



ANÁLISIS DE LAS PRINCIPALES NORMAS BRASILEÑAS PARA LA AUDITORÍA DE DATOS GEOESPACIALES

Aplicación a casos prácticos

Luiz Carlos Teixeira Coelho

Posdoctorado en visión computacional por el Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada (IMPA). Posdoctorado en sistemas de información geográfica por la Universitat Politècnica de València (UPV), en España. Doctor en planificación urbana y regional por la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ). Máster en Informática por la Universidad Federal de Amazonas (UFAM). Licenciado en Ingeniería Cartográfica por el Instituto Militar de Ingeniería (IME). Auditor de Control Externo – Especialidad Ingeniería del Tribunal de Cuentas del Municipio de Río de Janeiro (TCM/RJ), cedido, como investigador, al Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP). Profesor adjunto de la Universidad Estatal de Río de Janeiro (UERJ). Profesor colaborador del Programa de Posgrado en Ingeniería Urbana de la UFRJ. Sacerdote de la Iglesia Episcopal Anglicana de Brasil (IEAB).

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/6920722851435707>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4466-9772>

Correo electrónico: luiz.coelho@eng.uerj.br

Leonardo Vieira Barbalho

Doctorando en ingeniería geomática por la Universitat Politècnica de València (UPV), en España. Máster en Ingeniería Urbana por la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ). Experto en Topografía y Teledetección por Unyead Educacional S.A. Especialista en Geoprocesamiento por Unyead Educacional S.A. Licenciado en Ingeniería Cartográfica por la Universidad Estatal de Río de Janeiro (UERJ). Profesor adjunto de la UFRJ.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5682401830729391>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2938-7934>

Correo electrónico: leonardovb@poli.ufrj.br

Jonatas Goulart Marinho Falcão

Estudiante del Máster en Ingeniería Urbana por la Escuela Politécnica de la Universidad Federal de Río de Janeiro (Poli-UFRJ). Licenciado en Ingeniería Cartográfica por la Universidad Estatal de Río de Janeiro (UERJ). Analista en Reforma y Desarrollo Agrario del Instituto Nacional de Colonización y Reforma Agraria (INCRA).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3900033646808329>

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-8515-7179>

Correo electrónico: jonatasgmf@gmail.com

**Louise Gil Soares Ferreira**

Estudiante del Máster en Ingeniería Urbana en la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ). Licenciada en Ingeniería Cartográfica por la Universidad Estatal de Río de Janeiro (UERJ).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5374012622220824>

Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-6004-1230>

Correo electrónico: gillouise1999@gmail.com

Yara Vieira Lopes

Estudiante de grado en Ingeniería Cartográfica en la Universidad Estatal de Río de Janeiro (UERJ).

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/3220015061799933>

Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-0197-885X>

Correo electrónico: yaravieiralopes@gmail.com

Andrew Santana da Silva

Licenciado en Ingeniería Cartográfica por la Universidad Estatal de Río de Janeiro (UERJ). Funcionario de la UERJ.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6796305480381154>

Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-7064-1059>

Correo electrónico: andrewuerj@gmail.com

Gabriel Marcial de Paiva

Graduado em engenharia cartográfica pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Servidor da UERJ. Engenheiro de dados da NTT DATA Nippon Telegraph and Telephone (NTT).

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/7822973847032424>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2107-8539>

Correo electrónico: gmarcial228@gmail.com

Cesar Vicente da Costa

Licenciado en Ingeniería Cartográfica por la Universidad Estatal de Río de Janeiro (UERJ). Ingeniero de producción.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0519013935870344>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7222-5370>

Correo electrónico: cesarvicentecosta@gmail.com

RESUMEN

A medida que la geoinformación se digitaliza y la actuación del Estado en la producción de datos geoespaciales disminuye, la responsabilidad de generar mapas y sistemas de información geográfica recae principalmente en la iniciativa privada, mediante contratos. Este panorama plantea grandes desafíos para la fiscalización y los órganos de control. El objetivo central de este artículo es analizar las principales normas brasileñas de control de calidad relativas a la adquisición y puesta a disposición de datos geoespaciales, con el fin de extraer de ellas criterios objetivos que puedan utilizarse para fiscalizar contratos y aplicar la geoinformación en la gestión pública. Como objetivo secundario, se pretende presentar casos prácticos sobre la



aplicación de estas normas y orientaciones para auditores y fiscales mediante experimentos que los funcionarios públicos puedan replicar fácilmente. La investigación adoptó una metodología documental y aplicada con fines explicativos y un enfoque cualitativo. Los resultados mostraron variaciones significativas en la idoneidad de los productos geoespaciales adquiridos por las autoridades públicas y reforzaron la necesidad de cumplir las normas para mejorar la calidad de los datos geoespaciales utilizados en la toma de decisiones, la elaboración de contratos y la fiscalización de los servicios especializados que generan y difunden información geográfica. Por lo tanto, la contribución de este estudio no está destinada a expertos, sino a usuarios y gestores públicos involucrados en actividades de fiscalización y auditoría.

Palabras clave: datos geoespaciales; cartografía digital; imágenes satelitales; fiscalización; contratación pública; control de la administración pública.

Enviado el: 10 de julio de 2024.

Aceptado el: 5 de diciembre de 2025.

1 INTRODUCCIÓN

Históricamente, la producción de datos geoespaciales estaba a cargo, en gran medida, de instituciones como el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), la Dirección de Servicio Geográfico del Ejército Brasileño (DSG), el Instituto Nacional de Colonización y Reforma Agraria (INCRA) y la Superintendencia de Desarrollo del Nordeste (SUDENE). Es decir, si bien los datos de origen —en su mayoría fotogramétricos y geodésicos— se obtenían a través de empresas de levantamiento contratadas mediante licitación pública, gran parte del procesamiento de esta información y la generación de productos derivados se llevaba a cabo dentro de la propia institución pública, que aplicaba sus propios procedimientos de control de calidad y flujos de producción.

Sin embargo, en las últimas décadas, la producción geoespacial en Brasil ha experimentado una notable dinamización, marcada por el crecimiento del número de empresas privadas que producen, gestionan y distribuyen esta información. Este movimiento no solo se produce a través de contratos con la Administración Pública, sino también como respuesta a la creciente demanda de inteligencia geográfica por parte de la iniciativa privada. Esta dinamización se debe a varios factores:

- La reforma de la Administración Pública, especialmente tras la Enmienda Constitucional (EC) 19, de 4 de junio de 1998 (Brasil, 1998a), tenía como objetivo, entre otros, racionalizar la gestión estatal, definir con mayor precisión las actividades exclusivas del Estado, establecer límites entre las administraciones directas e indirectas e incentivar la colaboración entre el sector privado y el poder público (Brasil, 1998b). Como consecuencia, la producción de información geográfica temática pasó a subcontratarse cada vez más por órganos y instituciones autónomas, correspondiendo al funcionario público acompañar y fiscalizar la implementación de estos contratos. Este impacto se extiende incluso a la producción de información geográfica básica, ya que la reducción del aparato estatal ha obligado a los funcionarios a realizar actividades de fiscalización del procesamiento de datos geoespaciales, así como a desarrollar nuevas metodologías y a llevar a cabo investigaciones científicas;



- La implementación del Ministerio de Ciudades (MCID) y el consiguiente incentivo al desarrollo del Registro Territorial Multifinalitario (CTM) a nivel nacional se conciben como una política pública de desarrollo económico y social (Loch; Erba, 2007, p. 137-139). Todo CTM exige un componente denominado “registro físico”, en el que se integran el registro jurídico (información registral), el registro económico (especialmente planos genéricos de valores) y otros tipos de registros temáticos (Amorim; Pelegrina; Julião, 2018). El impulso de la georreferenciación de inmuebles urbanos y rurales ha llevado a los municipios y propietarios a contratar servicios de topografía, geodesia y aerofotogrametría en proporciones cada vez mayores (Erba, Oliveira ; Lima Jr., 2005). La descentralización de la producción de datos geoespaciales implica, a menudo, la contratación de servicios especializados de geoinformación por parte de órganos y entidades de menor tamaño que, con frecuencia, no cuentan con personal técnico especializado (Erba; Piumetto, 2021);
- El advenimiento del Sistema Nacional de Gestión de Información Territorial (SINTER) ha supuesto la integración de los diferentes registros inmobiliarios de Brasil (Breves; Peres; Cruz, 2018). El SINTER se propone como una estructura modular alojada en la nube que tiene como objetivo reunir y poner a disposición información geográfica relativa a la propiedad inmobiliaria en todo el país, integrando los diferentes CTM y ofreciendo aún más posibilidades de generación, intercambio y procesamiento de datos geoespaciales;
- La implementación de la Infraestructura Nacional de Datos Geoespaciales (INDE) como política pública legalmente instituida por el Decreto Presidencial 6.666, de 27 de noviembre de 2008, organizó y puso a disposición datos geoespaciales de forma integrada en Brasil. El sistema facilita el acceso a información cartográfica, geodésica y geoespacial, y promueve la interoperabilidad entre diferentes órganos e instituciones (Brasil, 2010, p. 89). La INDE se ocupa de la estandarización, el almacenamiento y la recopilación de datos geográficos (Brasil, 2010);
- El avance de la tecnología de cartografía digital y de los sistemas de información geográfica, especialmente en lo referente a los geoservicios a través de la web (Longley, Goodchild, Maguire; Rhind, 2015, p. 233), permite visualizar y analizar datos geoespaciales, mapas temáticos y datos de imágenes (mosaicos de imágenes aéreas o satelitales, así como imágenes captadas por drones). A esta revolución digital se suma la posibilidad de llevar a cabo muchas de estas tareas mediante software libre y el uso de estándares abiertos de interoperabilidad, especialmente los definidos por el Open Geospatial Consortium (OGC). Estas transformaciones en el campo de las geotecnologías han facilitado su uso en diversas esferas de la Administración pública, aunque a veces van acompañadas de redundancias y solapamientos de atribuciones.

La lista presentada resume, sin agotar el tema, las principales transformaciones relacionadas con la producción de datos geoespaciales de las últimas dos décadas. Gracias al impulso propiciado por las políticas públicas de democratización de la geoinformación, la llegada de nuevas tecnologías y la existencia de múltiples estándares abiertos, es posible vislumbrar un escenario en el que la información geográfica se produce en diferentes contextos y como parte de innumerables contratos celebrados con la Administración pública.



Sin embargo, esta ubicuidad plantea grandes desafíos al agente público, tanto al encargado de fiscalizar dichos contratos como al responsable del control interno o externo de la Administración pública. Los contratos de producción y análisis de geoinformación pueden ser relativamente costosos, especialmente aquellos dedicados a la generación de cartografía básica, como restitución fotogramétrica e integración personalizada de bases de datos geoespaciales para su visualización y análisis por parte de los órganos gubernamentales. Aunque las herramientas de geoinformación ya se utilizan para apoyar la toma de decisiones en los órganos de control externo, como atestiguan Coelho y Fornelos (2012) y Ferraz et al. (2015), su uso sigue estando restringido a núcleos específicos de auditoría (Mbura, Siriba; Karanja, 2023; INTOSAI, 2013), sin haberse difundido ampliamente entre los demás órganos de fiscalización o control.

Entre los principales riesgos relacionados con una fiscalización o un control deficientes de estos flujos productivos, cabe destacar la obtención de productos de peor calidad de la esperada, el intercambio limitado de datos intermedios y finales y la falta de interoperabilidad, que condiciona los usos y análisis de la geoinformación adquirida a soluciones de software específicas y a implementaciones desarrolladas por empresas contratadas, sometiendo así a la Administración pública a una dependencia continua de los mismos proveedores. Como resultado, el panorama que se presenta plantea enormes desafíos para el gestor público encargado de la fiscalización, la auditoría, el seguimiento de los contratos y la implementación de políticas públicas que implican geoinformación en sus múltiples formas.

A la luz de estos desafíos, el objetivo principal de este artículo es presentar un análisis de las principales normas relativas a la adquisición y puesta a disposición de datos geoespaciales, con el fin de extraer de ellas criterios objetivos que puedan utilizarse para supervisar contratos y aplicar la geoinformación a la gestión pública. Como objetivo secundario, el artículo pretende mostrar algunos ejemplos de tareas relativamente sencillas y realizables por el gestor público en actividades de fiscalización y control.

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA

Las normas relativas a la calidad de los datos geoespaciales desempeñan un papel crucial en la estandarización y evaluación de la calidad del trabajo de generación y difusión de dichos datos. Cada una de ellas establece directrices y fundamentos para las actividades cartográficas y afines con el objetivo de alcanzar la eficiencia y la racionalidad a nivel nacional.

Durante muchos años, los principales procedimientos para tratar la geoinformación se recopilaron en manuales elaborados principalmente por la DSG y el IBGE. Otros órganos y otras instituciones cartográficas de las Fuerzas Armadas tenían sus propios procedimientos y rutinas internas.

La creación de la Comisión Nacional de Cartografía (CONCAR) propició la integración de representantes de diferentes órganos de la Administración pública y estableció atribuciones bien definidas, entre ellas la armonización de las normas para la producción, difusión e intercambio de datos geoespaciales (Brasil, 1997). A lo largo de la primera década del siglo XXI, en las reuniones de la CONCAR se maduraron unas especificaciones técnicas que se detallaron



y perfeccionaron en la década siguiente, y que se editaron y compartieron en el Geoportal del Ejército Brasileño (Brasil, 2024). La DSG es responsable de elaborar normas sobre cartografía nacional en escalas de 1:250.000 y superiores, mientras que el IBGE se encarga de definir normas para la red geodésica de referencia y la cartografía en escalas superiores a 1:250.000 (Brasil, 1967). Por tanto, la DSG es responsable de consolidar y actualizar las diferentes normas acordadas en el ámbito de la CONCAR a la luz del desarrollo de la información geoespacial.

A continuación, se presentan las principales normas vigentes y sus puntos más relevantes para el agente público encargado de supervisar o auditar contratos de geoinformación. Con el fin de abarcar el mayor ámbito posible, se han descrito todas las normas relativas a la calidad de los datos geoespaciales facilitadas por la CONCAR, que son, por tanto, vinculantes para todo el territorio nacional. Estas son: Especificación Técnica para la Adquisición de Datos Geoespaciales Vectoriales (ET-ADGV) (Brasil, 2018); Especificación Técnica para la Estructuración de Datos Geoespaciales Vectoriales (ET-EDGV) (Brasil, 2017); Especificación Técnica para el Control de Calidad de Datos Geoespaciales (ET-CQDG) (Brasil, 2016a); Especificación Técnica para Productos de Conjuntos de Datos Geoespaciales (ET-PCDG) (Brasil, 2016b); y una norma de transición, utilizada mientras se espera su sustitución por el Manual Técnico de Convenciones Cartográficas T34-700 (Brasil, 2002). A estas normas se suma un amplio conjunto de directrices y procedimientos implementados por los entes federativos que quedan fuera del alcance de este artículo.

2.1 Especificación Técnica para la Adquisición de Datos Geoespaciales Vectoriales

El objetivo de esta norma es establecer directrices para la adquisición de datos geoespaciales vectoriales según las atribuciones de clase de objetos de la ET-EDGV. La ET-ADGV incluye la geometría y otros atributos esenciales para la individualización de las instancias.

Su adopción se hizo necesaria con el avance del geoprocesamiento y la cartografía digital, especialmente en el contexto de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), cuando se reconoció la importancia de definir reglas para la adquisición de la geometría de los datos geoespaciales y de sus atributos relacionados. El objetivo es garantizar la estandarización y la orientación del proceso de adquisición de diversos tipos de datos geoespaciales vectoriales. Esta homogeneización abarca todos los métodos de adquisición de datos, como los levantamientos de campo, las fotografías aéreas y las imágenes de sensores orbitales, ya que presentan similitudes.

La norma aborda temas esenciales y proporciona parámetros para la adquisición de vectores y la composición de objetos complejos. También establece reglas para la cobertura del suelo y menciona y define características vectoriales. El objetivo de estas directrices es dotar de coherencia y eficacia al proceso de adquisición de datos geoespaciales vectoriales, contribuyendo a la interoperabilidad y a la calidad de la información. La primera versión de amplia difusión fue la ET-ADGV 2010 v. 2.1.3, que se desarrolló en paralelo a la ET-EDGV 2010 v. 2.1.3. Desde entonces, la ET-ADGV se ha perfeccionado y se encuentra actualmente en la versión 3.0, de 2018 (Brasil, 2024).



2.1.1 Criterios para la adquisición de entidades geográficas

A continuación se presentan algunos criterios de gran importancia para la adquisición de datos geoespaciales.

- **Escala:** en lo que respecta a la escala utilizada, se establecen las entidades geográficas que deben adquirirse. Para saber si una entidad geográfica es representable en la escala de adquisición obtenida, se calcula, por regla de tres, si tiene un radio de topología de 0,04 mm en la escala de adquisición, según lo define la ET-CQDG (Brasil, 2016). Por ejemplo, una alcantarilla de 45 cm (450 mm) de diámetro debe representarse a escala 1:2.000, ya que $450/2000 = 0,225$ mm. Sin embargo, no es necesario realizar este cálculo para cada instancia en el proceso de definición de las entidades geográficas que se van a adquirir. La Tabla 1 resume algunos ejemplos de entidades geográficas mediante código y clase según la ET-EDGV, con las escalas previstas para la adquisición de la clase y el tipo de geometría que se utilizará en esa escala (punto, línea o polígono), de acuerdo con los valores límite enumerados en la tabla, en mm o mm² (en el caso de las áreas). Por ejemplo: una represa siempre debe representarse en todas las escalas, utilizando su límite, si el área en la escala del mapa es mayor que 12,5 mm². Si el área es menor, pero la mayor dimensión longitudinal es mayor que 0,8 mm (en la escala del mapa), debe representarse como una línea. En otros casos, debe representarse solo como un punto, asociado a una determinada celda o icono de identificación.

Tabla 1 – Ejemplos de entidades geográficas y sus posibles representaciones

Código	Clase	Escala	Área	Línea	Punto
1.1.9	Hidroeléctrica	todas	1	1	X
1.1.11	Termoeléctrica	todas	1	-	X
1.1.13	Torre_Energía	1:1 a 1:25.000	-	-	X
1.2.2	Ext_Mineral	todas	25	-	X
1.3.1	Área_Húmeda	todas	25	-	-
1.3.3	Represa	todas	12,5	0,8	X
1.3.9	Fuente_De_Agua	1:1 a 1:100.000	-	-	X
1.4.14	Municipio	todas	ND*	-	-
1.4.18	Territorio_Indígena	todas	ND*	-	-
1.4.20	Unidad_Conservación	todas	ND*	-	-



Código	Clase	Escala	Área	Línea	Punto
1.6.3	Vertedero	todas	4	2	X
1.6.4	Corte	todas	4	2	X
1.6.6	Curva_Nivel	todas	-	ND*	-
1.8.12	Puente	todas	12,5	0,8	X
1.8.16	Túnel	todas	12,5	0,8	X
2.4.3	Edificación	1:1 a 1:100.000	1	-	X
2.5.1	Acceso	1:1 a 1:25.000	12,5	5	X
2.5.2	Carril bici	1:1 a 1:50.000	-	10	-

Fuente: ET-ADGV (Brasil, 2018).

- Nivel de adquisición: para garantizar la adopción coherente de la norma, independientemente del nivel de adquisición, los objetos se recopilan según las especificaciones de cada proyecto. Así, se definen tres niveles de adquisición: *i)* básico: producto cartográfico preliminar en el que solo se recopilan la geometría y el atributo “geometría aproximada”; *ii)* estándar: producto cartográfico en el que se recopilan todos los atributos obligatorios, de acuerdo con las directrices de la norma; y *iii)* personalizado: producto cartográfico en el que se recopila un conjunto de atributos opcionales de interés para el proyecto específico.
- Cobertura del suelo: la superficie que se va a cartografiar debe tener su topología de polígonos validada y estar totalmente cubierta, es decir, sin espacios vacíos en la cartografía. Estas clases representan la “cobertura del suelo”, que abarca los elementos naturales y artificiales de la superficie terrestre, y siguen la clasificación establecida en el Manual Técnico de Uso del Suelo (MTUT, por sus siglas en portugués), editado por el IBGE (Brasil, 2006), que comprende el área construida, la vegetación cultivada, la vegetación natural, el terreno expuesto y la masa de agua.

2.1.2 Adquisición de atributos de las entidades geográficas

Para poder adquirir las geometrías y clasificarlas correctamente, el operador debe conocer el modelo de datos (EDGV) y las reglas de adquisición (ADGV). Las orientaciones para la adquisición de cada tipo de objeto se definen en tablas que muestran los aspectos principales de la creación de los atributos, como se detalla a continuación.



- Clase - clasificación de las entidades geográficas, según la norma EDGV.
- Código - código, según la norma EDGV.
- Geometría - posibles opciones de primitivas geométricas, que pueden definirse como área (□), línea (—), punto (★) o complejo (C) (objeto ensamblado).
- Método - descripción de las reglas de adquisición, distribuidas entre definición breve – introducción de la clase; reglas – conjunto de reglas de adquisición; atributos obligatorios – deben adquirirse según la norma o ser relevantes en algún contexto de especialización; relaciones – posibles relaciones importantes en el ensamblaje del objeto, siendo opcionales; caso específico n° x – adquisición de alguna clase específica, que puede tener líneas adicionales.
- Ilustración - cada descriptor puede tener una o más figuras que ilustren el proceso de adquisición de la clase descrita.

Se deben evitar las incoherencias en los atributos descriptivos al completar los datos, ya que los valores incompatibles entre sí pueden interferir en la precisión de la información del producto.

Además, es necesario adoptar reglas para la denominación de los atributos, ya que en la mayoría de los formatos en los que se ponen a disposición los datos geoespaciales, como Shapefile (ESRI), no se permiten representaciones complejas ni caracteres especiales, y solo se computan hasta diez caracteres.

La Figura 1 muestra un ejemplo de adquisición de entidades geográficas para una zona densamente urbanizada. A lo largo de todo el manual hay ejemplos de cada una de las entidades geográficas contemplados en la norma, lo que hace que el trabajo resulte bastante lógico, aunque a veces arduo.



Figura 1 – Ejemplos de entidades geográficas y sus posibles representaciones

Classe	Código	Geometria
Area_Densamente_Edificada	1.4.5	□
Método	Ilustração	
<p>Área cuja proximidade das estruturas não permite a sua representação individualizada, mas sim o contorno da área do conjunto.</p> <p>Regras: 1) Primitiva geométrica do tipo área conforme descrito na Tabela 1; 2) Esta classe normalmente ocorre em pequenas escalas.</p> <p>Atributos obrigatórios: geometriaAproximada = V F.</p>		

Fonte: ET-ADGV (Brasil, 2018).

2.2 Especificación Técnica para la Estructuración de Datos Geoespaciales Vectoriales

La ET-EDGV tiene un desempeño crucial en el contexto del Mapeo Sistemático Terrestre, que forma parte integrante del Sistema Cartográfico Nacional (SCN), norma incorporada a la INDE.

Su finalidad principal es establecer una norma que organice, simplifique y promueva la interoperabilidad de las estructuras de datos geoespaciales vectoriales en Brasil. El objetivo es facilitar el intercambio eficiente de información oficial, especialmente la utilizada para elaborar mapas a escala 1:1.000 y menores. De esta forma, se garantiza la integración cohesionada de estos datos en una base de datos espacial unificada.

Se trata de una especificación técnica dirigida a productores, desarrolladores, programadores de SIG y usuarios finales de datos geoespaciales. También está destinada a órganos e instituciones que se encargan de producir, mantener y usar datos cartográficos, con el fin de promover la estandarización y la interoperabilidad de esta información. También es relevante para los profesionales que se dedican



a la modelización conceptual y lógica de los datos geoespaciales vectoriales. Su desarrollo se produjo en paralelo al de la ET-ADGV, por lo que ambas se complementan mutuamente. Lo esencial es que, al adquirir información geográfica, esta ya esté estructurada según los estándares de interoperabilidad establecidos.

2.2.1 Características principales

A continuación se describen las características de la ET-EDGV que garantizan la calidad, precisión, coherencia y portabilidad de los datos geoespaciales, y facilitan la compatibilidad y el intercambio de información entre los órganos públicos y privados que participan en la producción y el uso de dichos datos.

- Estandarización: busca uniformizar las estructuras de datos geoespaciales vectoriales oficiales, especialmente en escalas de 1:1.000 e inferiores.
- Modelización orientada a objetos: utiliza técnicas de orientación a objetos, incorporando conceptos de UML 2.4.1 y OMT-G.
- Interoperabilidad y uso compartido de datos: facilita el uso compartido de datos de referencia, promoviendo la interoperabilidad y la optimización de recursos.
- Actualización y agregación de información: permite la incorporación eficiente de nueva información y actualizaciones en la base cartográfica.
- Adopción de estándares internacionales: aumenta la adhesión a los estándares de intercambio de datos de la OGC.

2.2.2 Parámetros de calidad

La ET-EDGV aborda parámetros esenciales para datos geoespaciales vectoriales, que tienen como objetivo garantizar la coherencia, relevancia y exactitud de la información cartográfica en escalas de 1:1.000 y menores. Los principales se enumeran a continuación.

- Coherencia topológica: garantizada por el enfoque en aspectos específicos de la adquisición de datos y por la observación de características topológicas fundamentales durante la producción de datos.
- Actualización y mantenimiento de la calidad: se garantiza mediante la facilidad para agregar nueva información y actualizar los datos geoespaciales a lo largo del tiempo.
- Portabilidad de los archivos: se garantiza para permitir su uso en diferentes entornos y sistemas de información geográfica.



- Documentación de metadatos: exigida según las especificaciones del INDE, con el fin de garantizar la interoperabilidad y la reutilización de los datos.
- Estandarización de la simbología: definida por un conjunto uniforme de símbolos que representan cada categoría de características geoespaciales, para lograr la coherencia visual de los datos.
- Precisión de los datos: lograda mediante requisitos establecidos para garantizar la exactitud de las representaciones cartográficas en escalas de 1:1.000 y menores.

2.3 Especificación Técnica para el Control de Calidad de Datos Geoespaciales

El propósito principal de la ET-CQDG es proporcionar un enfoque estandarizado para la evaluación de la calidad de los productos que componen los conjuntos de datos geoespaciales integrados en el SCN de Brasil. La estandarización permite comparar los conjuntos de datos evaluados, ya que utiliza una estructura común. Además del objetivo central, cabe destacar otros objetivos secundarios, tales como:

- establecer definiciones relacionadas con la evaluación de la calidad de los productos geoespaciales;
- describir las medidas empleadas en la evaluación de la calidad;
- detallar los procedimientos utilizados en la evaluación;
- definir las directrices para la presentación de informes sobre la calidad; y
- presentar los parámetros de cumplimiento destinados a los productos de referencia en el contexto brasileño.

El concepto de calidad puede entenderse como el cumplimiento con una especificación. En la actualidad, está intrínsecamente asociado a la capacidad de un producto o servicio para satisfacer las necesidades del cliente (Servigne, Lesage; Libourel, 2006). A pesar de la reducción de los costos relacionados con la recopilación y el procesamiento de información geográfica derivada de la aparición de nuevas tecnologías, la evaluación de la calidad de los datos geográficos es crucial para hacer viable la integración de la información recopilada.

Básicamente, la información sobre datos se puede clasificar de la siguiente manera:

- información no cuantitativa de la calidad: se refiere a información de carácter general, de gran relevancia para comprender el propósito y el historial de los datos, así como



para contemplar otros posibles usos en aplicaciones distintas de las que se suelen considerar; e

- información cuantitativa de la calidad: se refiere a los comportamientos de la información geográfica (IG) que se pueden medir. Se detallan mediante los elementos de calidad, conocidos como componentes de la calidad de los datos geográficos.

2.3.1 Conceptos principales abordados

El ET-CQDG tiene cinco parámetros principales de control de calidad, a saber: completitud, consistencia lógica, precisión posicional, precisión temporal y precisión temática.

La completitud de la información geográfica se refiere a la presencia o ausencia de entidades geográficas y está vinculada a la alineación con el modelo de datos (ET-EDGV) y a la especificación de adquisición de datos (ET-ADGV). La calidad se ve afectada por la completitud, tanto por exceso, cuando hay entidades geográficas innecesarias, como por defecto, cuando se omiten entidades geográficas necesarios. A continuación, se explican los procedimientos relativos al análisis de cada tipo.

- En el análisis por exceso, se cuenta la cantidad de objetos presentes en la muestra (n_1) que no tienen correspondencia en la muestra de referencia (tamaño n). El resultado de la medición es la proporción n_1/n , expresada como porcentaje de 0 a 100 % (Brasil, 2016).
- En el análisis por omisión, se realiza un procedimiento similar al anterior, contando, en este caso, la cantidad de objetos ausentes en la muestra y evaluando el porcentaje de omisiones.

Como ejemplo, se puede citar una restitución fotogramétrica o vectorización sobre ortoimagen, con el fin de identificar piscinas para tributación. El error por exceso comprende la inserción de piscinas que no existen en la base. El error por omisión comprende la falta de registros de piscinas existentes. En ambos casos, la base de información geográfica debe ser coherente con la realidad, de lo contrario se producirá un sobrepuesto a algunos contribuyentes (exceso) o una renuncia a ingresos (omisión) por parte del municipio.

La coherencia lógica se refiere al cumplimiento de las reglas lógicas de la estructura, los atributos y las relaciones de los datos, teniendo en cuenta aspectos conceptuales, físicos y lógicos. Las respectivas categorías se explican a continuación.

- En la coherencia conceptual, se verifica la compatibilidad entre el producto ofrecido y sus requisitos originales. Por ejemplo, en un mosaico de ortoimágenes, se espera que estas tengan una determinada resolución espacial y número de bandas. No hay coherencia conceptual si no se cumplen dichos parámetros mínimos.



- En la coherencia de dominio, se identifican los atributos no geoespaciales que se han completado, calculando una proporción de atributos sin completar. Es decir, a partir de la estructura prevista en la ET-EDGV, la adquisición (modelada por la ET-ADGV) debe contemplar el relleno de atributos para cada entidad geográfica. En un control de calidad (ET-CQDG), se verifica si se han cumplido las reglas previstas en las dos normas anteriores o si hay campos que se han creado (estructura correcta), pero no se han completado (incoherencia de dominio).
- En cuanto a la coherencia del formato, se evalúa la compatibilidad entre el producto presentado y el estándar definido por la norma. Por ejemplo, para la producción de mapas digitales en escalas estándar, se define una hoja modelo que contiene una serie de leyendas con la información marginal necesaria, así como cuadrículas de coordenadas. En este caso específico, el requisito de consistencia de formato evalúa la pertinencia del producto presentado en relación con la hoja modelo.
- En la coherencia topológica, se evalúan las reglas de topología en los productos vectoriales, como el cierre de todos los polígonos (punto inicial coincidente con el final); la contigüidad de polígonos adyacentes (sin superposiciones ni espacios vacíos entre ambos); y la ruptura en nodos con entidades geográficas lineales. Como ejemplos de incoherencias topológicas que deben verificarse, destacan: curvas de nivel de diferentes altitudes que se cruzan; parcelas contiguas con superposición o espaciado; ejes de vías públicas que se cruzan entre sí sin la definición de un nodo.

La precisión posicional evalúa la calidad de la posición geográfica de las coordenadas de los datos geoespaciales y se clasifica en tres categorías: *i)* absoluta: discrepancia con respecto a fuentes más precisas; *ii)* relativa: no contemplada por la ET-CQDG; y *iii)* de la cuadrícula (grid): aplicada a mallas regulares. Es una de las métricas más antiguas, originada en el Estándar de Exactitud Cartográfica (PEC), desarrollado en la década de 1980 como instrumento para evaluar la calidad de los datos cartográficos (Brasil, 1984). En su versión actual, el Estándar de Precisión Posicional para Productos Cartográficos Digitales (PAP-PCD) se mide de la siguiente manera.

- 1) Selecionar pontos de controle com precisão pelo menos três vezes superior ao produto que será avaliado. Os pontos devem ser perfeitamente identificados no terreno e no produto. O tamanho da amostra é determinado pelo processo de avaliação.
- 2) Calcular o erro em cada componente planimétrica para o universo de pontos considerados. Os pontos do produto que serão testados são identificados pelo sufixo “t” e os pontos de referência (controle) são identificados pelo sufixo “r”.
- 3) Calcular a componente horizontal dos erros para cada ponto “i” da amostra. [...]
- 4) Calcular o erro médio quadrático (EMQH) dos erros da amostra. [...]



5) Comparar cada valor de eHi con o erro máximo admissível (EM) da tabela PEC para cada classe. O produto se enquadra onde tiver pelo menos 90% de pontos com erro inferior ao EM. Se nenhum valor for correspondente, o resultado será “não conforme” e encerra-se a medida.

6) Comparar o valor de EMQH com o erro-padrão da tabela PEC para a classe identificada no passo 5. Se for menor, o resultado é a classe encontrada no passo 5. Se for maior, caminha-se na tabela PEC até encontrar um valor menor ou, caso não seja encontrado, a medida resulta “não conforme” (Brasil, 2016).

Se observa, entonces, que se trata de un procedimiento estadístico destinado a evaluar la calidad de los datos a nivel de coordenadas, lo que permite clasificarlos según la precisión y exactitud esperadas. La Tabla 2 presenta un ejemplo de referencia, con valores de error máximo admisible y error estándar esperados.

Tabla 2 – Tabla de errores admisibles en escalas grandes

Tipo	PEC	1:1.000		1:2.000		1:5.000		1:10.000	
		EM	EP	EM	EP	EM	EP	EM	EP
Planimetria	A	0,28	0,17	0,56	0,34	1,40	0,85	2,80	1,70
	B	0,50	0,30	1,00	0,60	2,50	1,50	5,00	3,00
	C	0,80	0,50	1,60	1,00	4,00	2,50	8,00	5,00
	D	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00
Altimetria	A	0,27	0,17	0,27	0,17	0,54	0,34	1,35	0,84
	B	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,67	2,50	1,67
	C	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00
	D	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50

Fuente: ET-CQDG (Brasil, 2016).

2.3.2 Criterios de muestreo

El dimensionamiento de la muestra, en la inspección de un producto geoespacial, debe considerar varios criterios, incluyendo la cantidad de elementos (entidades geográficas) y su distribución espacial. El CQDG establece que la combinación de criterios contribuye a aumentar la representatividad de la muestra. El procedimiento adoptado por el CQDG sigue los planes de muestreo definidos en las normas ISO 2859-1 y 2859-2, incorporando un patrón de selección de elementos basado en celdas, que consiste en la división del espacio geográfico del producto.

En el enfoque de muestreo espacial, el producto evaluado se subdivide en celdas de 4 x 4 cm a escala del producto, formando una cuadrícula. Tras esta subdivisión, se evalúa cada celda para determinar si debe incluirse en la población que se va a evaluar en el lote. La norma define tres tipos de muestreo espacial, teniendo en cuenta el tipo de



elemento presente en el producto: muestreo de puntos de control posicional, muestreo de fenómenos continuos y muestreo de objetos.

2.4 Especificación Técnica para Productos de Conjuntos de Datos Geoespaciales

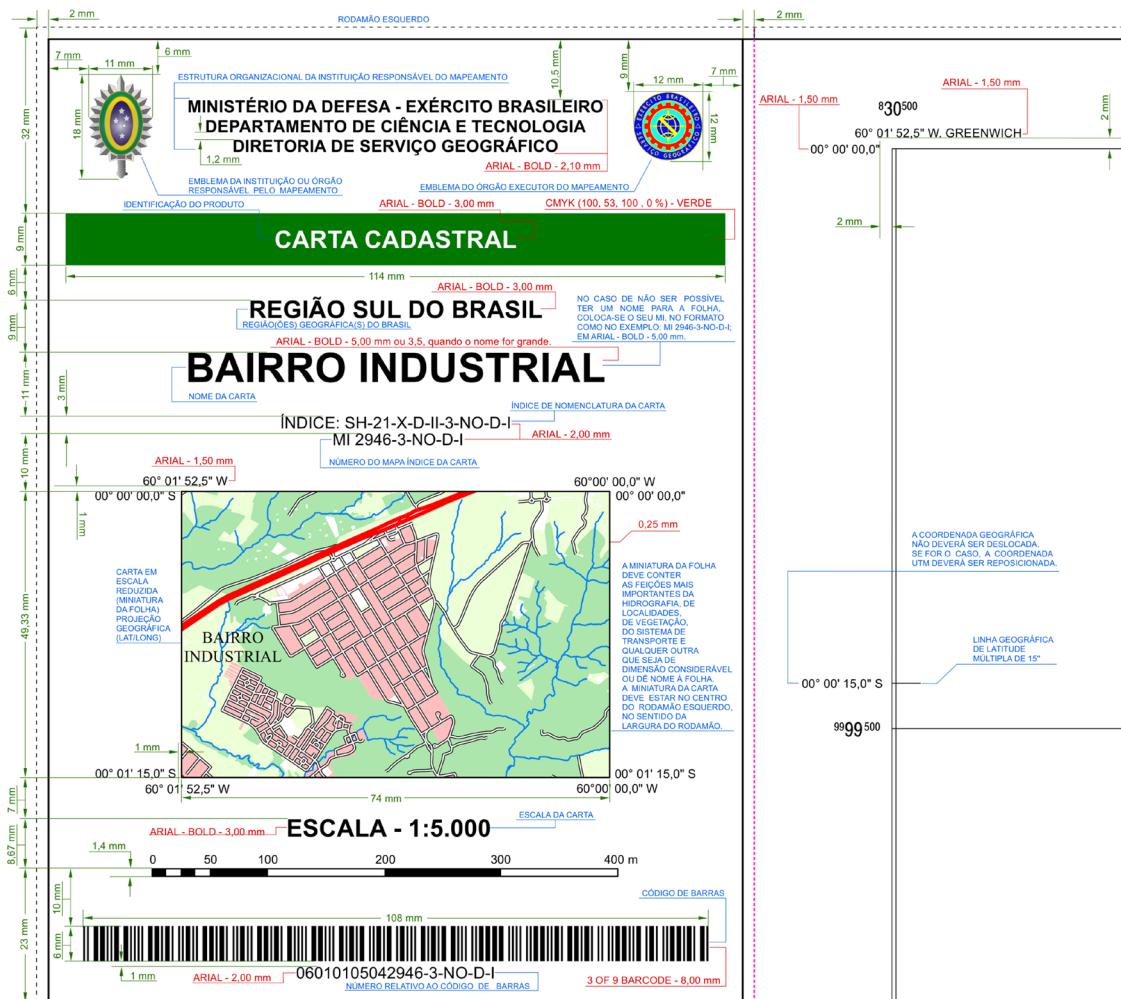
La ET-PCDG es un conjunto amplio de directrices establecidas por el Ejército Brasileño con el objetivo de estandarizar productos y definir criterios para conjuntos de datos geoespaciales, contemplando tanto aspectos vectoriales como matriciales.

Esta especificación técnica abarca diversos elementos, desde la descripción de los productos hasta la caracterización de sus propiedades y los formatos destinados a la distribución. Además, la ET-PCDG está interconectada con otras especificaciones técnicas esenciales, como la ET-ADGV, la ET-EDGV y la futura Especificación Técnica para la Representación de Datos Geoespaciales (ET-RDG). Dicha interconexión permite adoptar un enfoque integrado y holístico en la gestión y producción de conjuntos de datos geoespaciales, lo que garantiza la coherencia, precisión y eficiencia del proceso.

Como complemento del PCDG, y más concretamente para el producto conjunto del tipo “hoja cartográfica”, se definieron hojas modelo para el mapeo sistemático en escalas de 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000 (Figura 2) y 1:1.0000 (orientadas al nivel catastral), además de las escalas tradicionales de mapeo sistemático, como 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 y 1:250.000.



Figura 2 – Detalle de una hoja modelo a escala 1:5.000



Fuente: ET-PCDG (Brasil, 2016b).

2.4.1 Características principales

La ET-PCDG establece las directrices para la especificación técnica de los productos de conjuntos de datos geoespaciales, que incluyen tanto formatos vectoriales como matriciales. Entre las características fundamentales de esta norma se incluyen las siguientes:

- Definición de productos de conjuntos de datos geoespaciales: la ET-PCDG establece criterios y especificaciones para diversos tipos de productos geoespaciales, como datos vectoriales, matriciales, hojas cartográficas topográficas y ortomágenes.
- Estandarización de la representación de las instancias de las clases de objetos: la especificación define directrices para representar las clases de objetos en diferentes escalas, lo que garantiza la coherencia y estandarización en la presentación de los datos.



- Establecimiento de procedimientos de control de calidad de los datos geoespaciales: el documento describe los procedimientos y parámetros para el control de calidad de los datos geoespaciales y garantiza la precisión y fiabilidad de los productos generados.
- Orientaciones para la adquisición de la geometría de los datos vectoriales: la ET-PCDG hace referencia a otras normas, como la ET-ADGV, que define las reglas generales para la adquisición de los atributos de las entidades geográficas, incluida su geometría.
- Complementación mediante anexos: la especificación técnica incluye anexos con información complementaria, como metadatos, modelo de hoja, glosario de términos y definiciones que complementan y detallan las orientaciones esbozadas en el texto principal del documento.

2.4.2 Definiciones adicionales

La ET-PCDG también define ciertos parámetros que se deben tener en cuenta en los conjuntos de datos (ya sean matriciales o vectoriales). A continuación se describen los principales.

- Precisión posicional: se refiere a la exactitud de la ubicación geográfica de los elementos representados en los datos geoespaciales. La norma define estándares para la precisión posicional absoluta del centro de las celdas en la ortoimagen, así como la precisión posicional relativa de las características representadas en relación con la ortoimagen.
- Completitud: implica la integridad y la presencia de la información necesaria en los datos geoespaciales. Los elementos de calidad relacionados con la completitud incluyen la cantidad de nubes y sombras que ocultan información; la omisión de metadatos obligatorios del producto; la omisión en los valores de los atributos de los metadatos; y la resolución radiométrica y espacial.
- Coherencia lógica: se refiere al cumplimiento de los datos geoespaciales con los estándares y formatos establecidos. Los elementos de calidad relacionados con la coherencia lógica incluyen la coherencia en el formato del archivo y la coherencia en el formato (encuadre únicamente).
- Precisión temática: se refiere a la precisión en la representación de las características temáticas o los atributos de los elementos geoespaciales. Esto incluye la precisión en la interpretación de las entidades geográficas; la precisión en la interpretación y el relleno de los atributos de las entidades geográficas; la precisión en la interpretación y el relleno de los metadatos; y la corrección de la información toponímica impresa.
- Sistema de referencia altimétrico: establece el sistema de referencia altimétrico que se utilizará para los datos geoespaciales, incluido el datum vertical vigente y sus especificaciones.



2.5 Manual Técnico de Convenciones Cartográficas T-34 700

Se trata de una norma antigua que sigue vigente, ya que la ET-RDG aún se encuentra en fase de elaboración. El objetivo de este manual, cuya edición más reciente se publicó en 2002, es establecer directrices para la representación cartográfica de accidentes naturales y artificiales con el fin de elaborar hojas cartográficas topográficas y productos similares en escalas de 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 y 1:250 000. El manual se divide en dos partes: en la primera, se definen conceptos, procedimientos y normas para el uso de símbolos convencionales; en la segunda, se establecen los formatos y dimensiones de dichos símbolos, así como los tipos y tamaños de letra que deben utilizarse en la leyenda de los mapas.

El manual aborda diversos temas, como los sistemas de transporte, la vegetación, las edificaciones, los límites, las infraestructuras, la altimetría, las localidades, la hidrografía y los puntos de referencia. También trata de elementos fundamentales para la construcción y estandarización de las representaciones, como la generalización y las convenciones cartográficas, la leyenda y la hoja modelo. La figura 3 muestra algunos ejemplos de las convenciones tratadas en este documento.

En 2009, la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT) publicó la Norma Técnica Brasileña (NBR) 15777, que establece procedimientos para la cartografía a escala catastral (1:10.000, 1:5.000, 1:2.000 y 1:1.000), no contempladas en el Manual T-34 700. La norma define procedimientos para la representación espacial en estas escalas, estandariza diversas convenciones semiológicas para su uso en documentos cartográficos y divide las entidades geográficas en cinco temas principales: hidrografía, vegetación, curvas de nivel, carreteras e hipometría. Además, esta norma también establece algunos estándares para la construcción de símbolos, así como el grosor de los trazos y el tamaño de los textos que se utilizarán en los productos generados en las escalas mencionadas.



Figura 3 – Ejemplos de convenciones cartográficas

Nº	EDIFICAÇÕES	AQUISIÇÃO DE DADOS	
		Símbolo	Especificações
308	Igreja ou templo não representável em escala com qualquer número de torres (que não exceda de 0,60 mm x 0,60 mm)	 Igreja de Senhor Bom Jesus	SSNR - 1,50 mm
	REPRESENTAÇÃO GEOMÉTRICA	REPRESENTAÇÃO FINAL	
		Símbolo	Especificações
	Ponto	 Igreja de Senhor Bom Jesus	SSNR - 1,50 mm CAPÍTULO 4 - PARÁGRAFO 4 - 2 - LETRAS a e c
		T 34-700 (2ª PARTE)	
Nº	EDIFICAÇÕES	AQUISIÇÃO DE DADOS	
		Símbolo	Especificações
316	Campo de futebol ou quadra de esportes (Legendar conforme o caso)	 Quadra de Esportes	SSNR - 1,50 mm TRAÇAR NA ESCALA
	REPRESENTAÇÃO GEOMÉTRICA	REPRESENTAÇÃO FINAL	
		Símbolo	Especificações
	Límite de área	 Quadra de Esportes	SSNR - 1,50 mm TRAÇAR NA ESCALA CAPÍTULO 4 - PARÁGRAFO 4 - 2 - LETRAS d
		T 34-700 (2ª PARTE)	

Fuente: T-34 700 (Brasil, 2002), adaptado para facilitar la legibilidad.

2.6 Observaciones finales

En esta sección se han resumido y presentado principalmente las normas vigentes para un público más amplio de gestores públicos. Es importante destacar que estas normas, además de estar en consonancia con las normativas internacionales, siguen la tradición de calidad de los datos geoespaciales que se remonta al Decreto 89.817, de 20 de junio de 1984 (Brasil, 1984). Con el tiempo, se han ido adaptando a la revolución digital, que ha transformado de manera irreversible la forma en que se producen, generan y comparten los mapas y otros productos cartográficos.

De esta forma, se defiende su uso como medio seguro y adecuado para el análisis y la auditoría en la adquisición y difusión de datos geoespaciales, y deben mencionarse como documentos de referencia de calidad, junto con los que orientan las licitaciones y los



contratos. Además, incluso cuando no se hayan mencionado previamente en la convocatoria, deben utilizarse como normas de fiscalización, ya que tienen carácter oficial y, por lo tanto, son de obligado cumplimiento, y son ampliamente conocidas por los profesionales y las empresas del sector.

3 METODOLOGÍA

Este estudio se centra en la calidad de los datos geoespaciales, lo que implica precisión, pero no se limita a este aspecto, tal y como se presenta en la sección 2. El trabajo se desarrolló en dos etapas:

- descripción clara de los principales elementos que rigen la calidad de los datos geoespaciales, como fuentes seguras en las que los agentes y órganos públicos pueden basarse para analizar los datos producidos tanto por contratos con la iniciativa privada como por instituciones públicas; y
- análisis de casos ilustrativos en los que se examinan algunos productos geoinformativos contratados por la Alcaldía de Río de Janeiro y puestos a disposición por el Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP) mediante un acuerdo con la Universidad Estatal de Río de Janeiro (UERJ). Estos ejemplos ilustran un posible flujo de auditoría de la geoinformación que puede ser replicado por los agentes públicos, independientemente de su grado de familiaridad con las geotecnologías. Al final del análisis, se plantean puntos de debate y desafíos para la Administración Pública con el fin de garantizar que los contratos, cada vez más frecuentes, se supervisen con la máxima eficiencia y sin desviaciones de su finalidad.

Es importante tener en cuenta que la responsabilidad principal de cumplir la norma recae en la empresa u órgano que se encarga de adquirir y poner a disposición los datos geoespaciales, y no en el funcionario que supervisa o audita dicha tarea. Tanto la elaboración del proceso de licitación como el control *a priori* por parte de la Administración pública deben vincular el cumplimiento de las normas y especificaciones técnicas a la ejecución de contratos que impliquen geoinformación.

Es igualmente importante utilizar la norma como referencia para la fiscalización de contratos y el ejercicio del control *a posteriori* por parte de la Administración pública, tanto durante la contratación como después de su ejecución. En este sentido, es posible verificar, mediante muestreo, el cumplimiento de las directrices normativas en diferentes escenarios. A continuación, se presentan algunos ejemplos prácticos que ilustran procedimientos sencillos que puede ejecutar el técnico encargado de la auditoría y la fiscalización. Los ejemplos utilizan software libre (QGIS) y complementos gratuitos, lo que no implica ningún costo adicional para la Administración pública.

A continuación se describen tres tipos de productos geoespaciales muy comunes en los contratos celebrados con la Administración.



- Producto 1: hoja cartográfica-ortoimagen (conocida popularmente como “ortofoto”), compuesta esencialmente por un mosaico de imágenes georreferenciadas, corregidas de paralaje y adaptadas a la perspectiva ortogonal. Puede utilizarse con total seguridad como producto cartográfico de precisión, ya que se han corregido las posibles distorsiones características del sistema de la cámara. Debido a su practicidad y menor costo, se han utilizado como hojas cartográficas, con elementos marginales y cuadrículas superpuestas a la imagen, o como mosaicos dinámicos, con función de fondo en geoservicios y aplicaciones *web*. Varios órganos de la Administración pública utilizan geoservicios en línea o adquieren, mediante drones, aviones o satélites, sus propios mosaicos de imágenes. Dado que estos se utilizan cada vez más como insumos en la gestión pública, los posibles errores de posicionamiento presentes en las ortoimágenes pueden suponer un riesgo considerable, especialmente cuando se emplean para identificar obras, verificar derechos de propiedad o geolocalizar entidades geográficas urbanas, entre otros fines.
- Producto 2: base geoespacial vectorial, que originalmente solo estaba disponible como carta topográfica articulada hoja a hoja. En la actualidad, es habitual que estos archivos se integren en formato Computer Aided Design (CAD) o como archivo vectorial preparado para SIG. En ambos casos, la transición de analógico a vectorial implica el cumplimiento de reglas topológicas. Por ejemplo, las líneas que representan tramos de vías deben estar completamente conectadas para que los algoritmos informáticos comprendan la continuidad de la ruta en esa dirección. Del mismo modo, si las curvas de nivel no están adecuadamente cerradas, los modelos computacionales de drenaje y deslizamientos, entre otros, pueden no calcular correctamente parámetros como la pendiente y el aspecto de la elevación. Cuando los mapas solo se distribuían en papel, las pequeñas imperfecciones en el diseño no implicaban tales fallos. Hoy en día, sin embargo, es necesario someter todos los productos vectoriales digitales a un proceso de validación cartográfica para garantizar su consistencia topológica y asegurar que puedan someterse a análisis computacionales y generar los resultados deseados.
- Producto 3: mosaico de imágenes satelitales que se utilizará para clasificaciones multispectrales y como geoservicio. Los principales servicios de mapas en línea siempre ofrecen la opción de utilizar imágenes georreferenciadas como fondo. Sin embargo, debido a las características atmosféricas, no siempre se obtiene una cobertura ideal cuando se opta por este uso, lo que puede provocar una mala calidad de las imágenes de entrada debido a la niebla, las nubes y fenómenos similares. Para que un producto de este tipo pueda utilizarse en la identificación de objetivos, en contraposición a otros mapas, es necesario que tenga la máxima cobertura sin obstrucciones de ningún tipo.

Para cada uno de los productos seleccionados, se eligió un parámetro fácilmente identificable que reflejara de manera significativa la calidad del producto. También se buscó ejemplificar el análisis de los productos con parámetros sencillos, fáciles de entender para cualquier gestor, incluso si no es experto en la materia, y que reflejaran claramente la calidad del producto entregado. Es importante señalar una limitación metodológica del enfoque empleado, ya que las normas incluyen muchas otras variables que deben verificarse en un proceso de fiscalización más completo.



4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan y discuten, por temas, los resultados sobre la precisión posicional, la coherencia topológica y la evaluación de la clasificación de datos de tipo imagen.

4.1 Precisión posicional

La evaluación de la precisión posicional de los datos geoespaciales contratados es crucial para las entidades públicas, ya que permite verificar si cumplen con los estándares de la ET-CQDG (punto 2.3.1) para la escala específica. Esto implica comparar la ubicación de las características geoespaciales con coordenadas conocidas u otras fuentes de referencia.

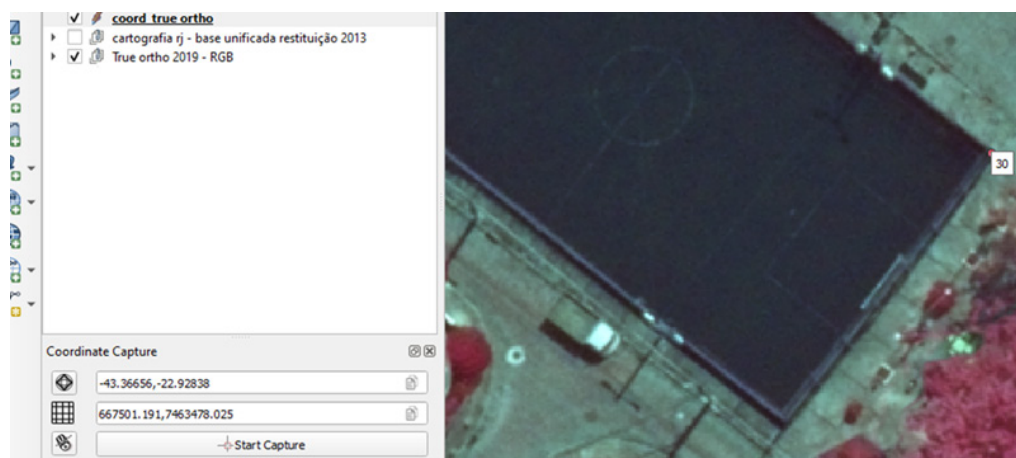
No obstante, la precisión posicional no se limita a las entidades geográficas puntuales. En el ámbito de la administración de la infraestructura vial, la ET-PCDG (punto 2.1.1) se utiliza para garantizar la precisión posicional de los datos geoespaciales relativos a las vías públicas, como carreteras, autopistas y vías urbanas. La precisión en la ubicación y la geometría de las vías es fundamental para planificar mejoras en la infraestructura vial, como la construcción de nuevas carreteras, la instalación de señales y la realización de tareas de mantenimiento.

A modo de ejemplo, se realizó un análisis de la calidad de los datos del mosaico de ortoimágenes adquirido por el IPP para contribuir a la producción de mapas básicos y ortofotocartas, así como para actualizar la base catastral de la ciudad de Río de Janeiro. Dicho mosaico se adquirió mediante contrato y tiene una escala de adquisición nominal de 1:5.000.

En este ejemplo, se han seleccionado puntos que se ven fácilmente en la imagen y que cumplen las reglas de muestreo propuestas por el ET-CQDG (punto 2.3.1). La Figura 4 muestra la selección de coordenadas de una esquina de manzana y la Tabla 3 muestra las coordenadas obtenidas en el sistema Universal Transverse Mercator (UTM) y sus valores, procedentes de la base vectorial de mayor precisión, que se tomará como referencia.



Figura 4 – Selección del punto para medir las coordenadas en la imagen



Fuente: seleccionada por los autores.

Tabla 3 – Puntos seleccionados para el análisis de la precisión posicional

Punto	Base vetorial		Ortoimagen	
	E	N	E	N
01 - piscina	653203,138	7467980,793	668378,211	7462110,811
02 - piscina	668377,087	7462103,932	668497,522	7462418,373
03 - piscina	667859,545	7462281,186	667859,545	7462281,186
04 - piscina	667917,720	7463932,517	667917,836	7463932,963
05 - piscina	666607,537	7463451,339	666607,669	7463451,339
06 - piscina	666605,156	7463446,973	667334,347	7463561,703
07 - piscina	667773,324	7464350,079	667772,993	7464350,277
08 - piscina	668401,048	7464596,869	668400,717	7464596,902
09 - piscina	668140,566	7464059,765	668140,169	7464059,633
10 - piscina	668571,903	7464087,48	668571,969	7464088,274
11 - Lote	667933,52	7464385,182	667933,388	7464385,248
12 - Lote	667870,351	7464350,918	667869,954	7464350,72
13 - Lote	668227,67	7464059,811	668227,472	7464059,744
14 - Lote	667798,053	7464188,398	667797,789	7464188,067



Punto	Base vetorial		Ortoimagen	
	E	N	E	N
15 - Lote	667325,772	7463336,506	667325,573	743335,977
16 - Edificio bajo	667742,755	7463094,941	667742,557	7463095,338
17 - Edificio bajo	667142,945	7463630,524	667142,68	7463630,392
18 - Edificio bajo	667345,351	7463300,456	667345,087	7463299,993
19 - Edificio bajo	667424,528	7463574,631	667424,329	7463574,366
20 - Edificio bajo	667997,615	7463565,172	667996,491	7463564,709
21 - Canchas	668481,670	7461893,931	668482,133	7461893,799
22 - Canchas	668080,959	7461768,155	668080,76	7461768,354
23 - Canchas	667154,487	746340,829	667154,09	7463409,762
24 - Canchas	667337,612	7463122,293	667336,686	7463121,3
25 - Canchas	667886,622	7462262,661	667886,755	7462263,455

Fuente: elaborada por los autores.

Los datos se procesaron con el software QGIS (gratuito), utilizando el complemento QPEC, desarrollado por Elias *et al.* (2023), que evalúa la precisión posicional de los datos geoespaciales según la norma ET-CQDG (punto 2.3.1). Los resultados apuntan a la coherencia posicional de la muestra recogida, por lo que el producto se clasifica en la clase A para la escala de adquisición (1:5.000), pudiendo incluso emplearse en escalas mayores, aunque con menor calidad (clase B en la escala 1:2.000 y clase D en la escala 1:1.000).

Tabla 4 – Cálculo del patrón de precisión posicional para los 25 puntos seleccionados

ID	EP	EMQ	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000
1	0,209171	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
2	0,503752	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
3	0,533285	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
4	0,49747	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
5	0,651461	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A



ID	EP	EMQ	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000
6	0,238492	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
7	0,385693	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
8	0,264583	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
9	0,272726	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
10	0,796501	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
11	0,093544	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
12	0,503752	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
13	0,187089	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
14	0,516615	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
15	0,591626	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
16	0,44372	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
17	0,295813	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
18	0,481549	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
19	0,385693	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
20	1,277488	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
21	0,56515	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
22	0,295813	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
23	0,337279	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
24	1,40628	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A
25	0,804699	0,586	Classe D	Classe B	Classe A	Classe A

Fonte: elaborada pelos autores.

4.2 Coherencia topológica

Los datos contratados por la Administración pública deben evaluarse en cuanto a su coherencia topológica, a fin de garantizar que las relaciones espaciales entre las entidades geográficas se ajusten a las directrices de la norma. Esto puede lograrse mediante un análisis de integridad topológica en sistemas de información geográfica.

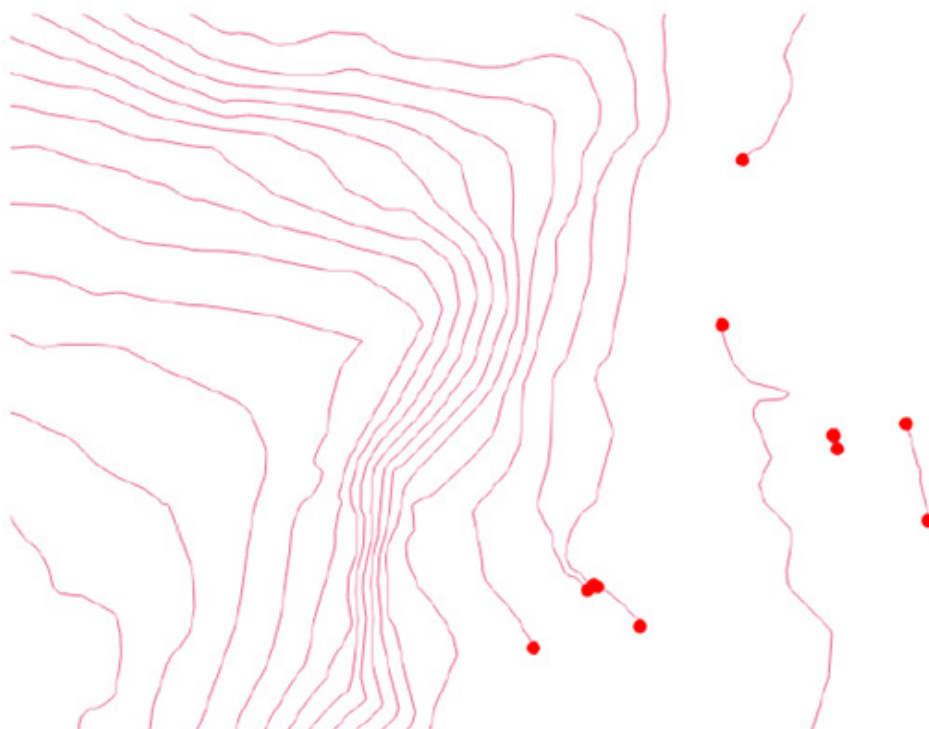


En proyectos de desarrollo urbano y regional, las normas pueden emplearse para garantizar la coherencia lógica de los datos geoespaciales relacionados con la zonificación urbana, el uso del suelo y la infraestructura urbana. El cumplimiento de los estándares establecidos en las normas garantiza que los datos sean interoperables y puedan integrarse en los sistemas de planificación urbana y gestión municipal.

A continuación, se presentan ejemplos de análisis de validación topológica que pueden aplicarse a la fiscalización de contratos de geoinformación. Dichas verificaciones se realizaron sobre la base vectorial unificada contratada por el IPP y obtenida mediante estereorrestitución.

En el ejemplo de la Figura 5 se utilizaron las entidades geográficas de las curvas de nivel de la isla de Brocoió, que sumaban un total de 334 elementos. Al utilizar la herramienta de verificación de topología del software QGIS, se identificaron 154 errores. Sin embargo, dado que cada curva de nivel no cerrada da lugar a dos puntos de error, el número de objetos lineales no cerrados ascendió a 57. Por lo tanto, la tasa de error fue del 17 %, lo que equivale a 57 sobre 334, un porcentaje considerado inaceptable ya que supera el 5 %, que es el límite de aceptación.

Figura 5 – Análisis topológico de curvas de nivel con incoherencias, representadas por puntos rojos



Fuente: seleccionada por los autores.

En el ejemplo de la Figura 6 se realizó una evaluación de la superposición de lotes que, en teoría, deberían ser contiguos. Para ello, se utilizaron las entidades geográficas de los lotes de la isla de Paquetá, que suman un total de 1.981 elementos. El verificador de topología



identificó 26 errores. Como cada error afectaba a dos entidades geográficas, el número total de errores fue de 52. Así, la tasa de error, calculada como 52 sobre 1.981 y equivalente al 2,6 %, alcanzó un porcentaje considerado aceptable.

Figura 6 – Análisis topológico de lotes con incoherencias, representadas por áreas en rojo



Fuente: seleccionada por los autores.

4.3 Evaluación de la clasificación de datos de tipo imagen

Un ejemplo de datos geoespaciales que suelen ser objeto de licitación por parte de la Administración pública son los mosaicos de imágenes satelitales, que tienen diversos usos, desde la clasificación del uso del suelo hasta la elaboración de cartas-imagen. Sin embargo, debido a las características de las órbitas de los satélites, vinculadas a determinados pasos y tiempos de revisita, es posible que las imágenes presenten cierta cobertura nubosa. Con la aerofotogrametría, ya sea mediante aeronaves o drones, es posible definir las fechas de vuelo para días de cielo despejado, mientras que la adquisición de imágenes de satélite está condicionada a los pasos de las órbitas.

En este sentido, la aceptación de un producto satelital debe estar condicionada a la calidad de las imágenes, sin obstrucciones por niebla ni nubes. En el ejemplo del mosaico de



imágenes WorldView para el año 2022 (Figura 7), adquirido por el IPP, se observa la presencia de una cierta cantidad de nubes que cubren, principalmente, la región de la Floresta da Tijuca. Dado que estas imágenes se utilizan para elaborar mapas de uso del suelo y hacer un seguimiento del crecimiento de los núcleos informales, la presencia de nubes dificulta la obtención de datos precisos para la planificación y la gestión.

Para evaluar la calidad y la aceptabilidad del producto, se realizó un estudio para clasificar las áreas cubiertas por nubes y cuantificarlas en relación con el área total contratada. En este contexto, se aplicó adecuadamente la métrica “porcentaje de área no disponible”, prevista en la ET-CQDG (apartado 2.3.1). Mediante un procedimiento de clasificación multispectral supervisada en el software QGIS, se identificaron y delimitaron las regiones afectadas por la cobertura de nubes.

Al utilizar la herramienta de cálculo de área, se identificó que aproximadamente 29 km² estaban cubiertos por nubes. Teniendo en cuenta que la superficie total del municipio es de 1.204 km², este valor corresponde a aproximadamente el 2,4 % de área no disponible, porcentaje que clasifica el producto como aceptable a pesar de las obstrucciones concentradas en determinadas zonas de la ciudad.

Figura 7 – Clasificación de áreas cubiertas por nubes en mosaico de imágenes satelitales Worldview



Fuente: seleccionada por los autores.

5 CONSIDERACIONES FINALES

Las normas de calidad de los datos geoespaciales son fundamentales para definir los requisitos que garantizan la precisión y la credibilidad de esta información. Sobre una base geoespacial adecuada, las políticas públicas pueden implementarse con mucha mayor seguridad y abarcar aplicaciones en áreas como la planificación urbana y regional, la



gestión ambiental, la defensa y la seguridad, y la infraestructura. Dado que la información geográfica se ha compartido y utilizado ampliamente como herramienta de gestión pública, también deben tener acceso a ella los agentes que garantizan la calidad de la ejecución de los contratos y la adecuación de los procesos finales de la Administración pública para poder utilizarla y compatibilizarla correctamente.

El trabajo en cuestión presentó un resumen de las principales normas que regulan los estándares de calidad en la adquisición y difusión de datos georreferenciados, como mapas, bases vectoriales o productos de imagen. Es importante destacar que estas normas no agotan todo el corpus de regulaciones sobre la temática de la geoinformación, ya que existen directrices y normas de carácter local implementadas por los entes federativos, así como buenas prácticas registradas en una bibliografía más extensa sobre cartografía y sistemas de información geográfica. No obstante, las normas aquí abordadas resumen de forma amplia los principales criterios de evaluación de la calidad de los datos geográficos. En cada una de ellas, se han seleccionado los temas principales que resultan de gran utilidad y que pueden ser examinados por muestreo para determinar la calidad de un producto geoespacial.

Además, los ejemplos que se presentan son sencillos y se pueden adaptar a diferentes contextos y realidades del servicio público, ya que no se necesitan equipos costosos ni licencias de software propietario. Se reconoce que el auditor o funcionario responsable de fiscalizar los contratos relacionados con la geoinformación a menudo no dispone del tiempo ni de los recursos necesarios para analizar todos los productos entregados. No obstante, se considera que es posible realizar un análisis fiable a partir de una muestra de los datos.

Existe un consenso bastante consolidado de que la información geográfica puede utilizarse ampliamente para mejorar la calidad de los servicios contratados por la Administración pública y los servicios de auditoría (Ferraz *et al.*, 2015; Gevaert *et al.*, 2024). No obstante, persisten dudas sobre cómo garantizar la calidad de los datos utilizados para la toma de decisiones. Durante un tiempo, la responsabilidad de este control de calidad recayó únicamente en los órganos productores tradicionales de geoinformación. En una realidad en la que la generación y distribución de estos datos atraviesa todos los niveles de la gestión pública —y, por qué no decirlo, de la sociedad—, es cada vez más necesario que una gran variedad de agentes sean capaces de garantizar la pertinencia de los datos geoespaciales y su adecuación a los servicios en los que se utilizan.

Como desarrollo de las cuestiones planteadas en este artículo, se sugiere la creación de material didáctico de fácil y amplio acceso para orientar a los gestores públicos en la aceptación y fiscalización de los servicios especializados que gestionan y difunden geoinformación. En el ámbito de los órganos de auditoría, se propone que incorporen los elementos y procedimientos mencionados aquí a las auditorías de cumplimiento, en coordinación con los principales actores involucrados en el uso de la información geográfica. El objetivo es analizar la legalidad y legitimidad de los datos geoespaciales a la luz de la normativa vigente.



REFERENCIAS

- AMORIM, Amilton; PELEGRINA, Marcos Aurélio; JULIÃO, Rui Pedro. **Cadastro e gestão territorial**. São Paulo: Editora Unesp Digital, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15777, de novembro de 2009**. Convenções topográficas para cartas e plantas cadastrais – Escalas 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000 e 1:1.000 – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
- BREVES, Antonio Melo; PERES, Clovis Belbute; CRUZ, Wolney de Oliveira. **O Sinter como integrador de dados dos imóveis rurais e urbanos do país**. Seminário de Metodologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (SMI IBGE). Rio de Janeiro: IBGE, 2018.
- BRASIL. Comissão Nacional de Cartografia. **Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV 3.0)**. Brasília: Concar, 2017.
- BRASIL. **Decreto-Lei n. 243, de 28 de fevereiro de 1967**. Fixa as diretrizes e bases da cartografia brasileira e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1967.
- BRASIL. **Decreto n. 89.817, de 20 de junho de 1984**. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 1984.
- BRASIL. **Emenda Constitucional n. 19, de 4 de junho de 1998**. Modifica o regime e dispõe sobre princípios e normas da Administração Pública, servidores e agentes políticos, controle de despesas e finanças públicas e custeio de atividades a cargo do Distrito Federal, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1998a. Disponible en: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc19.html. Acceso: 26 nov. 2025.
- BRASIL. Exército Brasileiro. Geoportal do Exército Brasileiro. **Gov.br**, 2024. Recuperado de: <https://bdgex.eb.mil.br/portal/index.php>. Acceso: 2 ene. 2024.
- BRASIL. Exército Brasileiro. Manual Técnico – **Convenções Cartográficas T 34-700**. 2. ed. Brasília: EB, 2002.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE 2006.
- BRASIL. Ministério da Administração Federal e Reforma do Estado. **Os avanços da reforma na administração pública: 1995-1998**. Brasília: MARE, 1998b.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Norma da Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG)**. 1. ed. Brasília: MD, 2016a.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Manual técnico: convenções cartográficas 1ª parte – normas para o emprego dos símbolos**. 2. ed. Brasília: MD, 2002.



BRASIL. Ministério da Defesa. **Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV)** Versão 3.0. 3. ed. Brasília: MD 2018.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Norma da Especificação Técnica para Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais (ET-PCDG)**. 2. ed. Brasília: MD, 2016b.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Infraestrutura nacional de dados especiais**: especificação técnica para estruturação de dados geoespaciais vetoriais. Versão 2.1.3. Brasília: MPO, 2010.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Plano de ação para implementação da INDE**: infraestrutura nacional de dados espaciais. Brasília: MPO, 2010.

COELHO, Luiz Carlos Teixeira; FORNELOS, Leonardo Franklin. O geoprocessamento como ferramenta de apoio ao controle externo em tempos de globalização. **Revista do Tribunal de Contas do Município do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 49, p. 90-100, ene. 2012.

ELIAS, Elias Nasr Naim; GIEHL, Samoel; AMORIM, Fabricio Rosa; SCHMIDT, Marcio Augusto Reolon; CAMBOIM, Silvana Phillippi; FERNANDES, Vivian de Oliveira. QPEC: QGIS toolkit for evaluating geospatial data positional accuracy according to the brazilian cartographic accuracy standard. **AIGEO**, v. 46, p.1-16, abr. 2023. DOI: https://doi.org/10.11137/1982-3908_2023_46_54245. Disponible en: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/54245>. Acceso: 24 jul. 2023.

ERBA, Diego Alfonso; OLIVEIRA, Fabricio Leal de; LIMA JÚNIOR, Pedro de Novais. **Cadastro Multifinalitário como instrumento de política fiscal e urbana**. Rio de Janeiro: IPPUR, 2005.

ERBA, Diego Alfonso; PIUMETTO, Mário Andrés. **Para compreender o solo urbano**: cadastros multifinalitários para o planejamento e o desenvolvimento das cidades na América Latina. Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy, 2021.

FERRAZ, Carlos Augusto de Melo; VIEIRA, Rherman Raicchi Teixeira; BERBERIAN, Cynthia de Freitas Q.; DIAS FILHO, Nivaldo; NÓBREGA, Rodrigo Affonso de Albuquerque. O uso de geotecnologias como uma nova ferramenta para o controle externo. **Revista do Tribunal de Contas da União**, Brasília, v. 133, n. 1, p. 40-53, ene./jun. 2015. Disponible en: <https://revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCU/article/view/1304>. Acceso: 2 ene. 2024.

GEVAERT, Caroline M.; BUUNK, Thomas; HOMBERG, Marc van den. Auditing geospatial datasets for biases: using global building datasets for disaster risk management. **IEEE**, v. 17, p. 12579-12590, jul. 2024. DOI:10.36227/techrxiv.170594611.18565119/v1. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/377607034_Auditing_geospatial_datasets_for_biases_using_global_building_datasets_for_disaster_risk_management. Acceso: 2 ene. 2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF SUPREME AUDIT INSTITUTIONS. **ISSAI 5540**: use of geospatial information in auditing disaster management and disaster-related aid. Viena: Intosai, 2013.



LOCH, Carlos; ERBA, Diego Alfonso. **Cadastro técnico multifinalitário**: rural e urbano. Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy, 2007.

LONGLEY, Paul A.; GOODCHILD, Michael F.; MAGUIRE, David J.; RHIND, David W. **Geographic information science and systems**. 4. ed. Hoboken: Wiley, 2015.

MBURA, Fausta; SIRIBA, David N.; KARANJA, Faith. Developing a GIS audit framework in the context of information technology through a reductive model approach. **Journal of geographic information system**, v. 15, n. 2, p. 196-222, jan. 2023. DOI: <https://doi.org/10.4236/jgis.2023.152011>. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/369957768_Developing_a_GIS_Audit_Framework_in_the_Context_of_Information_Technology_through_a_Reductive_Model_Approach. Acceso: 2 ene. 2024.

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. **Standards**. Disponible en: <https://www.ogc.org/standards/>. Acceso: 2 ene. 2024.

SERVIGNE, Sylvie; LESAGE, Nicolas; LIBOUREL, Thérèse. **Spatial data quality components, standards and metadata**. **Spatial data quality**: an introduction. Hoboken: Wiley, 2006.

Os conceitos e as interpretações emitidos nos trabalhos assinados são de exclusiva responsabilidade de seus autores.

