

O ESTADO DA ARTE DO CADASTRO 3D NO BRASIL E NO MUNDO

The State of Art of 3D Cadastre in Brazil and in the World

Bárbara Ferreira¹

Jean Lucas Paes de Farias²

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial
Centro Tecnológico da UFSC

Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima

Rua Delfino Conti, s/n - Trindade, Florianópolis - SC, 88040-900

arabrab.geo@gmail.com¹

jean.farias@posgrad.ufsc.br²

Francisco Henrique de Oliveira

Universidade do Estado de Santa Catarina

Centro de Ciências Humanas e da Educação (FAED)

Av. Me. Benvenuta, 2007 - Itacorubi, Florianópolis - SC, 88036-500

chico.udesc@gmail.com

Resumo:

O Cadastro é geralmente um sistema de informações territoriais atualizado, ordenado em parcelas contendo representação geométrica e o registro de interesses relacionados ao território (direitos, restrições e responsabilidades). Historicamente os registros cadastrais são representados em planos bidimensionais, ainda que muitos sejam elementos do mundo real, espacializáveis em altura e profundidade. O espaço urbano com seu ritmo acelerado e dinâmico de ocupação necessita de construções como passarelas, pontes, túneis, estacionamentos e outros que abrangem os espaços acima e abaixo da superfície. Estes espaços frequentemente não são registrados/mapeados e se tornam desconhecidos pela administração pública. A menor unidade cadastral é a parcela, registrada em planos 2D que não são suficientes para representação de imóveis/propriedades sobrepostos, não considerando todos os múltiplos direitos de propriedades e suas sobreposições. Sendo assim, é necessário a individualização dos direitos, mudando a bidimensionalidade para a tridimensionalidade no cadastro, trazendo progressivamente uma visão do mundo real. O sistema de cadastro brasileiro comparado com o de muitos países não possui uma regulamentação específica a respeito do cadastro 3D, em muitos deles o cadastro 3D está sendo pensado e implantado. Entretanto, diante da realidade cadastral brasileira, que nem sequer implementou o CTM, o cadastro 3D ainda parece ser uma realidade distante. Entre os modelos de cadastro existentes, o modelo que mais se adequa a realidade do país, e que também é a mais viável por não alterar de forma significativa a estrutura legal e administrativa é o cadastro 2D associado à informações 3D nas situações que a necessitarem.

Palavras-chave: CTM; Cadastro 3D; Estado da arte.

Abstract

Cadastre is generally an updated territorial information system, ordered in parcels containing geometric representation and the register of interests related to the territory (rights, restrictions and responsibilities). Historically the cadastral registers are represented in two-dimensional planes, although many are real-world

elements, spatializable in height and depth. The urban space with its fast and dynamic pace of occupation requires constructions such as walkways, bridges, tunnels, parking lots and others that cover spaces above and below the surface. These spaces are often not registered / mapped and become unknown by the public administration. The smallest cadastral unit is the parcel, recorded in 2D plans that are not sufficient to represent overlapping properties / properties, not considering all multiple property rights and their overlaps. Thus, the individualization of rights is necessary, changing the bidimensionality for three-dimensionality in the cadastre, progressively bringing a real world view. The Brazilian cadastre system compared to many countries does not have a specific regulation regarding the 3D cadastre, in many of them the 3D cadastre is being thought and implemented. However, faced with the Brazilian cadastral reality, which has not even implemented the CTM, the 3D cadastre still seems to be a distant reality. Among the existing registration models, the model that best fits the reality of the country, and which is also the most feasible because it does not significantly alter the legal and administrative structure, is the 2D registry associated with 3D information in situations that require it.

Keywords: CTM; 3D Cadastre; State of art.

1. INTRODUÇÃO

O Cadastro é geralmente compreendido como um conjunto de informações territoriais ordenados em parcelas e renovado abrangendo uma escritura de preferências do globo terrestre. Ele frequentemente contém uma representação geométrica da fração conectada a outros títulos que retratam a natureza dos interesses, a característica destas predileções, e constantemente a grandeza da parcela e seus beneficiamentos (Federação Internacional dos Geômetras, 1995).

Tradicionalmente o cadastro tem sido representado nos documentos em planos bidimensionais, as parcelas, os objetos territoriais, os direitos sobre a propriedade, entretanto muitos são elementos do mundo real e, portanto, não são restritos ao plano bidimensional, pois possuem elementos espaciais, altura e profundidade.

O espaço urbano tem ficado cada vez mais complexo com o ritmo acelerado e dinâmico de ocupação, sendo necessárias construções alternativas como passarelas, pontes, túneis, estacionamentos e outros, que utilizam espaços acima (terrestre e aéreo) e abaixo (subsolo) da superfície. Estes espaços são, por vezes, não mapeados e assim se tornam desconhecidos para uma administração pública, que tem como um dos princípios constitucionais gerir com eficiência.

As parcelas registradas em 2D não são suficientes para representação de imóveis/propriedades sobrepostas, estas não consideram todos os múltiplos direitos de propriedade e suas sobreposições. Sendo assim, é necessário a individualização dos direitos, mudando a bidimensionalidade para a tridimensionalidade no cadastro, trazendo progressivamente uma visão do mundo real.

O sistema de cadastro brasileiro não possui uma regulamentação específica a respeito do cadastro 3D, a demanda em algum momento forçará com que os municípios sejam adequados a utilizar este sistema. Na cidade do Recife-PE o município regulamentou a construção de passarelas sob vias públicas respeitando a altura mínima e máxima com alguns elementos necessários exigidos. Percebe-se a necessidade de viabilizar esta criação do cadastro 3D para suprir a deficiência das parcelas do espaço aéreo. As mudanças de uma metodologia para outra caracterizam alguns obstáculos. No Brasil é necessário um desenvolvimento de cultura cadastral no ambiente 3D em nível nacional. Este sistema deve ser compatível com o cadastro

existente tendo a interoperabilidade e facilidade de manuseio entre os modelos distintos.

Apesar dos avanços cadastrais em Recife, em diversos outros países e cidades o sistema de cadastro 3D já tem sido pensado e implantado. Entretanto, diante da massa cadastral brasileira, que ainda não tem nem sequer implementado o Cadastro Territorial Multifinalitário, o cadastro 3D ainda parece ser uma realidade distante. Entre os modelos de cadastro existentes, o modelo que mais se adequa a realidade do país e que também é a mais viável por não alterar de forma significativa as estruturas legais e administrativas é o cadastro 2D associado à tridimensionalidade nas situações que o necessitarem.

O cadastro 3D é o cadastro territorial com adição do componente espacial vertical (ARAÚJO, 2015). Como há diferentes definições sobre o cadastro 3D, podemos isolar as variáveis 2D sendo as ordenadas e abscissas e acrescentar a terceira variável que se configura na vertical, temporal e escalar.

Contudo este trabalho objetiva apresentar o cadastro 3D e como ele está em seu atual estado da arte, a nível global, trazendo um panorama de como este cadastro é útil nas mais diversas finalidades que serão demonstradas no decorrer deste trabalho.

3. CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO (CTM)

O crescimento populacional, as demandas por habitação, a necessidade de expansão territorial, associada a falta de planejamento e gestão do território, alimentam o desordenamento territorial. O cadastro é um meio de organização territorial. Seu conceito tem evoluído ao longo do tempo e do espaço, uma vez que ele é fruto da legislação e dos usos e costumes de cada jurisdição (CARNEIRO, ERBA, AUGUSTO, 2011).

Outra conceituação bastante difundida e adotada por diversos autores (WILLIAMSON, 1983; DALE E MCLAUGHLIN, 1990) foi sugerida pelo Ministério das Cidades em 2009: “O Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) é o inventário territorial oficial e sistemático de um Município e baseia-se no levantamento dos limites de cada parcela, que recebe uma identificação numérica inequívoca” (BRASIL, 2009). Por meio da Portaria n.511/09, que propõe diretrizes para a implementação e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros.

O cadastro compreende de forma básica três pontos essenciais: (i) técnicas de medição e representação cartográfica ao nível do imóvel, (ii) legislação de uso e ocupação do solo e (iii) o desenvolvimento econômico da terra ocupada (LOCH E ERBA, 2007; BENGEL, 2000) apud (ROSENFELDT, 2012). O conceito de multifinalidade do cadastro foi estabelecido a partir da associação de dados sociais e ambientais aos dados físicos, econômicos e jurídicos. Esta chamada multifinalidade permitiu sua aplicação no planejamento territorial no que concerne ao desenvolvimento econômico, à qualidade de vida e ao equilíbrio ecológico (LOCH, 1993; LARSSON, 1996; LOCH e ERBA, 2007).

De acordo com Loch (2005), os principais objetivos do cadastro urbano são: (a) coletar e armazenar informações descritivas acerca do espaço urbano; (b) manter atualizado esse sistema de informações descritivas; (c) implantar e manter atualizado o sistema cartográfico; (d) conceder dados físicos para o planejamento urbano, com informações de acordo com o sistema cartográfico e obedecendo o nível de detalhamento da escala; (e) constituir um sistema cartográfico e descritivo que gerem informações necessárias à execução de planos de

desenvolvimento integrado urbano; (f) tornar as operações imobiliárias mais confiáveis, mediante a definição precisa da propriedade imobiliária; (g) colocar à disposição aos órgãos públicos os resultados do cadastro urbano, sem jamais esquecer do cidadão/contribuinte; (h) proporcionar o acesso imediato, atualizado e confiável aos dados gerados por meio do cadastro, à todos os usuários que necessitem de informações.

A estrutura do CTM se dá pela integração de instituições nas quais suas atividades estejam correlacionadas, direta ou indiretamente, ao controle territorial. Dessa forma, é importante a interconexão do cadastro com o Registro de Imóveis - RI, com as instituições estatais e com as concessionárias de serviços públicos (CARNEIRO, ERBA, AUGUSTO, 2011).

A carta cadastral é um importante produto gerado pelo cadastro temático no CTM. Esta é definida pela FIG (1995) e pela Portaria n.511/09 (BRASIL, 2009), como sendo a representação sistemática de uma parcela territorial, seu identificador único, as edificações e o uso atual do solo, todos esses dados vinculados ao RI. Contudo, segundo Hasenack (2013), a atual definição de carta cadastral não é aplicada no modelo de cartografia cadastral brasileiro, uma vez que não representa os limites legais das parcelas territoriais, por carecer de vínculo com o Registro de Imóveis, consequentemente gerando incertezas quanto à veracidade dos limites dos imóveis.

O cadastro territorial no Brasil compreende estruturas distintas para as áreas urbanas e rurais, o cadastro urbano é de responsabilidade das prefeituras e o cadastro rural é de responsabilidade do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). De acordo com os objetivos deste artigo, o foco será abordar os cadastros territoriais nas áreas urbanas.

3.1 Parcela e Objetos Territoriais

O princípio básico do cadastro é a parcela. Esta unidade básica corresponde a uma porção do território sobre a qual se pode exercer algum direito (CARNEIRO, ERBA, AUGUSTO, 2011), não devendo haver sobreposições nem lacunas entre as parcelas territoriais. Caso houver mais de um regime jurídico (proprietário) dentro de um mesmo imóvel, este será dividido em parcelas (PHILIPS, 2010).

A parcela, é então a menor unidade do cadastro como lotes, glebas, vias públicas, rios, lagos, e deve possuir um código de identificação único e estável. Para Santos, Farias e Carneiro (2013), a falta de padronização de uma unidade cadastral com identificador único, torna inviável o compartilhamento de informações.

Segundo Carneiro, Erba e Augusto (2011), a jurisdição administrativa e os direitos reais de um território não podem ser omitidas no cadastro. Sendo assim, as parcelas devem ser definidas segundo a legislação e títulos de direito de propriedade, para determinar onde começa e termina um direito de propriedade, uma jurisdição, uma divisão político-administrativa e até um Estado. Ainda que os limites entre as parcelas podem ou não ser materializados, a existência do título de propriedade registrado, determina a delimitação jurídica e esta deve estar integrada no CTM.

O conceito de cadastro parcelário remonta à Era Napoleônica, em que o intuito era disponibilizar o cadastro ao Direito Civil, e que um bom cadastro parcelário, seria àquele que complementasse o código civil no que se refere à posse da terra (ROSENFELDT, 2012). Este

conceito é adotado de maneiras diferentes em cada país, de modo a atender a realidade jurídica, técnica e administrativa (SANTOS, FARIAS e CORDEIRO, 2013).

No Brasil a parcela deve ser considerada como uma porção territorial de posse individual, ou então, múltipla *pro indiviso*¹. Para atender questões de vínculo do solo com a edificação, nos casos de posses distintas, e entre os diferentes usos e limites administrativos, foi necessária a adoção do conceito de objetos territoriais, assim não existindo o termo “subparcelas” (VICTORINO, AMORIM, SHIMABUKURO, 2015). O conceito de Objeto Territorial foi proposto pela FIG (1998), no modelo Cadastro 2014, como sendo “toda porção finita e homogênea do território, por sua natureza ou por acessão”. Os objetos territoriais podem ser amparados por uma causa jurídica (Objeto Territorial Legal - OTL) ou não (Objeto Territorial - OT). Dessa forma, uma parcela natural como rio, lago, floresta ou montanha, sem conotação jurídica, caracteriza-se como OT, e uma parcela que possui direito constituído na forma da lei, caracteriza-se como OTL (CARNEIRO, ERBA, AUGUSTO, 2011).

Os autores ressaltam os principais OTL existentes no Brasil, que constituem direitos específicos sobre a terra (Figura 1): I - Terreno de marinha (trata-se de um imóvel público e que não integra a propriedade privada); II - Terrenos reservados (pertencem aos estados, salvo se o rio for de domínio federal, sendo então o terreno de titularidade da União, como o anterior, não fazem parte da propriedade privada); III - Servidão (o direito de propriedade dependerá do uso, em que o titular do imóvel deve receber indenização do Estado ou de uma concessionária de serviços, que passará a utilizar uma parte ou a totalidade do imóvel, de acordo com a necessidade e interesse público); IV - Reserva Legal (parcela do imóvel rural na qual o proprietário ou possuidor compromete-se a preservar a mata nativa, podendo utilizá-la sob regime de manejo florestal sustentável); V - Área de Preservação Permanente (parcela territorial protegida pela legislação ambiental, onde não pode haver supressão total ou parcial da vegetação, exceto quando o governo federal tem intenção de utilizá-la para alguma obra de utilidade pública ou interesse social); VI - Direitos de Mineração - (parcela pertencente à União, sendo garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra); VII - Restrições Aeronáuticas (Zonas de Proteção onde são impostas restrições às propriedades vizinhas aos aeródromos, e tudo o que possa causar interferência nos sinais dos auxílios à radionavegação ou dificultar a visibilidade de auxílios visuais); VIII - Restrições Urbanísticas (alguns instrumentos de política urbana previstos no Estatuto da Cidade constituem o OTL, como outorga onerosa do direito de construir, limitações administrativas, edificação compulsória e transferência do direito de construir).

¹ Caracteriza-se como a posse de 2 ou mais indivíduos do mesmo bem, fazendo seu uso concomitantemente, porém não está determinado qual parte que compete a cada. Existindo, portanto, uma indivisão fática e uma indivisão jurídica.

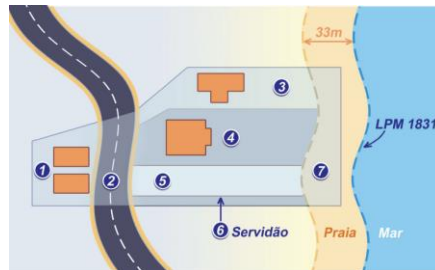


Figura 01: Diferentes regimes jurídicos integrados em um único imóvel. (1) remanescentes de desapropriação da nova rua; (2) faixa de domínio público desapropriada; (3) objeto do contrato de usufruto; (4) residência do proprietário do imóvel; (5) restrições de uso e ocupação para algum tipo de preservação ambiental; (6) servidão - para uso público para acesso às praias; (7) terreno de marinha - concessão de uso, concedida pela Secretaria de Patrimônio da União – SPU. Fonte: Philips (2006).

Carneiro, Erba e Augusto (2011), observam que no Brasil a propriedade do solo não abrange, por exemplo, as jazidas, minas, assim como os potenciais de energia hidráulica, os monumentos e arqueológicos, pois estes OTL são de domínio da União e seu uso/exploração depende de concessão. O cadastro 2D não tem sido eficiente na correlação dos dados espaciais, e por conseguinte nem na prevenção de conflitos de interesses.

Os mesmos autores destacam que os cadastros dos OTL correspondem às redes subterrâneas como tubulações de água, de esgoto e de gás; cabeamento aéreo (comum no Brasil) como fiação de rede elétrica, de telefonia e de TV a cabo; infraestruturas como galerias de águas pluviais, túneis, viadutos e passarelas. Ou seja, vão desde o espaço aéreo até o subterrâneo, e considerando a ineficiência do cadastro 2D para estas e outras áreas não citadas, mas que possuem igual ou maior complexidade, há necessidade de outra forma de cadastro. O cadastro 3D torna possível a diferenciação de domínio e utilização da superfície, porque se aproxima mais da realidade.

4. CADASTRO 3D

Historicamente os limites têm sido representados nos documentos através de linhas horizontais em um plano de representação, e que não representam a real tridimensionalidade do espaço, sendo assim os direitos de propriedade tem sentido tridimensional desde sua origem, porém seu uso sempre foi descrito através de elementos bidimensionais (CARNEIRO, ERBA, AUGUSTO, 2011). Assim como para Holzschuh, Amorim e Shimabukuro (2013), o cadastro tradicional é baseado em parcelas bidimensionais, os direitos e limites legais são registrados nessas parcelas. Entretanto, os limites das parcelas não são restritos ao plano bidimensional, pois possuem uma componente espacial tridimensional, i.e., altura e profundidade (CARNEIRO, ERBA, AUGUSTO, 2011).

O desenvolvimento urbano acelerado, a ocupação cada vez mais complexa do território, a crescente complexidade das infraestruturas de serviços urbanos e de transporte, e o surgimento de leis ambientais exigentes e restritivas, implica em direitos distintos sobre uma mesma porção territorial, o que requer um suporte maior do que oferecem os dados cadastrais baseados em planta e em informação 2D (CARNEIRO, ERBA, AUGUSTO, 2012). Nas áreas

de uso intenso, há uma tendência de utilização do espaço acima e abaixo da superfície, e construções acima umas das outras, com isso tem-se um aumento do número de cabos e tubulações (STOTER, SALZMANN, 2003). Stoter e Oosterom (2005), destacam que com o aumento na densidade populacional, ainda nas últimas décadas, houve um aumento significativo quanto ao número de imóveis que não se enquadram em edificações de um único pavimento, esse fato é mais notório em países com grande aptidão turística e pouca extensão territorial o qual a construção de edifícios passa a ser o padrão.

O maior problema dos edifícios encontra-se no direito de propriedade e na representação cartográfica do mesmo. Como a parcela é representada bidimensionalmente, não é tão simples representar os diversos serviços que se encontram disponíveis em um prédio comercial, por exemplo. Além disso, o direito de propriedade incide sobre o lote. Existem as leis de condomínio que preservam o uso de todos os proprietários do lote, e direitos de propriedade sobre o apartamento, o que evidencia claramente que o RI já tem uma abordagem tridimensional, embora isso não esteja explicitado (STOTER; OOSTEROM, 2005).

Cadastro deve utilizar a informação tridimensional em seus objetos de interesse, sobretudo as parcelas, estabelecendo novos paradigmas ao modelo de Cadastro estabelecido. Porém, é necessário entender a dinâmica de uso do espaço para que a informação 3D seja modelada de forma adequada, para ser utilizada de maneira eficaz (SOUZA, 2011).

De acordo com Stoter, Oosterom (2005) e Filin *et al.* (2005), o maior desafio é incorporar a “noção”, que se certifica como o complemento da tridimensionalidade ao cadastro convencional, a qual reforça que essa tarefa não se resume em simplesmente inserir uma coordenada de altura nas feições cadastradas, mas sim modelar o armazenamento dos dados e verificar os métodos de aquisição mais adequados.

Com essas colocações se fez necessário criar novos conceitos dentro do paradigma da tridimensionalidade, definido por Shoshani *et al.* (2005) como parcela espacial a qual tem uma unidade volumétrica de registro, com limites bem definidos abaixo ou acima da superfície a qual está inserida dentro de um bloco de registro, a qual uma área definida com coordenadas atenderá tanto a base do cadastro e o registro de imóveis.

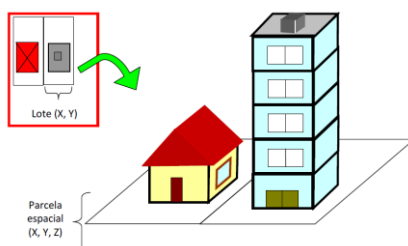


Figura 02: Esboço da visão convencional e a tridimensionalidade.

Fonte: SOUZA, 2011. p. 32.

Com a necessidade de se gerar uma modelagem dos dados para o cadastro a fim de atender as demandas das mais diversas áreas, os atributos cadastrados deverão ser referenciados a parcela espacial e a parcela ao bloco de registro, facilitando a representação dos dados de forma otimizada sem separar as informações já contidas no modelo convencional.

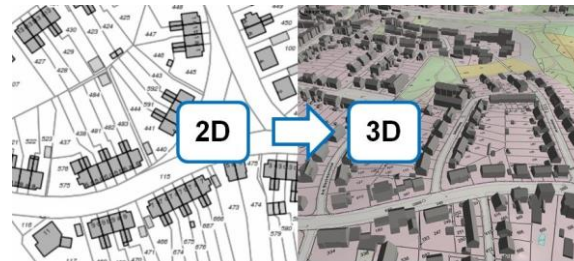


Figura 03: Demonstração da visualização de um Cadastro 2D e 3D.

Fonte: Riecken, 2015.

5. MODELO CADASTRAL APLICADO EM DIVERSOS PAÍSES

No momento em que observa-se o cenário mundial, em questões de planejamento e gestão, a utilização da tridimensionalidade que ao decorrer deste trabalho será tratada por cadastro 3D, não só os aspectos legais, mas também a modelagem destes dados e a representação gráfica. Alguns países modelos que podemos elencar como norteadores destas observações é a Holanda, Bélgica, Reino Unido, Alemanha, Eslovênia, Rússia e Austrália. A Holanda é um país piloto, o qual foi o primeiro a conseguir implantar de fato o cadastro 3D.

De acordo com Molen (2003), na Holanda o direito de apartamento aplicado é basicamente uma ação em uma propriedade conjunta a qual compreende em um uso exclusivo de certa parte de um edifício, o qual é definido como sistema monástico.

O mesmo autor exemplifica os sistemas belgo e alemão, que aplicam o sistema chamado dual, porque há propriedade legal do apartamento mais a propriedade conjunta de espaços comuns, no Reino Unido o nome *commonhold*, define as propriedades em comum em prédios, definido em alguns lugares do mundo como condomínio, no Brasil observamos que é aplicado o sistema parecido com o da Bélgica e Alemanha.

Com isso podemos destacar a importância quanto a definição da extensão dos direitos de propriedade no sistema de registro e imóveis, que seja apropriada para as parcelas espaciais.

Molen (2003), sugere a decisão de visualizar a descrição verbal do registro por uma representação geométrica, é muito adequada a objetos 3D, devido a corrente capacidade de representar objetos 3D, sendo então possível os registros de imóveis incorporarem os objetos legais 3D.

Na Alemanha, de acordo com Riecken (2015), às metas governamentais que tem por objetivo a proteção do clima e do meio ambiente estão atualmente produzindo amplas mudanças em diversos setores, dos quais ele destaca o setor de energia nuclear, o qual deverá cessar sua produção até 2020 e a redução de gases de efeito estufa. Com isso o planejamento em especial deverá levar em conta o uso de tecnologias fotovoltaica, energia geotérmica, energia eólica e isolamento energético de edifícios. A demanda do planejamento em conhecer essa nova dinâmica que irá afetar as cidades na Alemanha é de extrema relevância, portanto todas essas informações das novas tecnologias que serão utilizadas deverão ser levantadas, com isso o levantamento de informações através de um cadastro 3D vem de encontro a suprir esta demanda.

De acordo com Riecken (2015), às várias pesquisas já feitas, algumas informações mínimas são necessárias para se constituir um cadastro 3D, usando dados espaciais 2D

existentes e manter as informações atualizadas. O autor elenca algumas informações como: Número de andares, direção da cumeira e a altura do prédio. Muitas dessas informações já existem no processo de planejamento, porém com uma abordagem mais sistêmica no processo de coleta dos dados no futuro o cadastro 3D se torna mais sustentável.

De acordo com Lisec *et al.* (2017), os cadastros para registro de propriedade, têm relação direta com entidades e propriedades reais que sempre foram 3D, porém suas representações em mapas cadastrais usavam apenas da representação gráfica 2D, com base em limites e construções. Essa foi uma grande simplificação do modelo de propriedade real. O autor ressalta ainda que se o uso da terra, fosse aplicado apenas a superfície, seria impossível a gestão do território, O direito de possuir e usar a terra em determinadas parcelas é determinado a um espaço, estendido teoricamente verticalmente do centro da terra para o céu, mas sempre restrito na dimensão vertical por outros direitos como o mineral, direitos de uso da água, direitos do espaço aéreo entre outros.

O cadastro 2D, demonstrado por Lisec *et al.* (2017), deixou de atender as demandas de gestão territorial, o fato é elucidado pelo autor demonstrando que o princípio da legislação eslovena é sobre a propriedade imobiliária continua sendo o princípio romano da superfície, ou seja o edifício segue destino legal da terra. As exceções a este princípio são o direito de superfícies, que é o direito de possuir uma estrutura construída acima ou abaixo da terra pertencente a uma terceira pessoa e segundo a propriedade apartamento/condomínio. Essas duas exceções exigem uma solução técnica para se registrar as construções de forma a representar a propriedade real. Com isso podemos notar que a representação 2D das parcelas deixa de atender os requisitos de um registro de propriedades de forma transparente em todas as situações de imóveis.

Ao observar o Cadastro 3D introduzido na Rússia, Oosterom *et al.* (2012), expõem que o modelo utilizado é baseado na experiência dos países baixos, o estudo demonstra uma análise da legislação cadastral da Rússia a qual é genérica para situações de tridimensionalidade, a qual não aborda explicitamente situações 3D. A federação Russa tem caminhado na direção de um cadastro 3D, devido a complexidade dos edifícios, construções, redes de abastecimento, dutos e cabos.

De acordo com Aien *et al.* (2011) o cadastro 3D é essencial para o planejamento de área urbanas, o autor ressalta a regra do RRRs (rights, responsibilities and restrictions), o gerenciamento de direitos, responsabilidades e restrições da terra 3D, como sendo um dos desafios mais importantes na atual gestão territorial.

No trabalho exposto por Aien *et al.* (2011), o gerenciamento da propriedade se demonstra como um componente fundamental para o planejamento e desenvolvimento estratégico do território Australiano, o qual historicamente a legislação de propriedades atendeu aos registros 3D, a tendência é que os setores públicos e privados venham a contribuir para o cadastro 3D, porém alguns obstáculos técnicos no seu desenvolvimento são inevitáveis.

O suporte ao gerenciamento dos RRRs, está ligado diretamente ao cadastro 3D, pois o mesmo será capaz de armazenar, manipular, consultar, analisar, atualizar e visualizar os objetos cadastrais em 3D e seus direitos e restrições atrelados a terra.

Quando se trata de cidades inteligentes, a Singapura se destaca por ter estratégias e iniciativas apoiadas sobre o desenvolvimento de um mapa nacional 3D de alta precisão para atender algumas necessidades das quais Nicholls e Kruiemel (2018) destacam como as

atividades de planejamento urbano, controle de enchentes e aviação civil.

De acordo com Nicholls e Kruiemel (2018), a cidade-estado de Singapura, tende a ter um aumento de 10% em sua população até 2020, o que conseqüentemente gera uma necessidade de preparo de forma inteligente para garantir e manter a qualidade de vida dos habitantes residentes, e pelo fato de Singapura ter algumas limitações em se tratando de disponibilidade de terras, um desafio que se assemelha a algumas exposições já feitas em se tratando de grandes cidades Europeias o cadastro 3D se torna a alternativa.

O mapeamento 3D de alta precisão que está sendo realizado na Singapura tem como um dos objetivos de acordo com a Fundação Nacional de Pesquisas (NRF, 2018), é criar o *Virtual Singapore* que será um modelo de cidade dinâmica tridimensional (3D) e plataforma de dados colaborativos, incluindo e mapas 3D de Singapura o qual será também uma plataforma digital 3D autorizada destinada ao uso pelos setores público, privado, pessoal e de pesquisa. Ele permitirá que usuários de diferentes setores desenvolvam ferramentas e aplicativos sofisticados, planejamento e tomada de decisões e pesquisa sobre tecnologias para resolver desafios emergentes e complexos.

De acordo com Engman, (2016), a maioria dos planejamentos urbanos ainda são sobre produções 2D, por vezes um obstáculo comum era o alto custo de se gerar modelos 3D de uma cidade, com as rápidas alterações e avanços em questões tecnológicas tanto na captura, processamento e automatização dos dados geoespaciais, o 3D vem se demonstrando ter aplicabilidade que justifique seu custo.

O uso de ferramentas em um modelo 3D interativo baseado em Web aliadas ao planejamento urbano participativo, auxiliam na interação do cidadão com a administração o que em parte inicial pode reduzir frustrações e falta de comunicação dos cidadãos, tornando o feedback como uma informação valiosa, é o que o estudo de Engman, (2016), demonstra que a comunicação não só apoia a compreensão das situações como gera um feedback, que faz com que os usuários do sistema invistam tempo estudando propostas e planos, resultando em uma notável conscientização, sendo esta uma estratégia adequada, usar ferramentas 3D para tornar esse diálogo digital substancialmente participativo.

Para se ter sucesso em projetos deste tipo Engman, (2016), destaca que são projetos de alto custo, o que resulta em um fluxo de trabalho complexo, existindo muitas barreiras a serem superadas nas quais o autor inclui as questões organizacionais e o medo de utilizar novas tecnologias, com isso o comprometimento da administração pública é o fator de sucesso de a longo prazo, além de definir metas viáveis e alocar recursos adequados. Sem um projeto de publicidade correto, até os melhores projetos falham, com isso a comunicação com o público é peça fundamental no desenvolvimento.

A utilização de tecnologias Web, disponibilizando os dados 3D da cidade, nos mais diversos níveis de detalhe, faz com que a administração pública se comunique de forma mais efetiva sobre planos de ações que envolvam o espaço. Este tipo de medida permite que os cidadãos comentem e proponham melhorias, através de seu feedback local, o que traz uma participação pública maior. A implementação dos planos de desenvolvimento Urbano afetam a vida dos cidadãos que residem ou trabalham nestas áreas, uma problemática exemplo seria um alargamento de uma estrada existente, porém a mobilidade diminui, com isso os cidadãos ganham voz e transparência junto ao planejamento e desenvolvimento urbano. (ONYIMBI; KOEVA; FLACK, 2017)

No trabalho exposto sobre os desafios que o Instituto de Pesquisa de Chongqing (CSI) na China, observa-se que a caracterização topográfica da cidade que foi construída entre as montanhas e cercada por rios torna o mapeamento algo bem desafiador, com isso o mapeamento feito em 3D já se demonstra vantajoso.

De acordo com Coumans, (2017), o mapeamento 3D já é amplamente utilizando na cidade de Chongqing, nas áreas de planejamento urbano, gerenciamento de serviços públicos e simulação de construções, respostas emergenciais, etc. O banco de dados administrado pela CSI, cobre objetos espaciais em uma área de 82.000 km², dos quais inclui-se estruturas subterrâneas e acima do solo, estradas, terrenos e redes de tubulação. A regulamentação local já exige que quando um edifício ou projeto é concluído, os modelos 3D precisam ser inseridos no banco de dados, que é atualizado mensalmente.

Apesar da tecnologia 3D ser promissora, isso exige que as equipes técnicas, estejam em constante aprimoramento das habilidades tanto em engenharia de software, levantamentos topográficos, mapeamento, geologia e lei. (Coumans, 2017)

6. IMPLANTAÇÃO E PROBLEMÁTICA

Quando abordamos a questão da implantação de um cadastro 3D, é importante salientar a importância de ter dados espaciais e quais suas contribuições para o Cadastro Territorial Multifinalitário.

Para Philips (1996), o CTM trata-se de um sistema de banco de dados distribuídos (suplementos multifinalitários ou multifuncionais), com um núcleo que é o Cadastro básico de bens imobiliários ou base cadastral, sendo que esta base se compõe de:

- a) Carta de Cadastro imobiliário: base gráfica que representa a situação geométrica de uma propriedade em relação a outras propriedades em escala adequada;
- b) Base métrica: registro do levantamento técnico em forma de medições, cálculos, listas de coordenadas, arquivos de croquis, demarcação parcelar, amarrado à Rede de Referência Cadastral Municipal;
- c) Registro de parcelas: registro público das parcelas e dos lotes com os atributos mais importantes;
- d) Proprietários e direitos: registro legal de proprietários e obrigações do Registro Geral de Imóveis.

Quando se decide em estabelecer um cadastro 3D, várias fases podem ser definidas de acordo com Stoter *et al.* (2004), iniciando pela possibilidade de se estabelecer o registro e o seu enquadramento jurídico, fornecimento das informações 3D das propriedades, (ex: fornecimento de projetos no registro público, integração das informações 3D no registro cadastral), para complementar o estabelecimento de padrões coleta e estruturação destas informações.

Os principais problemas encontrados encontrado para criação do Cadastro 3D são, segundo Aydin *et al.* (2004):

- O direito de propriedade sobre as superfícies aéreas e subterrâneas deve ser definido e registrado nos serviços de registro, e deve fazer parte da base de dados cadastrais, além de ser atualizado continuamente;
- Os proprietários dos imóveis terão a obrigação de compreender e tolerar a definição de uma parcela 3D com a finalidade de requerer seus direitos;

• As situações jurídicas de sobreposição das parcelas, devem ser definidas de modo claro como, por exemplo, o direito de servidão (parcelas relativas a via de acesso à outras parcelas) e a proteção dos imóveis envolvidos;

• Dados tridimensionais gerados/coletados. Isso acaba elevando o custo de implementação e manutenção do cadastro 3D;

• A relação 3D-2D-3D não é simples de ser transformada e atualizadas, principalmente quando se trata de modelagem conceitual.

Há que se adicionar às problemáticas do autor, que o conceito utilizado no Brasil de parcela, a unidade básica de cadastro, está descrito nas Diretrizes (Portaria n.511/09) como parte contígua da superfície terrestre ou porção da superfície, não caracterizando/somando o espaço aéreo.

Em seu trabalho Stoter *et al.* (2004), avalia o cadastro em alguns países do mundo, ele utiliza algumas questões que servem de forma norteadoras para se estruturar e avaliar a qualidade de um cadastro 3D, sendo as seguintes questões:

- Como os imóveis 3D podem ser criados dentro do sistema jurídico atual?
- Qual foi o principal motivo para estabelecer o cadastro dos imóveis 3D?
- Os imóveis 3D possuem uma geometria 3D e dados consistentes?
- Os imóveis 3D existem no registro imobiliário?
- Caso existam, os mesmos estão integrados em um sistema cadastral?
- Quais são as principais deficiências do registro imobiliário que podem não permitir atender aos requisitos para a representação dos imóveis em 3D?

Constata-se, portanto, que para determinar se realizar uma análise e compreensão dos mais diversos cenários que se tem observado é necessário que tenhamos dados que estejam de acordo com a situação real, o trabalho exposto por Araújo e Oliveira (2016), caracteriza as sobreposições de parcelas espaciais, algumas das situações mais comuns encontradas no ambiente dos grandes centros urbanos do Brasil, ao qual a proposta do cadastro 3D tem uma significativa correlação.

Destaca-se aqui o caso da cidade de Recife-PE, a qual regulamenta desde 2003 a instalação de passarelas em locais públicos, criando uma jurisdição municipal para definir a concessão de direitos sobre o espaço aéreo acima das vias públicas (ARAÚJO; OLIVEIRA, 2016).



Figura 04: Passarela da cidade de Recife-PE

Fonte: Araújo; Oliveira (2016).

De acordo com Araújo e Oliveira (2016) a urbanização brasileira ocorreu em ritmo acelerado e a alta demanda por ocupação espaços no território facilitou a verticalização das cidades e gerou uma infinidade de outros casos em cidades que não tem o mesmo aparato legal, destaca-se algumas situações como passarelas e sacadas de prédios, que ocorre nas figuras, 04

e 05.



Figura 05: Exemplos de sobreposição de parcelas.
Fonte: Araújo E Oliveira (2016).

Respectivamente nos exemplos da figura Blumenau/SC, Teresina/PI, Pato Branco/PR, com isso certifica-se a ausência de legislação cadastral no Brasil, a solução apresentada por Araújo e Oliveira (2016) é um sistema de advertências e para efeito do cadastro a indicação dos direitos, restrições e responsabilidades acima ou abaixo da superfície, destacando que esta opção é compatível com alguns instrumentos já existentes na legislação brasileira como o Estatuto da Cidade e os seus planos diretores locais.

De acordo com Oosterom (2013), as limitações da geometria euclidiana na expressão multidimensional causam problemas na extensão do desenvolvimento do cadastro 2D para o 3D, pois ainda não há modelos de dados cadastrais 3D universalmente aceitos para representações de geometrias complexas de forma eficiente. Como armazenar e atualizar a geometria e relações topológicas para objetos cadastrais 3D no banco de dados de forma eficiente ainda é um desafio no desenvolvimento do cadastro 3D.

Observado essa problemática, quanto a modelagem dos dados, reforça a importância do planejamento de um banco de dados, o qual deve retratar todos os atributos dos objetos, fenômenos e operações que nele serão armazenadas, onde as pesquisas que evoluem neste cenário procuram otimizar os recursos e melhorar a eficácia nas consultas a informações.

No trabalho de Billen e Zlatanova (2003), são expostas alternativas para que seja possível saber os detalhes da parcela através do 3D, com isso algumas hipóteses para isto são exemplificadas dentro do contexto urbano onde se tem grande quantidade de dutos, túneis, sistemas metroviários e outros.

Frente a problemática das relações topológicas e tipos de variáveis para armazenamento de dados, é observado em Ravada, Kazar, Kothuri (2009), que bancos de dados comerciais como Oracle Spatial®, já iniciam a ter suporte para os dados tridimensionais.

Observa-se no trabalho exposto por Souza (2011) que um modelo de parcela espacial que atenda à incorporação da informação tridimensional deve levar em conta alguns aspectos importantes [...] no caso do Brasil, por exemplo, há diversos padrões de parcela, sendo que essa ausência de um padrão para a parcela faz com que o gerenciamento do Cadastro seja problemático em uma cidade, sem possibilitar o uso de uma solução genérica para vários lugares. O autor ainda pontua sobre uma vantagem em se trabalhar com uma estratégia de aquisição de dados e parcelas espaciais para locais sem modelo cadastral definido, uma vez que não se prende a um padrão pré-estabelecido e também não será um problema a inclusão desses mesmos dados em um modelo posterior a ser adotado.

Observa-se que existem diversas alternativas de modelo de parcelas espaciais as quais levam em conta a viabilidade técnica de implantação nos bancos de dados CAD e SIG. Portanto

ainda que não idealmente, estes modelos têm de alguma forma norteado a utilização da informação tridimensional tanto para SIG como também cadastro.

De acordo com Arens et al. (2005), o poliedro é o modelo que mais se destaca pelo fato da facilidade de implementação, porém as relações topológicas com os objetos contidos nele não são tarefas tão comuns.

Colocar redes de serviços públicos no subsolo é agora uma prática comum em muitos países, enquanto os desafios técnicos existem, questões administrativas e legais também apresentam problemas, uma vez que a presença de redes subterrâneas cria restrições e obrigações para os proprietários de superfície (POULIOT, GIRARD, 2016).

7. ANÁLISES E RESULTADOS

O cadastro 3D corrobora quando observado alguns exemplos de outros países para uma maior eficiência da transparência, pelo fato de se ter mais riqueza de dados e informações acessíveis ao cidadão com isso certifica-se uma necessidade no auxílio no desenvolvimento de pesquisas científicas dentro da comunidade jurídica e tecnológica para um aproveitamento ainda maior deste cadastro.

Observa-se que a utilização do cadastro de 3D como ferramenta de tomada de decisões abrange muitas atividades, como em casos de planos de emergência também pode ser aplicado em áreas que podem ser melhores geridas com modelos 3D de parcela, sobreposições, sacadas, passarelas, túneis, estacionamentos subterrâneos, dutos e etc.

O fato do uso da tridimensionalidade nos mapeamentos urbanos demonstra de certa forma com mais precisão a paisagem física, com isso o uso do cadastro 3D auxilia no desenvolvimento de um plano diretor e código de obras mais eficiente pelo fato de levar em conta elementos tridimensionais que de certa forma influenciam direta e indiretamente.

Ao observar o paralelo entre a Alemanha que está implantando um sistema 3D para mapeamento das placas solares e o mapeamento sendo feito na Singapura para gerar o Singapura Virtual, certifica-se a aplicabilidade do cadastro tanto em questões de estudo de viabilidade com os dados de altura dos edifícios e superfície dos telhados, gera-se um quantitativo de luz solar disponível, permitindo uma análise do potencial de instalação de painéis solares, ou como em um sistema para controle e planejamento que é o caso alemão.

Algumas atividades que se tornaram mais triviais dentro do paradigma do cadastro 3D pelo fato de se ter mais acessibilidade em ferramentas GIS, Web, HTML, nuvem e hardwares, que auxiliaram em tornar a interação dos dados mais fácil tornando todas as informações a “um clique de distância”.

O planejamento e tomada de decisões que o cadastro 3D ajuda a desenvolver dentro das gestões é algo a ser discutível dentro das mais diversas aplicabilidades úteis que se tem, não se restringindo a um seletivo grupo, setor ou órgão, o Cadastro 3D vem se demonstrando como uma ferramenta que em cenários de alta complexidade, a utilização do mesmo pode tornar mais trivial certas ações.

Com isso, certifica-se que, toda esta tecnologia adotada e demonstrada para se ter um gerenciamento na questão do crescimento de grandes centros está diretamente ligada a questões geoespaciais, que visam corroborar para que se tenha uma maximização no aproveitamento dos recursos que vem se demonstrando cada vez mais limitados dentro de certas regiões de grandes

centros.

No caso da cidade de Chongqing, a integração dos dados 3D das construções concluídas é regulamentado localmente, o que é uma ação que auxilia o município em desenvolver bem seu plano diretor, código de obras, etc.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

No Brasil têm surgido iniciativas para fomentar o CTM, como a Portaria n. 511/09 do Ministério das Cidades. Apesar destas iniciativas e de estudos sobre o assunto, a atual realidade cadastral não propicia o desenvolvimento de um cadastro multifinalitário. É fundamental reiterar a importância de se ter informações e dados territoriais para o cadastro de qualidade, atualizados e acessíveis para instituições, atores políticos e privados, para benefício comum.

O princípio básico do CTM é a parcela, sem a padronização desta menor unidade cadastral associada a um identificador único e inequívoco, não é possível o compartilhamento de informações de modo efetivo. O conceito de objeto territorial vem para diferenciar as porções de terra com direitos/restrições especiais ou sem direitos/restrições especiais. Estes direitos interceptam entre si e, portanto, implicam em conflitos. Especialmente em áreas urbanas densamente ocupadas.

O cadastro tradicional é elaborado com base na bidimensionalidade. Nestas áreas conurbadas a carência de dados e informações geram registros não efetivos, que não consideram todos os múltiplos direitos de propriedades e suas sobreposições. Tem-se então a necessidade de individualização destes direitos, e mudanças da bidimensionalidade para a tridimensionalidade no cadastro, buscando progressivamente uma visão do mundo real.

É importante esclarecer que o sistema comum em diversas partes do mundo de cadastro 2D, baseado em parcelas 2D ainda é suficiente em muitos casos. No Brasil, esta é uma solução real diante do atual sistema de cadastro, porém não é a ideal. O modelo de registro cadastral 2D com referências a situações 3D também não fornece uma base de registros eficientes e sustentáveis para o futuro (STOTER; SALZMANN, 2003). Em contrapartida, o modelo de cadastro 3D completo é muito abrangente e é ainda uma realidade distante para o cadastro territorial brasileiro. Portanto, a solução mais viável é começar o registro cadastral 2D atual e ampliá-lo com a associação da tridimensionalidade para as situações que a necessitarem (Tabela 01).

Tabela 01: Modelos de cadastros propostos por Stoter (2004) e as possibilidades de implantação no Brasil segundo Carneiro, Erba e Augusto (2011).

Modelos	Descrição	Implantação no Brasil (CARNEIRO; ERBA; AUGUSTO, 2011)
Associação 2D - 3D	modelo simplista, associando às informações tradicionais (2D), informações 3D	modelo mais realista para aplicação, especialmente por não exigir alterações significativas na estrutura legal e administrativa
Híbrido 2D/ 3D	utilização do cadastro 2D das parcelas em comunhão ao cadastro 3D dos OTL que exijam relevância na componente vertical	modelo mais adequado para aplicação, cadastrando objetos existentes acima e abaixo da superfície terrestre
3D	modelo de cadastro 3D completo	modelo ideal, porém atualmente não é viável do ponto de vista

		legal e também cadastral, uma vez que ainda não se tem efetivamente um Cadastro Técnico Multifinalitário 2D
--	--	---

Referências Bibliográficas

AIEN, A. et al. Aspects of 3D Cadastre- A Case Study in Victoria. FIG Working Week 2011, Marrakech, Morocco.

AIEN, A. et al. **Converting Building Plans of Subdivision 3D Cadastre in Victoria Australia**, University of Melbourne, Australia. 2011. Disponível em: <<https://www.gim-international.com/content/article/3d-cadastre-in-victoria-australia>>. acessado em 20 de abril de 2018.

AMORIM, A; MALAMAN, C. S; SASS, G. G. A Modernização dos Processos de Atualização Cadastral e as Análises Temporais. Revista Brasileira de Cartografia. Nº 65/2, p. 375-382, 2013.

AMORIM, A. L. de. Cidades Inteligentes e City Information Modeling. In: XX Congresso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital [=Blucher Design Proceedings, v.3 n.1]. São Paulo: Blucher, 2016.

AMORIM, A. L. de. Discutindo City Information Modeling (CIM) e conceitos correlatos. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 87-99, jul./dez. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.103163>>. Acesso em: 10 mai. 2018.

ARAÚJO Adolfo Lino de, OLIVEIRA Francisco Henrique de. **Overlapping Characterization of Spatial Parcels in Brazil: Case in Florianopolis**. 2016. 5th International FIG 3D Cadastre Workshop 18-20 October 2016, Athens, Greece. p. 14.

AYDIN C. C.; DEMIR O.; ATASOY, M. Appropriate Technologies for Good Land Administration II – 3D Cadastre. Third Dimension (3D) Cadastre and Its Integration with 3D GIS in Turkey. FIG Working Week 2004. Athens, Greece, May 22-27, 2004.

BILLEN, R; ZLATANOVA, S. **3D spatial relationships model: a useful concept for 3D cadastre**. Computers, Environment and Urban Systems, Volume 27, Number 4, July 2003, pp. 411- 425 (15).

BRASIL. Ministério das Cidades. Portaria nº. 511, de 7 de dezembro de 2009. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 dez. 2009. Seção 1, p.75.

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.

CARNEIRO, A. F. T. Cadastro e Registro de Imóveis em áreas rurais e urbanas: A Lei 10.267/2001 e experiências nos municípios de São Paulo e Santo André. Revista Brasileira de Cartografia. Nº 53, pp. 73-81, 2001.

COUMANS, F. **3D GIS in China**. Chongqing Survey Institute Realised What Many Still Deam of. 2017. Disponível em: <<https://www.gim-international.com/content/article/3d-gis-in-china-2>> Acessado em: 15 de jun. de 2018.

ENGMAN. H. **Web-Based 3D in Urban Planning**. Exemples and Critical Sucess Factors. 2018. Disponível em <<https://www.gim-international.com/content/article/web-based-3d-in-urban-planning>> Acessado em: 15 de jun. de 2018.

FIG - FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE GEÔMETRAS. Statement on the cadastre. International Federation of Surveyors, FIG Bureau, Canberra, Australia. 1995. 13 p.

FIG - FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE GEÔMETRAS. Cadastre 2014 - A vision for a future cadastral system. FIG Publication, 1998. Disponível em:<http://www.fig.net/pub/figpub/pub11/figpub11.htm#Introduction>>. Acesso: 12 jun. 2018.

FILIN, S; KULAKOV, Y; DOYTSHER, Y. **Application of Airborne LASER Technology to 3D Cadastre**. FIG Working Week 2005 and GSDI-8. Anais Eletrônicos. Cayro, Egypt, 2005.

HASENACK. M. A Cartografia Cadastral no Brasil. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. 201 p.

ISIKDAG, U.; ZLATANOVA, S. Towards defining a framework for automatic generation of buildings in CityGML using building Information Models. In 3D Geo-Information Sciences. pp. 79-96. Springer Berlin Heidelberg. 2009.

KIM, S. et al. Development of a 3D Underground Cadastral System with Indoor Mapping for As-Built BIM: The Case Study of Gangnam Subway Station in Korea. Sensors, 15, 2015.

KOLBE T. H.; GRÖGER G.; PLÜMER, L. CityGML – Interoperable Access to 3D City Models. In: Proceedings of the Int. Symposium on Geo-Information for Disaster Management, Delf, 2005.

LISEC Anka, FERLAN Miran, TEKAVEC Jernej. **3D Modelling of a Cadastral Treasure in Slovenia - Towards a 3D Cadastre in Slovenia**. 2017. <<https://www.gim-international.com/content/article/towards-a-3d-cadastre-in-slovenia>> acessado em 19 de abril de 2018.

LOCH, Carlos. Cadastro técnico multifinalitário: instrumento de política fiscal e urbana. In:

ERBA, Diego Alfonso; OLIVEIRA, Fabrício Leal; LIMA JUNIOR, Pedro (org.) Cadastro multifinalitário como instrumento de política fiscal e urbana. Rio de Janeiro: 2005.

MOLEN, P. v.d **Institutional aspects of 3D cadastres Computers**, Environment and Urban Systems. Volume 27, Issue 4, July 2003, Pages 383-394.

NICHOLLS, B.; KRUIEMEL, D. **Singapore: Towards a Smart Nation. Underpinned by a 3D National Map**. 2018. Disponível em: <<https://www.gim-international.com/content/article/singapore-towards-a-smart-nation>> Acessado em: 15 de jun. de 2018.

NRF. National Research Foundation. **Virtual Singapore**. 2018. Singapura virtual: Disponível em: <<https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore>> Acessado em: 15 de jun. de 2018.

OLDFIELD, J. et al. Working with Open BIM: Standards to Source Legal Spaces for a 3D Cadastre. 2017.

OLIVEIRA, F. H. Manual de Apoio – CTM: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário nos municípios brasileiros. Brasília: Ministério das Cidades, 2010. p. 31-47.

ONYIMBI, J. R.; KOEVA, M.; FLACKE, J. **Public Participation Using 3D City Models**. E-participation Opportunities in Kenya. 2017. Disponível em: <<https://www.gim-international.com/content/article/public-participation-using-3d-city-models>> Acessado em: 15 de jun. de 2018.

OOSTEROM Peter Van, VANDYSHEVA Natalia, IVANOV Anatoly, PAKHOMOV Sergey, SPIERING Boudewijn, STOTER Jantien, ZLATANOVA Sisi. **Design of 3D cadastre model in the Russian Federation**. Geospatial World - March 5, 2012. <<https://www.geospatialworld.net/article/design-of-3d-cadastre-model-in-the-russian-federation/>>. Acessado em 30 de Abril de 2018.

OOSTEROM Peter Van (2013). **Research and development in 3D cadastres**. Computers, Environment and Urban Systems, vol.40, 1–6.

PAIXÃO, SILVANE KS; NICHOLS, SUE; CARNEIRO, ANDREA FT. **Cadastro Territorial Multifinalitário: dados e problemas de implementação do convencional ao 3D e 4D**. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 18, n. 1, 2012.

PHILIPS, J.; **Os dez mandamentos para um Cadastro moderno de bens imobiliários**. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 2. Florianópolis, 1996. Anais.p .170-183.

Philips, J.: Conceito de imóvel e parcela no cadastro georreferenciado, Boletim do IRIB em Revista, Nº 325/2006, p. 104

PHILIPS, J. Manual de Apoio – CTM: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário nos municípios brasileiros. Brasília: Ministério das Cidades, 2010. p. 15-29.

POTSIOU, C. A.; IOANNIDIS, C. **Low Cost Technologies and Techniques in Implementing Cadastral and Spatial Information Management Infrastructure**. In: FIG REGIONAL CONFERENCE, 2, 2003, Marrakech, Marrocos. Anais eletrônicos.

POTSIOU, C. A.; IOANNIDIS, C. **Low Cost Technologies and Techniques in Implementing Cadastral and Spatial Information Management Infrastructure**. In: FIG REGIONAL CONFERENCE, 2, 2003, Marrakech, Marrocos. Anais eletrônicos.

POULIOT, GIRARD, Canada. Subsurface Utility Network Registration and The Publication of Real Rights: Towards Full 3D Cadastre. FIG Working Week 2016 Recovery from Disaster, May 2-6, 2016.

RAVADA, S.; KAZAR, B. M.; KOTHURI, R. **Query processing in 3d spatial databases: Experiences with oracle spatial 11g**. In J. Lee and S. Zlatanova, editors, 3D Geo-Information Sciences, pages 153–173. Springer, 2009.

RIECKEN Jens, **Multi-dimensional Cadastre: 3D and 4D 3D Data for Environmentally and Energetically Relevant Topics**. 2015. <<https://www.gim-international.com/content/news/germany-s-progress-towards-a-multi-dimensional-cadastre>> Acessado em 18 de abril de 2018.

SANTOS, J. C.; FARIAS, E. S.; CARNEIRO, A. F. T. Análise da parcela como unidade territorial do Cadastro Urbano brasileiro. Boletim de Ciências Geodésicas. Curitiba, v. 19, no 4, p.574-587, out-dez, 2013.

SOUZA Guilherme Henrique Barros de. **Método de Modelagem da Parcela Espacial para o Cadastro Tridimensional**. Tese de doutorado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas da Universidade Estadual Paulista – Campus de Presidente Prudente, São Paulo. 2011. p. 97.

STADLER, A.; KOLBE, T. H. Spatio-semantic coherence in the integration of 3D city models. International archives of photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. Proceedings of the WG II/7 5th international symposium spatial data quality 2007 with the theme: Modelling qualities in space and time, pp. 8.

STOJANOVSKI, T. City Information Modeling (CIM) and Urbanism: blocks, connections, territories, people and situations. In: Symposium on Simulation for Architecture and Urban

Design, 2013, San Diego. Anais eletrônicos. Disponível em:
<<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2500016>>. Acesso em: 12 mai. 2018.

STOTER, J. E.; OOSTEROM, P. J. M. **Technological aspects of a full 3D cadastral registration**. International Journal of Geographical Information Science, v. 19, n. 6, 2005. p 669 – 696.

STOTER, J. E. 3D Cadastre. Delft: Nederlandse Commissie voor Geodesie (NCG), 2004. - 327 p. 24 cm. - (Netherlands Geodetic Commission NCG: Publications on Geodesy: New Series) PhD thesis Delft University of Technology.

STOTER Jantien E., OOSTEROM Peter J. M. van, D. PLOEGER Hendrik ,AALDERS Henri J. G. L. **Conceptual 3D Cadastral Model Applied in Several Countries**. 2004. TS25 – Appropriate Technologies for Good Land Administration II – 3D Cadastre. FIG Working Week 2004. Athens, Greece, May 22-27, 2004. p. 27.

THOMPSON, E. et al. Planners in the future city: using city information modelling to support planners as market actors, Urban Planning, 1(1), 79-94. (Inaugural Edition). 2016.

TSE R. O. C., Gold C (2003). **A proposed connectivity-based model for a 3-D cadaster**. Computers, Environment and Urban Systems, vol.27, 427–445.

XU, X. et al. From building information modeling to city information modeling, Journal of Information Technology in Construction (ITcon), Special Issue BIM Cloud-Based Technology in the AEC Sector: Present Status and Future Trends, Vol. 19, pg. 292-307. 2014. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2014/17>>. Acesso em: 15 mai. 2018.

YING S., Guo R. Z., Li L., Van Oosterom P., Stoter J (2014). **Construction of 3D volumetric objects for a 3D cadastral system**. Transaction in GIS, doi:10.1111/tgis.12129.

ZHANG Jiyi, YIN Pengcheng, LI Gang, YU Zhaoyuan, HU Di, ZANG Yongyi. **A New Method for 3D Cadastral Parcel Merging Based on Conformal Geometry Algebra**. Fig Working Week 2016, Recovery from Disaster, Christchurch, New Zealand, May 2–6, 2016.

ZLATANOVA S., RAHMANB A. A., SHI W. Z (2004). **Topological models and frameworks for 3D spatial objects**. Computers & Geosciences, vol.30, 419–428.