0.2. Needham: OMG, 2013. Disponível em: <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0.2/PDF/>. Acesso em: 28 jun. 2026.

RIBEIRO, M. T.; SINGH, S.; GUESTRIN, C. Why should I trust you? Explaining the predictions of any classifier. In: ACM SIGKDD INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE DISCOVERY AND DATA MINING, 22., 2016, San Francisco. Proceedings [...]. New York: ACM, 2016. p. 1135-1144. DOI: 10.1145/2939672.2939778.

ROSEN, S. *Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition*. Journal of Political Economy, v. 82, n. 1, p. 34-55, 1974. DOI: 10.1086/260169.

UNESCO - UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. *Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence*. Paris: UNESCO, 2021. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137>. Acesso em: 28 jun. 2026.

WILLIAMSON, I.; ENEMARK, S.; WALLACE, J.; RAJABIFARD, A. *Land Administration for Sustainable Development*. Redlands: ESRI Press, 2010.

WIRTZ, B. W.; WEYERER, J. C.; GEYER, C. *Artificial intelligence and the public sector: applications and challenges*. International Journal of Public Administration, v. 42, n. 7, p. 596-615, 2019. DOI: 10.1080/01900692.2018.1498103.