

USO DA ISO 19152 E DO CITYGML PARA A MODELAGEM DO CADASTRO 3D

ISO 19152 and CityGML for modeling of 3D Cadastre

Talita Stael Pimenta da Silva Costa
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Departamento de Engenharia Cartográfica
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE - CEP: 50670-901
talita.stael@gmail.com

Andrea Flávia Tenório Carneio
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Departamento de Engenharia Cartográfica
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE - CEP: 50670-901
aftc@ufpe.br

Renata Miranda da Silva
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Departamento de Engenharia Cartográfica
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE - CEP: 50670-901
eng.renatamiranda@gmail.com

Resumo

O cadastro territorial é um instrumento eficiente para descrever as relações entre pessoas e terra, através da identificação dos direitos, restrições e responsabilidades. Neste contexto, apenas o cadastro e sua representação bidimensional não é suficiente para englobar todas as situações existentes no mundo real. Assim, emergem as possibilidades e necessidades de utilização do Cadastro 3D para um melhor gerenciamento espacial. A falta de um conjunto padronizado de conceitos e terminologia da administração territorial, levou a formulação e publicação da ISO 19152 - *Land Administration Domain Model* (LADM), que também prevê a modelagem de cadastro tridimensional. Em paralelo, a OGC (*Open Geospatial Consortium*), adotou o CityGML como um padrão oficial para produção de modelos urbanos, voltado ao armazenamento, visualização e interoperabilidade de dados 3D. Sendo assim, este artigo tem por objetivo apresentar um estudo sobre a norma LADM para o Cadastro 3D e sua integração com o CityGML.

Palavras-chave: Cadastro 3D; ISO 19152; CityGML; LADM.

Abstract

The land registry is an effective tool to describe the relationships between people and land, by identifying the rights, restrictions and responsibilities. In this context, the two-dimensional representation of the register is not enough to cover all situations in the real world. Thus, arises the need to use 3D Cadastre for better space management. The lack of a standardized set of concepts and terminology of territorial administration, led to the formulation and publication of ISO 19152 - *Land Administration Domain Model* (LADM), which also provides the three-dimensional modeling cadastre. In parallel, the OGC (*Open Geospatial Consortium*), adopted the CityGML as an official standard for the production of urban models, directed to storage, visualization and interoperability of 3D data. Thus, this article aims to present a study on the LADM standard for 3D Cadastre and its integration with CityGML.

Keywords: 3D Cadastre; ISO 19152; CityGML; LADM.

1 INTRODUÇÃO

O cadastro territorial é um conjunto organizado de informações espaciais e não espaciais referentes a uma parcela de terra, que leva em consideração a situação legal do uso do solo, incluindo direitos, restrições e responsabilidades. Embora o uso e ocupação do solo ocorram em um ambiente multidimensional, sua representação é apresentada no espaço bidimensional.

Desse modo, os sistemas de gerenciamento territorial em todo o mundo baseiam-se na tradição da representação dos limites de parcelas territoriais em 2D, muitas vezes com grande variedade de outras informações registradas. Em contrapartida, esses sistemas tem mostrado limitações para lidar com direitos, restrições e responsabilidades cada vez mais complexos, que ocorrem principalmente nos grandes centros urbanos e regiões metropolitanas. Sendo assim, o Cadastro 3D surge com a necessidade de acompanhamento de questões jurídicas relacionadas aos valores da propriedade e restrições das mesmas com respeito ao uso subterrâneo (Ex.: túneis, rede de esgoto, água, eletricidade, cabos de TV e estacionamento) e ao uso aéreo (Ex.: construção de edifícios acima da malha viária).

Para Stoter & Oosterom (2006), considerando o aumento de ocorrência de casos relacionados ao cadastro tridimensional, surge o interesse por parte de pesquisadores e técnicos, em estudar as definições de objetos territoriais físicos e legais em 3D, bem como seu registro em cadastro e a modelagem necessária. Esses elementos foram então considerados na ISO 19152 - *Land Administration Domain Model (LADM)*, publicados pela *International Organization for Standardization (ISO)* em dezembro de 2012 (OOSTEROM et al. 2013).

O LADM estabelece a relação entre as pessoas e as unidades territoriais. Para tanto, trata-se de um padrão descritivo, não prescritivo, cujo foco é a identificação dos direitos, responsabilidades e restrições que afetam a terra (ou água) e seus componentes geoespaciais relacionados (LEMMEN et al., 2015).

Tão importante quanto criar um modelo de dados voltado para os dados espaciais 3D, é a definição de formas de armazenamento e manipulação destas informações nos diversos sistemas de informação geográfica, visando apoiar um conjunto de atividades envolvidas no cadastro territorial.

Sendo assim, o OGC (*Open Geospatial Consortium*), adotou o CityGML - *City Geography Markup Language* como um padrão oficial para a produção de modelos urbanos, a partir de uma discussão em nível internacional no âmbito de fóruns como *European Spatial Data Research Organization* e o *3D Information Modelling Working Group*. O CityGML - *City Geography Markup Language* é proposto como um padrão de modelagem voltado para o armazenamento e a interoperabilidade nos modelos desenvolvidos para representar a realidade tridimensional (OGC, 2012).

Nesse contexto, este artigo tem por objetivo apresentar um estudo da norma ISO 19152 voltada a sua aplicabilidade no Cadastro 3D, bem como a sua integração como o CityGML. Para tanto, serão apresentados casos de usos de modelagens do LADM em alguns países, incluindo o Brasil.

2 CADASTRO 3D

O desenvolvimento urbano acelerado, a crescente complexidade das infraestruturas de serviços urbanos e de transporte, e o surgimento de uma legislação cada vez mais exigente em termos ambientais e de restrições, requerem um suporte maior do que podem oferecer os dados cadastrais baseados em plantas (gráficos 2D). Então, os conceitos e a visão das parcelas cadastrais, dos objetos territoriais e do direito de propriedade começam a se modificar, com o surgimento do modelo Cadastro 3D (CARNEIRO *et al.*, 2012).

A Figura 1 mostra que o conceito de cadastro compreende as informações referentes à parcela territorial e sua organização em bancos de dados, através do uso de tecnologia para a integração e visualização das mesmas. Ho et al (2013) destacam que o Cadastro 3D (à direita) abrange principalmente as informações necessárias para o processo de registro de limites verticalmente diferenciados da parcela mas, secundariamente, inclui uma evolução das tecnologias necessárias para oferecer suporte à representação física de informações cadastrais em 3D. Basicamente, têm-se os objetos espaciais representados em duas dimensões, de forma interativa, integrada e representada em um sistema de gestão territorial que deve atender as necessidades de representação, integração e registro de outras parcelas que estão em constante alteração, principalmente nos centros urbanos, como no caso das edificações, ilustradas também na Figura 1.

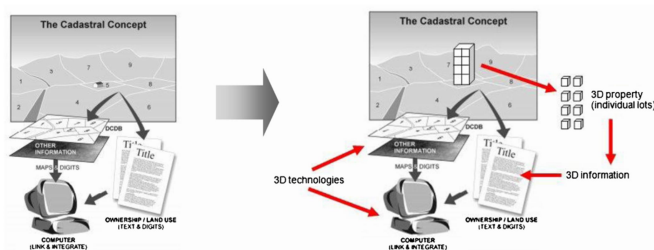


Figura 1 – O Conceito Cadastral e Adaptação ao Conceito de Cadastro 3D

Fonte: HO et al. (2013)

O cadastro é fundamentalmente um conjunto organizado de informações espaciais utilizado para administrar e processar informações sobre direitos, restrições e responsabilidades (do inglês *Right, Restriction e Responsibilities*) que incidem sobre a parcela, através de um registro. Este processo depende do uso de pontos e linhas, para formar os limites de terrenos e de construções. A Figura 2 ilustra graficamente as questões legais relevantes no cadastro 3D, para caso de edifício.

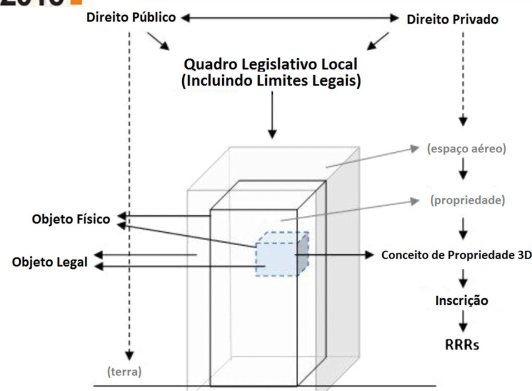


Figura 2 – Representação gráfica das questões legais relevantes para o Cadastro 3D
 Fonte: Adaptado de Ho et al. (2013)

Nesse contexto, destaca-se que apenas o cadastro e sua representação bidimensional não é suficiente para englobar todas as situações existentes no mundo real, quando a ocupação do solo torna-se cada vez mais intensiva, com a escassez do espaço geográfico urbano e evolução do homem. Assim, emergem as possibilidades de utilização do Cadastro 3D como fator determinante para um melhor gerenciamento espacial, considerando também, os aspectos legais, técnicos e administrativos envolvidos na construção do cadastro territorial.

A FIG - *International Federation of Surveyors* (1995) em seu Modelo de “Cadastro 2014”, introduziu o conceito de objeto territorial, que podem ser amparados por uma legislação (objetos territoriais legais - OTL) ou não (objetos territoriais - OT). No Brasil os OTL são representados, entre outros, por:

- Terrenos de Marinha: Art. 51, §14, da Lei de 15/11/1831 e Artigo 13 do Código de Águas – Decreto nº 24.643/1934.
- Terrenos Reservados: artigo 14 do Código de Águas e artigo 31 do Código de Águas combinado com o inciso III do artigo 20 da Constituição Federal.
- Servidão: artigos 1.378 a 1.389 do Código Civil
- Reserva Legal: Lei nº 4.771/1965, artigo 1º, §2º, III e artigo 16, §2º.
- Área de Preservação Permanente: artigo 1º, §2º, II e artigo 3º, §1º, do Código Florestal.
- Direitos de Mineração: Artigo 176 da Constituição Federal; Decreto-Lei nº 227, de 1967 do Código de Minas;
- Restrições Aeronáuticas: Código Brasileiro de Aeronáutica, Lei nº 7.565, de 1986, artigos 43 a 46.
- Restrições Urbanísticas: Artigo 182 da Constituição Federal; Lei nº 10.257/2001 do Estatuto das Cidades.

Nestas condições, constata-se que, no Brasil, o Cadastro 2D não tem sido eficiente na correlação das informações espaciais, nem na prevenção dos conflitos de interesse (CARNEIRO *et al*, 2012). Conforme os autores, nestes casos, um cadastro 3D teria a capacidade de publicitar as diferenças de domínio e de utilização entre a superfície, o espaço

aéreo e o subsolo (Figura 3).

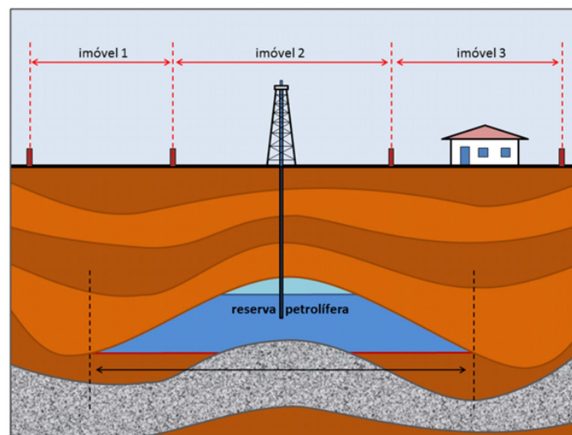


Figura 3 – Relação espacial entre objetos territoriais legais (OTL) existentes na superfície e no subsolo.

Fonte: Carneiro et al., 2012.

No Brasil, a partir da exigência do intercâmbio entre cadastro e registro, com a Lei 10.267/01, houve também uma aproximação com os princípios e conceitos internacionais.

3 ISO 19152 APLICADO AO CADASTRO 3D

A falta de um conjunto padronizado de conceitos e terminologia da administração territorial levou a *International Organization for Standardization* (ISO) a formular e publicar a ISO 19152 - *Land Administration Domain Model* (LADM). De acordo com Santos (2012), o LADM estabelece a relação entre as pessoas e as unidades territoriais. Trata-se de um padrão descritivo, não prescritivo, cujo foco é a identificação dos direitos, responsabilidades e restrições que afetam a terra (ou água) e seus componentes geoespaciais relacionados.

Lemmen et al. (2015) descrevem o LADM como sendo um modelo abstrato e conceitual, que apresenta as entidades básicas com os seus respectivos atributos para unidades territoriais, no entanto podem ser adicionadas ou removidas outras entidades de acordo com a realidade de cada região. Para tanto, o mesmo apresenta quatro classes principais, que são:

- *LA_Party*: As instâncias dessa classe são as partes (pessoas ou organizações), ou partes de um grupo (grupos de pessoas ou organizações).
- *LA_RRR*: As instâncias de subclasses de *LA_RRR* são direitos, restrições e responsabilidades.
- *LA_BAUnit*: As instâncias dessa classe contêm informações administrativas relativas às unidades espaciais com igualdade de direitos, restrições e responsabilidades.
- *LA_SpatialUnit*: As instâncias dessa classe são unidades espaciais, lotes, parcelas e edifícios ou redes.

Para OOSTEROM et al. (2011), o *Spatial Unit Package* é bastante relevante,

englobando as classes *LA_SpatialUnit*, *LA_SpatialUnitGroup*, *LA_Level*, *LA_LegalSpaceNetwork*, *LA_LegalSpaceBuildingUnit* e *LA_RequiredRelationshipSpatialUnit*. A *SpatialUnit* é um ponto (ou multiponto), uma linha (ou multilinha) que representa uma área individual (ou múltiplas áreas) da terra ou água, mais especificamente, um volume individual (ou múltiplos volumes). Assim, a modelagem do objeto territorial 3D para o Cadastro deve ocorrer em especial na classe *LA_SpatialUnit*, para a representação dos objetos em três dimensões.

De acordo com a ISO (2012), as representações de unidades espaciais 2D e 3D na norma LADM ocorrem através das classes *BoundaryFaceString* e *BoundaryFace*. Muitos países utilizam a interpretação de representação 2D como um volume prismático 3D, sem limite superior ou inferior. Nesse caso, as representações 2D e 3D são unificadas e representadas pela classe *BoundaryFaceString* usando o *GM_MultiCurve* para armazenamento. As Figuras 4 e 5 mostram que o *BoundaryFaceString* também implica em uma série vertical virtual de *BoundaryFace*

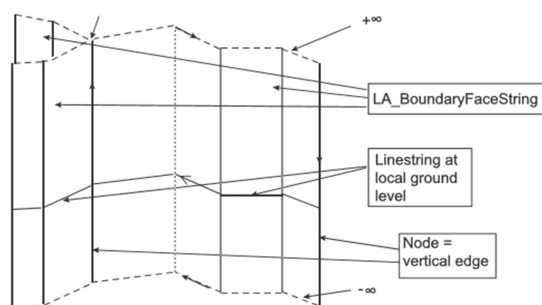


Figura 4 – Conceito da *BoundaryFaceString*
Fonte: ISO (2012)

Na Figura 4, é possível observar a classe *LA_BoundaryFaceString* representando a graficamente a face de um objeto territorial de forma tridimensional. Por ser do tipo *MultiCurve* os níveis são representados por linhas e representam os limites dos objetos, apresentados também na figura 5 a seguir.

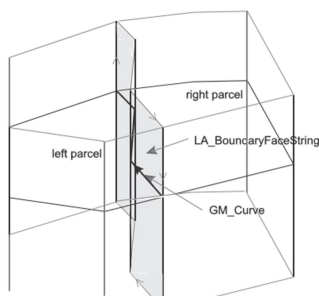


Figura 5 – Unidade espacial definida pela *Boundary Face String*

Fonte: ISO/FDIS 19152 (2012)

Contudo, para a representação real do objeto 3D (ou seja, não considerando um objeto 2D como um prisma), deve ser utilizada a classe *BoundaryFace usando GM_Surface* para o armazenamento.

A norma também ressalta que as unidades espaciais estão em um limiar entre objetos 2D e 3D. Sendo assim, essas representações são uma combinação entre a *BoundaryFaceString* e *BoundaryFace* (Figura 6).

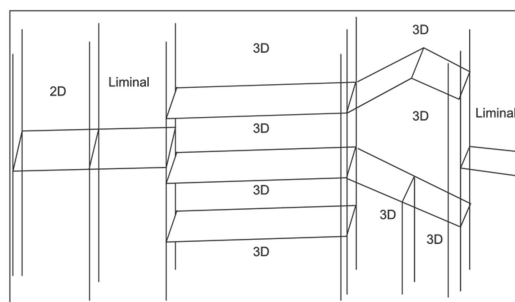


Figura 6 – Vista lateral mostrando integração da *BoundaryFaceString* e *BoundaryFace* para definir volumes 3D limitados e ilimitados

Fonte: ISO (2012)

Neste caso, o atributo “*dimension*” na classe *LA_SpatialUnit* indica se o objeto refere-se a um objeto 2D, um limite entre eles ou uma unidade espacial 3D (ISO, 2012).

O LADM também pode ser visto como um modelo de meta para administração territorial e tem conexões importantes com outras normas, uma vez que as unidades administrativas no LADM são espaços legais que podem ter um relacionamento com características físicas mantidas em outros modelos de domínio como, por exemplo, no caso de unidades de apartamentos (RÖNSDORF, 2014). Dessa forma, a integração de diferentes modelos assegura a coerência entre registros legais e físicos.

4 CITYGML

O *City Geography Markup Language - CityGML* é um conceito novo e inovador para a modelagem de cidades 3D e uso de terra que está rapidamente sendo adotado a nível internacional (KOLBE&GRÖGER, 2003).

Concebido como um modelo de dados aberto, o CityGML tem seu formato baseado em XML (*eXtensible Markup Language*) para o armazenamento e a interoperabilidade nos modelos de cidade 3D. Arruda (2013) afirma que se trata de um esquema para a versão *Geography Markup Language 3.1.1 (GML3)*, um padrão internacional extensível para a troca de dados espaciais que faz parte da série ISO 19100, publicada pelo *Technical Committee Geographic information/Geomatics/International Organization for Standardization* (ISO, 2012).

Baseado em um série de padrões da ISO 191xx, do *Open Geospatial Consortium* (OGC), do W3C Consortium, o *Web 3D Consortium* e a *Organisation for the Advancement of Structured Information Standards* (OASIS), o CityGML é um esquema de aplicação do GML3, cujo qual tem a sua representação de geometria 3D, baseada no modelo ISO 19152. Em 14 de março de 2012, os membros da OGC adotaram a versão 2.0 do CityGML como o Padrão Oficial OGC.

Em contraste com outros formatos de vetor 3D, CityGML é baseado em um modelo de informações de propósito geral, além do conteúdo de geometria e seus respectivos gráficos. Para as áreas de domínio específico, também fornece um mecanismo de extensão para enriquecer os dados com características identificáveis sob preservação de interoperabilidade semântica.

Além de possibilitar a representação gráfica de texturas e materiais na superfície dos objetos, o CityGML pode descrever muitas características geográficas (Figura 7) a partir de diversos módulos temáticos. Além destes eixos temáticos, o CityGML possui o *CityGML Core* (núcleo da aplicação), *CityObjectGroups* (grupos de objetos urbanos), *Generics* (objetos em geral) e *Appearance* (aparência/aspecto), nos quais são definidas as estruturas que são relevantes e que podem ser aplicadas a todos os módulos temáticos. (OGC, 2012)

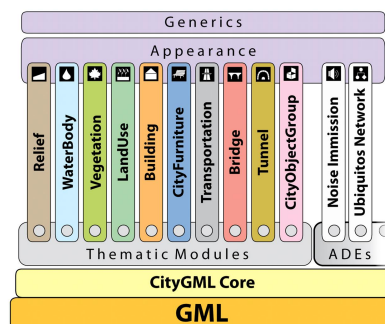


Figura 7 - *Thematic Modules from CityGML*
 Fonte: SOAVE, 2015

O CityGML é suportado por um grande número de produtos de software e provedores de dados em todo o mundo, e define uma representação 3D semanticamente rica de recursos geoespaciais em áreas urbanas (RÖNSDORF, 2014). Neste contexto, dentre os programas que podem integrar o CityGML pode-se destacar o ArcGIS que, através da sua extensão *Data Interoperability*, consegue importar e exportar arquivos do CityGML, usando o 3DCIM (*ArcGIS 3D City Information Model*).

No CityGML as informações armazenadas são definidas de acordo com o *Level of Details* (LoD) do objeto descrito. Assim, os mesmos são estruturados em cinco níveis, como mostra o quadro 1.

Quadro 1 – Descrição dos LoDs

LoD	Descrição de Feições
0	Representação bidimensional
1	Modelo em blocos com estrutura de telhado
2	Modelo de construção com textura e modelo de telhado
3	Modelo de arquitetura detalhada com portas e janelas externas
4	Nível mais detalhado, incluindo modelo interior, quartos, sala, janelas, mobília, etc.

Para tanto, o cadastro territorial 3D deve ser modelado a partir do LoD 1, ou seja, levando em consideração o volume dos objetos territoriais. Além disso, os módulos temáticos do CityGML podem ser usados para a modelagem dos diferentes objetos territoriais legais previstos pela FIG, atendendo a necessidade legal de aplicação do cadastro 3D.

4.1 Diagramas UML – CityGML

Uma visão geral do CityGML que traduz as características explanadas anteriormente pode ser reconhecida através da modelagem UML desenvolvida pela OGC (2012). Neste cenário, podemos destacar os módulos temáticos, *Bridge*, *Relief*, *Vegetation*, *Transportation*, *WaterBody*, *LandUse*, *CityFurniture*, *Tunnel* e *Building*. Todos os módulos são generalizados da classe *CityObject*, conforme modelagem a seguir.

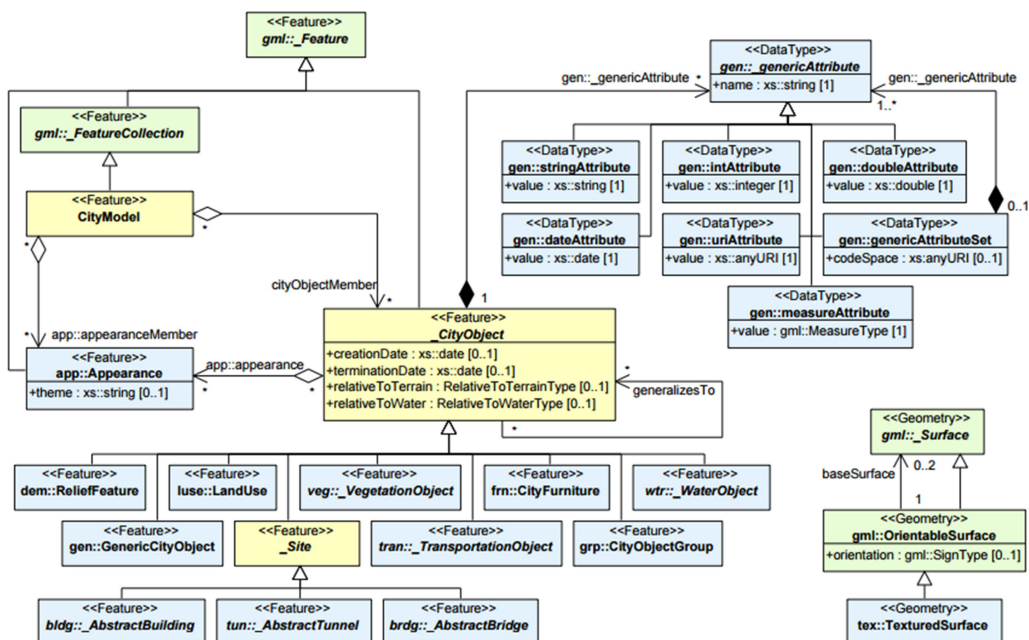


Figura 8 - Visão Geral dos Módulos CityGML em modelagem UML
Fonte: OGC, 2012.

4.2 CITYGML ADE e LADM

Lemmen & Oosterom (2013) destacam o LADM como um padrão internacional para o domínio da administração da terra. Seu intuito é estimular o desenvolvimento de aplicações de *software* e acelerar a implementação de sistemas de administração de terras que abrangem componentes básicos relacionados com a informação de administração da terra, tanto para superfícies d'água quanto aos elementos acima e abaixo da superfície da terra.

Rönsdorf et al (2014) destacam que o LADM e o CityGML são compatíveis com a ISO 19107, o que garante uma sobreposição dos tipos permitidos de geometria. Contudo, os autores ainda afirmam que a especificação da ISO19152 torna claro que o LADM é um modelo conceitual que fornece uma linguagem formal para descrever a administração territorial em termos de suas partes, unidades administrativas e espaciais, bem como fontes e representações dessas informações.

Neste contexto, o CityGML ADE (*Application Deployment Environment*) aparece como um codificador de dados feito para garantir a sua interoperabilidade. Baseado num modelo conceitual, o programa é descrito no padrão de dados, mas é especificado apenas no nível de codificação. Nele as classes de feição são modeladas para tipos de objeto explicitamente com definição de semântica (tais como prédios, estradas, pontes, etc.), evidenciando um contraste com o LADM que não é um esquema de aplicação em seu próprio direito.

Segundo Rönsdorf *et al* (2014), existem duas formas de criar o CityGML ADE para a administração territorial:

- Criar um esquema de aplicação específica de um país/região (perfil LADM) que também utiliza conceitos extraídos do modelo conceitual do CityGML. Em uma segunda etapa, podem ser criadas codificações diferentes do esquema da aplicação. Assim, esta codificação 3D será expressa como um CityGML ADE.
- Diretamente implementar o LADM em uma ADE, fazendo algumas suposições sobre a digitação da classe de feição.

Gózdź *et al* (2014), destacam a inter-relação entre o LADM 3D e CityGML através dos estudos que vem sendo realizados por outros autores. Além disso, apresenta através do modelo (Figura 9) criado para o estudo de edifício na Polônia, uma das muitas possibilidades de modelagem 3D utilizando a ISO 19152 e o CityGML ADE.

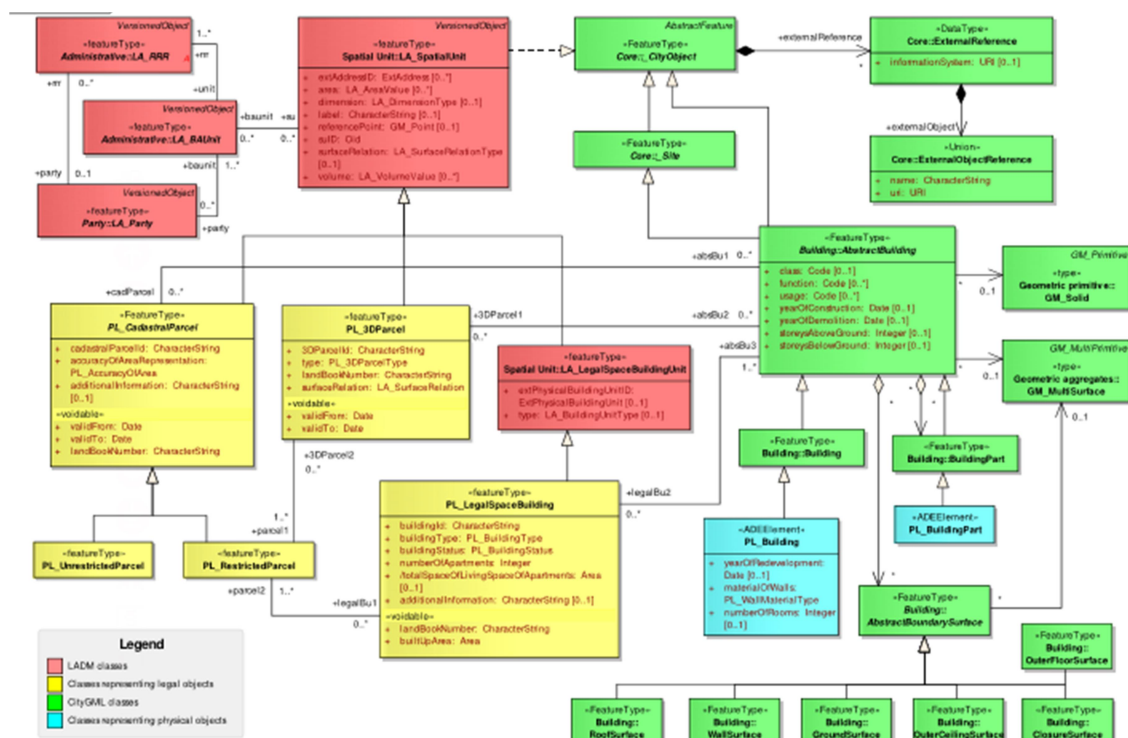


Figura 9 - LADM-CityGML para a finalidade cadastral Edifício - Polônia
 Fonte: GÓZDŹ et al (2014)

A Figura 9 mostra a integração dos modelos LADM e CityGML, levando em consideração o modelo existente do LADM 3D da Polônia. Sendo assim, em amarelo pode-se observar o modelo cadastral Polonês, em vermelho o modelo LADM presente na norma, em verde o modelo CityGML e, por fim, em azul aparece a modelagem CityGML do objeto “Edifício” para a Polônia.

Na última década, a Coreia do Sul desenvolveu uma pesquisa em parceria com a Holanda para realizar investigação conjunta, capacitação e assessoria internacional no domínio da administração territorial com foco especial na evolução do cadastro 3D. Na Coreia do Sul participou a *Korea Cadastral Survey Corporation* (KCSC) e a Universidade de Seoul (University of Seoul) e na Holanda as Universidades de Delft (*Delft University*) e *Twente* (*University of Twente*). Jeong (2012) relata que primeiramente a KCSC realizou projetos de pesquisa envolvendo oito regiões diferentes em Seul e, usando dados de pesquisa multidimensional, conseguiram registrar as propriedades das dimensões tridimensionais destas áreas no sistema cadastral. Em parceria com a Holanda, a Coreia seguiu no desenvolvimento do Modelo de Administração Territorial, com a utilização do LADM em sua fase final de modelagem. A Figura 10 a seguir mostra, como resultado da pesquisa, o desenho do banco de dados 3D limitado à superfície da parcela.

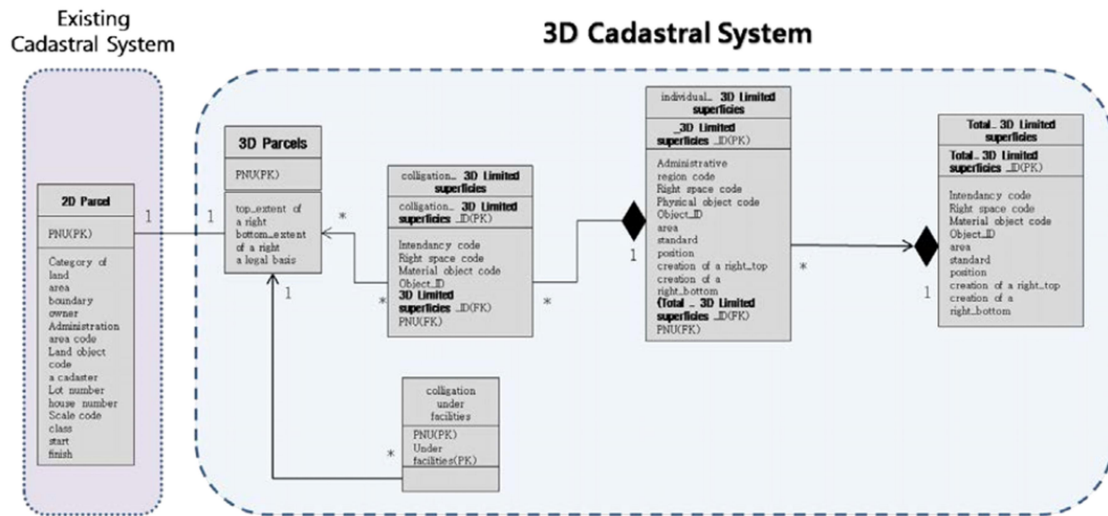


Figura 10 – Modelo do banco de dados 3D limitado a superfície da parcela
Fonte: JEONG et al (2012)

A partir desta ótica, pesquisadores de vários países têm pesquisado e desenvolvido cada vez mais o cadastro 3D (Jeong et al, 2012; HO, S., Rajabifard, A., Stoter, J., Kalantari, M. 2013; Biljecki, 2014; Aien, Rajabifard, Kalantari, & Williamson, 2011; Peter van Oosterom, 2013). Os estudos mais recentes (Çagdas, 2013; Rönsdorf, 2014; Gózdź et al, 2014) detalham a modelagem do Cadastro 3D respeitando os RRRs, pautadas no LADM e no uso do padrão de dados do CityGML, de forma a otimizar a administração territorial para uma cidade 3D.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo destacou casos nos quais se evidencia a necessidade de implantação de um cadastro territorial 3D, que deve levar em consideração aspectos legais, técnicos e administrativos.

Do ponto de vista técnico, a modelagem do cadastro 3D apresenta uma complexidade que exige a utilização ou o desenvolvimento de programas mais especializados. Nesse sentido, a ISO 19152 (LADM) orienta, através da padronização de conceitos e terminologias, a geração de modelagens que atendam às necessidades do Cadastro 3D. Através do *LA SpatialUnit*, o atributo “dimension” indica se o objeto refere-se a um objeto 2D, um limite entre eles ou uma unidade espacial 3D. Ou seja, permite uma modelagem satisfatória de um objeto tridimensional para o cadastro territorial.

Por outro lado, o padrão de dados CityGML, integrado ao LADM, vem se mostrando bastante eficaz e, ao passo que os países adotam os programas de sistema de informação, também tem adaptado sua plataforma para garantir a interoperabilidade das informações, conforme discutido no item 4 deste artigo.

Diversos países e pesquisadores tem testado a adaptação dos seus respectivos sistemas de administração territorial a partir do uso do LADM 3D. Assim, este estudo buscou apresentar uma visão geral das possibilidades técnicas, mais especificamente, da exploração da integração do CityGML com os padrões do LADM, com o intuito de contribuir com os estudos referentes à modelagem do cadastro 3D no Brasil.

Agradecimentos

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudos; à FACEPE - Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Pernambuco, pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa, através do processo APQ-0167-1.07/15.

Referências Bibliográficas

_____. **Lei 10.267. Altera dispositivos das Leis nos 4.947, de 6 de abril de 1966, 5.868, 12 de dezembro de 1972, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 6.739, 5 de dezembro de 1979, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências.** 2001.

AIEN, A.; RAJABIFARD, A.; KALANTARI, M.; WILLIAMSON, I. *Aspects of 3D Cadastre-A Case Study in Victoria*. FIG Working Week. Marrakech, Marrocos. 2011.

BILJECKI, F., LEDOUX, H., STOTER, J., Zhao J. *Formalisation of the Level Of Detail In 3D City Modelling*. Computers, Environment and Urban Systems, vol. 48, pp. 1-15. 2014.

BRASIL. **Lei 10.267**, de 28 de agosto de 2001.

CARNEIRO, A.F.T.; ERBA, D.A.; AUGUSTO, E.A.A. *Cadastro Multifinalitário 3D: Conceitos e Perspectivas de Implantação no Brasil*. Revista Brasileira de Cartografia, v. 64, n.2, p. 257-271. 2012.

ÇADGAS, Volkan. *An Application Domain Extension to CityGML for immovable property taxation: A Turkish case Study*. Elsevier. Maio de 2012.

FELUS, Yaron. BARZANI, Shimon. CAINE, Alisa. BLUMKINE, Nimrod. VAN OOSTEROM, Israel and Peter. *Steps towards 3D Cadastre and ISO 19152 (LADM) in Israel*. 4th International Workshop on 3D Cadastres. 9-11 de novembro de 2014, Dubai, Emirados Árabes

FIG. *Statement on the Cadastre - International Federation of Surveyors, FIG Bureau, Canberra, Australia.* 1995.

GÓŹDŹ ,Katarzyna; PACHELSKI Wojciech; OOSTEROM , Peter van; COORS , Volker. **The Possibilities of Using CityGML for 3D Representation of Buildings in the Cadastre.** *4th International Workshop on 3D Cadastres.* 9-11 de novembro de 2014, Dubai, Emirados Árabes.

HO, S., RAJABIFARD, A., STOTER, J., KALANTARI, M. **Legal Barriers to 3D Cadastre Implementation: What is the issue.** Land Use Policy Nº 35, 379-387. 2013.

ISO. **Land Administration Domain Model (LADM) - ISO/FDIS 19152:2012.** 2012.

JEONG, Dong-Hoon; JANG, Bong-Bae; LEE, Ji-Yeong; Il HONG, So; VAN OOSTEROM, Peter; DE ZEEUW, Kees; STOTER, Jantien; LEMMEN Christiaan; e ZEVENBERGEN, Jaap. **Initial Design of an LADM-based 3D Cadastre – Case Study from Korea.** *3th International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices.* China. 2012.

KAUFMANN, J., STEUDLER, D. **Cadastre 2014 – A Vision for a Future Cadastral System.** FIG, Commission 7, July 1998. 51p.

OOSTEROM, P. J. M. LEMMEM, C.H.J. UITERMARK, H.T. BOEKEL, G., VERKUIJL, G. **Land Administration Standardization with Focus on Surveying and Spatial Representation.** ESRI. 2011.

OOSTEROM, P. J. M. LEMMEM, C.H.J. UITERMARK, H.T. **ISO 19152:2012, Land Administration Domain Model published by ISO.** FIG Working Week 2013. Nigéria. 2013.

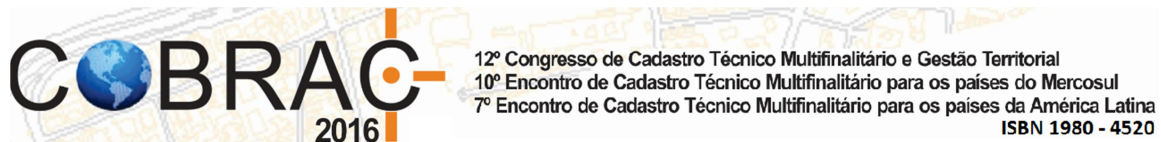
OGC-Open Geospatial Consortium, Inc. **CityGML UML Diagrams.** 2002-2012.

KOLBE, T. H. & GRÖGER, G. **Towards unified 3D city models.** ISPRS Comm. IV Joint Workshop on Challenges in Geospatial Analysis, Integration and Visualization II. 2003.

LEMMEN, C., OOSTEROM, P. V., BENNETT, R. **The Land Administration Domain Model.** Land Use Policy. Edição 49, p. 535-545. 2015.

LEMMEN, C. and OOSTEROM, P. V. **The Land Administration Domain Model Standard.** *5th Land Administration Domain Model Workshop.* Kuala Lumpur, Malaysia. 2013.

RÖNSDORF, Carsten; WILSON, Debbie; STOTER, Jantien. **Integration of Land Administration Domain Model with CityGML for 3D Cadastre.** *4th International Workshop on 3D Cadastres.* . 9-11 de novembro de 2014, Dubai, Emirados Árabes.



SANTOS, J. C. **Análise da Aplicação do Modelo de Domínio de Conhecimento em Administração Territorial (LADM) ao Cadastro Territorial Urbano Brasileiro.** Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias de Geoinformação da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Recife, 2012.

STOTER, Jantien; PLOEGER, Hendrik & OOSTEROM, Peter Van. **Cadastro 3D em Holanda: desenvolvimento e aplicabilidade internacional.** *Computers, Environment and Urban Systems.* 2012.

STOTER, Jantien; OOSTEROM, Peter Van. **3D cadastre in an international context: legal, organizational, and technological aspects.** ISBN 0-8493-3932-4. 2006.