

ANÁLISE DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE INFRAESTRUTURA URBANA E SEUS IMPACTOS NA CONSTRUTIBILIDADE: ESTUDO DE CASO DE UM LOTEAMENTO RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE SINOP – MATO GROSSO

**PAULO VICTOR FERREIRA BÔLA¹
KÊNIA ARAÚJO DE LIMA SCARIOT²
ANDRÉIA ALVES BOTIN³**

RESUMO: A qualidade de uma obra de infraestrutura urbana se relaciona diretamente com a concepção dos projetos que a compõe. A área de projetos ainda é uma atividade pouco valorizada e, por isso, os projetos são encaminhados ao canteiro de obra repleto de erros. O presente estudo pretendeu analisar os projetos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem de águas pluviais de um loteamento residencial na cidade de Sinop – MT. Utilizando as ferramentas digitais, foram modelados trechos extraídos dos projetos complementares, a fim de se analisar e destacar os problemas entre as redes principais de drenagem e esgoto. Constatou-se 38 incompatibilidades, em sua maioria, o choque das bocas de lobo com a rede principal de esgoto. Também foi possível observar o choque das tubulações dos dois sistemas em quase todos os cruzamentos. Criar uma harmonia entre todas as partes que compõe os sistemas de infraestrutura permite um planejamento mais assertivo sem surpresas e tomada de decisões imediatas na fase de execução. Portanto, é imprescindível que seja feita uma compatibilização projetual ainda em fase de concepção.

PALAVRAS-CHAVE: BIM; Compatibilização de projetos; Infraestrutura.

ANALYSIS OF COMPATIBILITY OF URBAN INFRASTRUCTURE PROJECTS AND ITS IMPACTS ON CONSTRUCTIBILITY: A CASE STUDY OF A RESIDENTIAL ALLOTMENT IN THE MUNICIPALITY OF SINOP – MATO GROSSO

ABSTRACT: The quality of an urban infrastructure project is directly related to the design of the projects that comprise it. The project area is still an undervalued activity and, therefore, projects are sent to the construction site full of errors. The present study intended to analyze the water supply, sewage and rainwater drainage projects of a residential subdivision in the city of Sinop – MT. Using digital tools, sections extracted from complementary projects were modeled in order to analyze and highlight problems between the main drainage and sewage networks. 38 incompatibilities were found, the majority of which were due to the collision of storm drains with the main sewage network. It was also possible to observe the clash of the pipes of the two systems at almost all intersections. Creating harmony between all the parts that make up the infrastructure systems allows for more assertive planning without surprises and immediate

¹ Acadêmico de graduação, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe – UNIFASIFE. Endereço eletrônico: paulo_victorf@outlook.com

² Professora Mestra, em Engenharia Civil e Ambiental, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe – UNIFASIFE. Endereço eletrônico: keniaaraujolima@hotmail.com

³ Professora Doutora, em Biotecnologia e Biodiversidade, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Fasipe – UNIFASIFE. Endereço eletrônico: andreia.botin@yahoo.com.br

decision-making in the execution phase. Therefore, it is essential that design compatibility is carried out while still in the design phase.

KEYWORDS: BIM; compatibility projects; infrastructure.

1. INTRODUÇÃO

A forte expansão do mercado imobiliário brasileiro tem demandado cada vez mais a utilização da infraestrutura urbana, integrando parte do setor da construção civil, conforme explica Vosgueritchian (2015). Vale ressaltar que a elaboração destes empreendimentos requer uma série de projetos – arquitetônicos, instalações elétricas e hidro sanitárias (ÁVILA, 2011). Tais empreendimentos buscam suprir a demanda do mercado e a obtenção de lucro, com isso nasce a problemática de desprezar a importância do planejamento durante a fase de projeto.

A área de projetos é uma atividade pouco valorizada, e por envolverem vários profissionais durante sua concepção, tem-se um projeto final incompatível e repleto de erros destinados ao canteiro de obras (CALLEGARI, 2007). A compatibilização de projetos, segundo Limeira e Ayres (2015), trata-se de um conjunto de soluções integradas a fim de tornar o empreendimento executável, ou seja, é uma ferramenta de compatibilização que busca extinguir interferências entre todos os projetos, no intuito de reduzir o retrabalho, tempo e desperdício de insumos. Santos, Branco e Abreu (2013) reiteram que a compatibilização é a comunicação entre os elementos construtivos, com o objetivo de visualizar e reduzir interferências que possam surgir durante a fase executiva.

As frequentes atualizações tecnológicas dos *softwares* de projetos tornarão as ferramentas de compatibilização indispensáveis, com isso, a capacitação deste setor se fez necessária, devido ao aumento da competitividade deste mercado. Desta maneira, a compatibilidade entre todas as partes dos projetos resulta em um produto final otimizado, custos reduzidos e qualidade elevada (AMARAL; BRAGA, 2022).

Tendo isso em vista, o presente trabalho teve por objetivo analisar a compatibilização de projetos de infraestrutura urbana e seus impactos na construtibilidade. Especificamente buscou-se analisar os projetos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem de águas pluviais de um loteamento residencial no município de Sinop – Mato Grosso. Para isso, identificou-se de maneira analítica as incompatibilidades existentes nos projetos e destacar as sobreposições encontradas, destacou-se os erros mais recorrentes na compatibilização dos projetos analisados e, além disso, a pesquisa ainda se dispôs a indicar os possíveis problemas acarretados na fase execução da obra.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Infraestrutura urbana

A palavra infraestrutura teve origem no século XX na França, derivada do prefixo *infra*, abaixo ou sob a parte de um corpo; e *estrutura*, relações entre as parte ou elementos de algo complexo ou um objeto construído através de diversas partes. A definição de infraestrutura associa-se a estruturas e instalações físicas necessárias ao funcionamento da sociedade, tais como vias, redes elétricas e rede de saneamento (VOSGUERITCHIAN, 2015).

Zmitrowicz e Angelis (1997) aconselham que a infraestrutura urbana deve propor condições apropriadas de moradia, saúde, segurança e lazer, visando ao aspecto social. Se tratando do meio socioeconômico, deve-se pensar no desenvolvimento das atividades

produtivas, bem como na forma de produção e sua comercialização, uma infraestrutura urbana qualitativa assegura também que atividade do meio político-administrativo tenha elementos necessários para seu desenvolvimento.

2.1.1 Loteamento urbano

No Brasil, os loteamentos são regulamentados pela Lei de Parcelamento de Solos Urbanos, Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, na qual constam os processos para realização de um empreendimento urbano.

De acordo com Sinop (1983), conforme prescrito no código de obras, Lei nº 22 publicada no site da Prefeitura Municipal de Sinop – MT, um loteamento é a divisão de uma grande área em lotes destinados à edificação. Para Vosgueritchian (2015), a regulação pública da infraestrutura e dos serviços associados ao desenvolvimento urbano regional é fundamental, com objetivo de fomentar a capacidade de articulação com o entorno e outras localidades do contexto urbano, para que possa atingir seu desempenho máximo.

Cada município regulamenta suas particularidades respeitando devidamente os sistemas de construção contidos e discriminados na Lei de Uso e Ocupação de Solo Urbano, permitindo aos lotes receber edificações para habitação ou comércio (IWATA, 2012).

2.2 Estudo preliminar para loteamento

A área a ser loteada requer um estudo analítico preliminar; deve-se levar em consideração a legislação vigente, promover o bem-estar e sempre buscar reduzir ao máximo os impactos causados ao meio ambiente. Um projeto de loteamento deve ser composto por uma infraestrutura básica, por exemplo, contando com rede de abastecimento de água, rede de esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais, guias e sarjetas, pavimentação asfáltica, rede de energia elétrica e requisitos de acessibilidade (ZIBETTI e BEDIN, 2017).

No Brasil, para a implantação de um loteamento com fins urbanos, leva-se em conta o plano diretor de cada cidade, bem como a Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Em Sinop-MT, o órgão responsável pela análise e aprovação de projetos para implantação de um empreendimento é o Núcleo de Projetos e Desenvolvimento Urbano de Sinop (PRODEURBS). Assim, se faz toda análise e demanda das necessidades do contexto urbano e desenvolvimento da cidade de Sinop, sendo analisados de maneira crítica os projetos urbanísticos e paisagísticos. Isso acontece a fim de mitigar futuras inconsciências ou até mesmo promover uma habitação de qualidade para futuros moradores, através do plano diretor, então, são analisados tamanho de terrenos, áreas de preservação permanente, áreas verdes entre outros. Através desse órgão fiscalizador, tem-se um controle do desenvolvimento habitacional para que novos loteamentos urbanos possam surgir com a finalidade de contribuir para o bem social (PRODEURBS, 2023).

2.2.1 Serviços topográficos

De acordo com Zibetti e Bedin (2017), é necessário a elaboração do planialtimétrico da área a ser loteada, etapa essa muito importante para observar a declividade da área. No mapa e memorial descritivo é apresentado o perímetro da área com as medidas e confrontações que devem ser comparadas com a matrícula do imóvel. Assim, ao apresentar alguma divergência, deve ser feito um processo chamado de retificação de área juntamente ao cartório de imóveis.

Destaca-se que a retificação deve ocorrer antes da elaboração do projeto urbanístico e de infraestrutura do loteamento, já que obter o perímetro correto da área evita atrasos na aprovação do projeto. Contudo, Borges (2013) ressalta a importância do acompanhamento

topográfico em loteamentos durante a concepção, sua fase de implantação, e o acompanhamento técnico como um “meio” para se reduzir o custo e o tempo empregado.

2.3 Elaborações técnicas de projetos

A ABNT (2012) NBR 5674 propõe que um projeto bem elaborado de forma gráfica e escrita voltado para um serviço ou obra de engenharia buscam definir de maneira ampla seus atributos técnicos, econômicos e financeiros.

O projeto na construção civil, por mais informativo que seja, deve ser capaz de reduzir a existência de manifestações patológicas, garantir características na qualidade do empreendimento, gerando reflexos positivos, possivelmente reduzindo o tempo total empregado na execução. Devendo, portanto, observar a segurança do trabalhador e a preservação do meio ambiente, tanto na fase de execução da obra como no uso (OLIVEIRA; FABRÍCIO; MELHADO, 2004).

2.3.1 Esgotamento sanitário

Conforme detalhado na NBR 9648 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986), o sistema de um esgotamento sanitário, o qual explica que os resíduos produzidos pela população são captados por um sistema composto de uma rede coletora, que comporta poço de visita, terminal de ligação, linha de recalque, emissário e estação elevatória. A norma assegura o assentamento diretamente sobre o solo, tendo profundidade mínima de 1,5 metros e sendo inferior à rede de água para evitar infiltrações. É importante que a rede esteja disposta no eixo da rua ou até mesmo 1/3 da largura da mesma, tendo como diâmetro usual Tubo de PVC corrugado DN 150 mm. Os poços de visita geralmente são os dispositivos de inspeção e proporcionam a manutenção e a limpeza da tubulação, também são utilizados para mudança de direção da rede.

Segundo o Manual Graprohab (2021), o projeto do sistema de esgotamento sanitário deve conter projeto e detalhamento da rede coletora, memorial descritivo, planilhas de cálculos, ensaio de infiltração e nível do lençol freático.

2.3.2 Rede de abastecimento de água

O abastecimento de água potável pode ser definido por três diferentes tipos: abastecimento por rede pública já existente, por sistema isolado ou por poços individuais. Em um projeto de loteamento, verifica-se com o órgão fiscalizador qual o sistema mais adequado, através das diretrizes e legislações vigentes. Se o abastecimento for originado pela rede pública, deverá constar a identificação do ponto de interligação e vazão disponível, pressão, cotas piezométricas e se a vazão existente é capaz de suprir a necessidade do loteamento (BRUNELLI e SANTOS, 2013).

O Manual Graprohab (2021) solicita, para aprovação dos projetos do sistema de água potável, os seguintes itens: carta de diretrizes do órgão responsável, memorial de cálculo, planta geral de implantação, contendo o traçado da rede de distribuição até o ponto de interligação com a rede pública e, quando o sistema de abastecimento ocorrer de forma isolada, deve-se apresentar projetos da captação, adução, estação elevatória e estação de tratamento da água, entre outros.

2.3.3 Drenagem de águas pluviais

Para Viola (2008), a inexistência de uma visão sistêmica aplicada à drenagem urbana é a principal responsável pela baixa eficácia no controle de enchentes. Em decorrência disso, o mau gerenciamento das águas pluviais pode causar impactos negativos ao ecossistema urbano,

como a desestabilização do regime de escoamento, desequilíbrio da fauna e da flora, enchentes e proliferação de doenças.

Com o objetivo de sanar quaisquer possíveis intercorrências, o projeto de drenagem de águas pluviais é elaborado a partir do estudo da precipitação das chuvas, micro drenagem com a delimitação das bacias de contribuição, bem como as inclinações corretas dos dispositivos que complementam a estrutura de coleta e condução das águas pluviais, por exemplo, guias e sarjetas, bocas de lobo, caixas de passagem, poços de visitas e dissipadores de energia (MOTTA, 2014).

A ABNT (2020) NBR 15645 especifica que as redes de drenagem de águas pluviais sejam executadas com aduelas de concreto pré-fabricadas, tendo seus respectivos diâmetros usuais variados de 400 mm a 200 mm. Ressalta-se que a norma disponibiliza 29 dimensões existentes.

Objetivamente Zibetti e Bedin (2017) definem como principal função dos projetos de drenagem de águas pluviais demonstrar qual será o escoamento pluvial, o traçado e o diâmetro utilizado na tubulação, nas bocas de lobo e nos poços de visitas, pontos de interligação de rede ou lançamento do escoamento pluvial nos dissipadores de energia com memorial de cálculo e projeto descritivo.

2.3.4 Terraplanagem e pavimentação

Segundo o Manual Grapohab (2021), a planta de um projeto de terraplanagem deve conter a mesma escala do projeto urbanístico, contendo o informativo das respectivas curvas de níveis, indicativos de cotas, setas direcionais de escoamento pluvial, traçado de crista e saia dos taludes projetados. O memorial descritivo deve apresentar corte e aterro com as inclinações adotadas, a classificação do tipo de solo, implantação *in loco* e detalhamento técnico dos serviços a serem executados, bem como a pavimentação adotada pelo empreendimento. Para auxílio e desenvolvimento tecnológico, seguem-se as especificações da ABNT (2015) NBR 5681, que trata do controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações.

Devem ser apresentados também os perfis longitudinais e seções transversais das vias de trânsito, sendo necessária a concordância com o projeto urbanístico, tendo o estaqueamento numerado e o traçado da via projetada com o do terreno original. Para as seções dispostas transversalmente, deve-se conter um perfil para cada largura de via com o traçado das faixas de rolamento, passeio e canteiro central.

A norma define que a regularização do subleito é realizada para anteparo das camadas futura, originado de corte e de aterro, nos quais deve haver a compactação do material regularizado. Esse reforço é feito para melhorar a qualidade do leito e regular a espessura da sua camada de sub-base. A sub-base tem como função regularizar a espessura da base que será executada, a base é a camada mais importante de um pavimento, porque é responsável por resistir e distribuir os esforços originados do tráfego de veículos (DNIT, 2009).

A pavimentação é a última camada e funciona como uma proteção para as demais camadas abaixo dela; o revestimento desempenha a função de suportar todos os esforços verticais e horizontais recebidos pelo tráfego de veículos. Um pavimento deve possuir alto coeficiente de atrito, baixa resistência ao rolamento, baixa produção de ruído e impermeabilidade, garantindo o tráfego e o acesso aos lotes e áreas públicas e a segurança das instalações futuras, buscando, ao máximo, evitar impactos ambientais (BRUNELLI; SANTOS, 2013).

2.4 Modelo tradicional (CAD)

No século passado, os projetos eram confeccionados de forma totalmente manual com o uso de papel, lápis e borracha. Dessa maneira, qualquer alteração, por menor que seja, impactava significativamente em recriar todo o desenho. Se essa mudança repercutisse em outro documento ou planta, havia a necessidade da alteração imediata, demandando assim tempo e muito trabalho. Esse processo foi melhorado com o surgimento da tecnologia *Computer Aided Design* (CAD) no ano de 1950. Isso resultou na redução no quadro de desenhistas por uma porção menor de operadores de CAD, mas, embora tenha colaborado para o aumento dos salários, o surgimento dessa nova ferramenta proporcionou maior produtividade, o que deliberadamente tornou as empresas mais competitivas no mercado (BRANDÃO, 2014).

No Brasil, o CAD é considerado a ferramenta mais usual para o desenvolvimento de projetos, na arquitetura e confecção de projetos complementares, com objetivo de obter a documentação necessária no final do projeto. Tendo representatividade no conteúdo técnico, essa ferramenta fragmenta a informação entre os diversos projetos e seus documentos (FERREIRA; SANTOS, 2007).

A forma de visualização do modelo atual de projeto está basicamente centrada no método de desenho em 2D; o modelo de desenvolvimento de projetos é através do *Computer Aided Design* (CAD). Esse processo se baseia apenas em documentos, representações em plantas, cortes, vistas ou em desenhos de perspectivas e detalhes, impossibilitando a correta visualização e a perfeita compreensão do que está sendo projetado, o que em muitos casos dificulta a visualização e pode inclusive se tornar uma fonte de erro posteriormente (MIKALDO JR, 2006).

A representação do projeto através do CAD é feita por meio de ferramentas vetoriais de representação gráfica com auxílio do computador, as representações bidimensionais (2D) ou tridimensionais (3D) não são informativas o suficiente para descrever completamente um empreendimento. Por isso, algumas funções agilizam algumas atividades para o projetista, como cálculos de área, volume, propriedades e informações integradas, e que facilitam o processo de tomadas de decisões, porém certos detalhes não ficam explícitos em plantas ou em cortes, tornando assim a visualização difícil e propensa a erros. É muito difícil representar elementos de construção de forma livre em um desenho bidimensional, curvas simples são confeccionadas facilmente em duas dimensões, desde que a curva seja paralela ao plano de desenho (BOEYKENS; NEUCKERMANS, 2008).

Burgess, Jones e Muir (2018) reiteram que, como parte do processo construtivo, uma gama de documentos precisa ser compartilhada entre clientes, projetista e empreiteira, agregando desenhos e cronogramas, e que tradicionalmente tal informação é trocada através do papel.

2.5 Building Information Modeling (BIM)

A Especificação Nacional de Edifícios do Reino Unido define *Building Information Modeling* (BIM) como um processo para criar e gerenciar informações sobre um projeto de construção em todo o seu processo de utilização (NBS; 2017).

A metodologia BIM opera com a construção de modelos computacionais através de plantas dispostas tridimensionalmente. De modo geral, ela promove a elaboração do projeto em 3D e a simulação de uma situação real desse projeto. Isso facilita a compreensão do mesmo, podendo ser usada para gerenciamento de projetos, com potenciais ganhos em eficiência (BRANDÃO, 2014).

O Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT, 2011), órgão federal responsável pelas obras de infraestrutura rodoviária, faz o reconhecimento a respeito dos

benefícios proporcionados através do uso da metodologia BIM no projeto e na construção de estradas. Inclusive declarou que uma das metas do órgão seria a implantação da metodologia BIM que possibilita e torna mais eficiente o processo de projetos e a execução de obras de engenharia.

2.5.1 Funcionalidade e benefícios BIM

O fato de envolver diferentes equipes durante a elaboração de projetos é a grande constatação de inúmeros transtornos quanto à incompatibilidade, a qual é diretamente responsável pela geração de retrabalhos durante a fase executiva. A metodologia BIM apresenta como vantagem a redução no número de incongruências de um projeto e também acelera a fase de verificação e análise dos projetos (BRANDÃO, 2014).

A revista *O Empreiteiro* traz uma matéria sobre o DNIT aderir o formato BIM a favor da transparência em sua edição Nº 520; o engenheiro civil Daniel Queiroz, responsável pelo setor de infraestrutura da empresa *Autodesk* no Brasil, reitera em sua matéria que dificilmente uma empresa projetista tem especialistas em todas as disciplinas. Portanto a empresa que ganha o projeto acaba subcontratando algumas partes por isso quando se soma tudo, se tem um projeto muitas vezes com incompatibilidades (QUEIROZ, 2013).

A redução de incompatibilidades representa ganhos, sobretudo com custos e prazos, pois elas associam perdas à empresa contratada.

2.5.2 A parametrização do modelo BIM

De acordo com Brandão (2014), o processo de parametrização implica em atribuir uma regra ou uma definição a certo objeto, fazendo com que este não seja somente um simples desenho, mas algo que contém uma informação específica associada a ele.

Segundo Eastman et al. (2011), tais parâmetros podem contribuir com relações entre diferentes objetos, promovendo a automação de um modelo BIM, tendo como auxílio a ferramenta que permite que o sistema faça atualizações automáticas no modelo quando um objeto sofre alguma modificação.

2.6 Aplicações BIM em obras de infraestrutura

Uma pesquisa realizada pela Mc-Graw-Hill Construction, no ano de 2012, representa uma melhora nos resultados do uso do BIM. Isso significa que obras que utilizam a ferramenta possuem ganhos significativos, tendo uma redução de 22% no custo da construção, 33% no tempo de projeto e execução, 33% na parte documental e 44% nas atividades de retrabalho (ALMEIDA; ANDRADE, 2015). Em obras de infraestrutura, a adoção do *software* BIM pode gerar resultados expressivos para as empresas atuantes nesse setor, podendo reduzir o custo da construção, o tempo empregado, a execução de um empreendimento, o retrabalho, além de uma melhora geral nos resultados da empresa (PINI, 2013).

De acordo com Brandão (2014), a adoção dessa metodologia na infraestrutura urbana como produtiva gera uma redução nas falhas construtivas de um empreendimento, reduz a adoção de sistemas indevidamente dimensionados e também diminui o risco de superfaturamento da obra. Tais características podem influenciar no trabalho realizado pelo gestor, identificando informações congruentes para tomada de decisões (TRISYANTI *et al.* 2019).

Segundo Almeida e Andrade (2015), o SIG é a ferramenta com maior tendência de aplicação nos órgãos públicos de gestão e a sua integração com o BIM possibilitaria a compatibilização automática da infraestrutura urbana e a noção precisa do consumo das demandas a partir de informações extraídas diretamente do modelo. Além disso, permitiria deter

maior controle da execução e manutenção das redes instaladas e a tomada de decisões mais embasadas.

2.6.1 Compatibilização de projetos

Ao longo das últimas décadas, houve uma adaptação entre a atividade de projeto e a de execução, tal adaptação originou a necessidade de coordenar e compatibilizar projetos. À medida que novas dificuldades surgiam, como a especialização de cada tipo de projeto, as equipes de projetos formadas por diferentes profissionais sem comunicação e a demanda cada vez maior para adoção de novas tecnologias nos empreendimentos (MIKALDO JR, 2006).

Segundo Melhado (2005), a compatibilização de projetos é a atividade de integração de todos os projetos, seja de uma edificação, loteamento urbano ou estruturas, visando ao encaixe perfeito entre si para obter um padrão de controle de qualidade desejada. Na compatibilização, é feita uma sobreposição de todos os projetos complementares, a fim de identificar interferência e erros para que sejam solucionados antes de serem disponibilizados ao canteiro de obra. O mesmo autor afirma que a compatibilização deve ser feita após os projetos já elaborados, como uma espécie de “pente fino”, em que se identifica as possíveis incongruências (MELHADO, 2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de caso adotado na presente pesquisa foi realizado em um empreendimento imobiliário localizado na cidade de Sinop – MT, o qual teve seu início no ano de 2020, com seu prazo de execução até agosto de 2022. O empreendimento contava com uma área de 974.842,17 m² útil loteada, para qual foi projetada uma extensão de 29.971,00 metros de abastecimento de água potável com diâmetros variados de 50 a 200 mm; um sistema de esgotamento sanitário com extensão de 19.583,17 metros com diâmetro nominal de 150 mm. Completando os sistemas de redes, há a drenagem de águas pluviais, contando com aproximadamente 17.475,00 metros de extensão e diâmetros variados de 400 a 1500 mm, dimensionadas a fim de suprir a necessidade de 1701 lotes urbanos e comerciais.

Durante a etapa de execução da infraestrutura deste empreendimento, foi utilizada uma equipe topográfica para os nivelamentos das valas escavadas, onde eram aplicadas as cotas de projeto com auxílio de um aparelho chamado de *Real Time Kinematic* (RTK), aparelho este que validava a profundidade prevista para cada vala e sua respectiva localização e inclinação, a qual almejava-se a funcionalidade e eficiência.

Para efeito de verificação das possíveis incompatibilidades, foram utilizadas a ferramenta *AutoCAD* (2D), gerado assim um bloco de todo o sistema de esgotamento sanitário, unificado com o projeto de drenagem de águas pluviais, obtendo-se um único arquivo com extensões, cotas, diâmetros e inclinações conforme projetos aprovados.

Para um entendimento mais técnico dos problemas de compatibilização encontrados no Residencial, foi utilizado o *software* Civil 3D, no qual se analisou os projetos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem de águas pluviais do empreendimento imobiliário, assim foram feitas as modelagens BIM dos respectivos projetos por meio do *software*, buscando mitigar os problemas de erros na etapa de execução.

Com base na NBR 17015 (ABNT, 2022) – Execução de obras lineares para transporte de água bruta e tratada, esgoto sanitário e drenagem urbana, utilizando tubos rígidos, semirrígidos e flexíveis, foram fixadas as condições exigíveis para o projeto de execução das

valas de assentamento de tubulações e também atribuídos os critérios para posicionamento das valas nas vias públicas, bem com seus dimensionamentos e escoramentos.

A rede de abastecimento não foi considerada para análise de compatibilização dos projetos, pois se localiza no passeio, tendo como recomendação um afastamento de 0,50 m de distância do alinhamento dos lotes, sua profundidade é de acordo com o diâmetro da tubulação levando em conta o relevo topográfico. Sendo para tubulações com diâmetro de até 100 mm, adere um cobrimento mínimo de 1,00 m; em diâmetros maiores a profundidade é de 1,50 m, assim não há incongruências com outras estruturas projetadas no passeio.

Para se atingir os objetivos propostos na presente pesquisa, fez-se necessária a delimitação da modelagem BIM, pois, por se tratar de um projeto dimensionado para uma área de 99 ha, foi escolhido a modelagem de trechos precisos do loteamento, nos quais foram verificadas as incompatibilidades. Observando a tabela 1 verifica-se os trechos a serem modelados.

Tabela 1: trechos dos projetos de esgoto e drenagem a serem modelados e com suas respectivas extensões

Trecho	Extensão esgoto (m)	Extensão drenagem (m)
Rua Ivai	623,52	330,00
Rua Humaitá	640,46	338,00
Rua Ucayali	717,57	644,00
Rua Araguaia	155,68	150,00
Rua Piquiri	134,18	149,00
Rua Japupari	134,10	149,00

Fonte: Própria (2023)

Para a modelagem no Civil 3D, foi utilizado um *template* pré-definido extraído do site do DNIT – 2022, a fim de uma definição e modelagem pré-padronizada com as normativas de projeto estipulados na NBR 17015 (ABNT, 2022). A implantação da rede de drenagem será locada no eixo do leito carroçável, ou seja, a largura da via dividida por dois. Para a rede de esgotamento sanitário locada no leito, a implantação se define em 1/3 da largura total da via ao lado que facilite os ramais de ligações; a norma permite implantar a rede de esgoto no leito ou no passeio. Para a implantação no passeio, é preciso se atentar para a distância da rede de abastecimento, tendo como critério um afastamento na horizontal de no mínimo 1,00 m e na vertical 0,20 m.

Por se tratar apenas de uma modelagem, o estudo de caso não possui nenhum dimensionamento de rede, utilizando os dados dos projetos complementares fornecidos para análise. Foram seguidos os mesmos comprimentos de redes, distâncias entre poços de visitas, posições de elementos de drenagem entre outros critérios.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

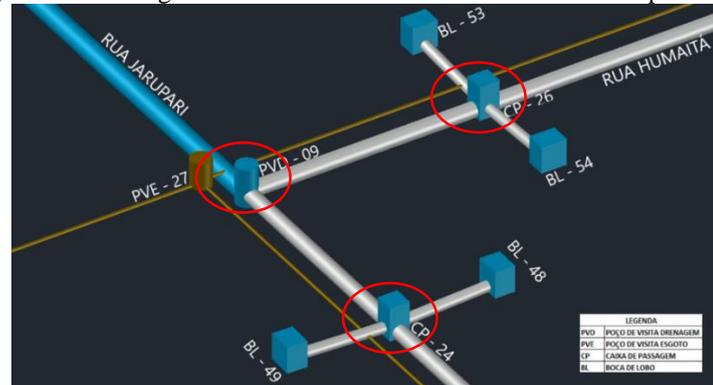
Foram identificadas várias incongruências entre as redes dos sistemas de infraestrutura urbana. Em primeiro momento, foi constatado que seria um erro de execução, pois a equipe que realizou a execução do sistema de drenagem de águas pluviais na época não era a mesma a executar o sistema de esgotamento sanitário. A fim de entender melhor tais incompatibilidades encontradas, foram levantadas as cotas dos poços de visitas de esgoto e de drenagem que já haviam sido executadas. Por meio desse artifício, foi constatado que tais problemas seriam originados da elaboração de projeto.

Para confecção dos projetos, foram empregados dois grupos de profissionais, um grupo ficou responsável pela parte de drenagem, terraplanagem e pavimentação, e o segundo pela parte de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Entende-se que, por se tratar de dois grupos diferentes, nesse caso, a comunicação entre todas as partes envolvidas no desenvolvimento de um projeto é vital, evitando que haja problemas como o de incompatibilidade ainda na fase de desenvolvimento.

Após a modelagem dos trechos citados no Tabela 1, sendo 1.760,00 metros de drenagem e 2.405,51 metros de esgoto, pode-se identificar 38 incompatibilidades, destacadas com mais clareza nas Figuras 1, 2 e 3.

Como pode-se analisar na Figura 1, após ser realizada a modelagem em 3D é possível verificar as incompatibilidades destacadas pelo círculo vermelho. As linhas em azul claro e branco, por sua vez, representam os sistemas de drenagem e as linhas em marrom, os sistemas de esgotamento sanitário.

Figura 1: Modelagem entre trechos da Rua Humaitá e Rua Jarupari em 3D.

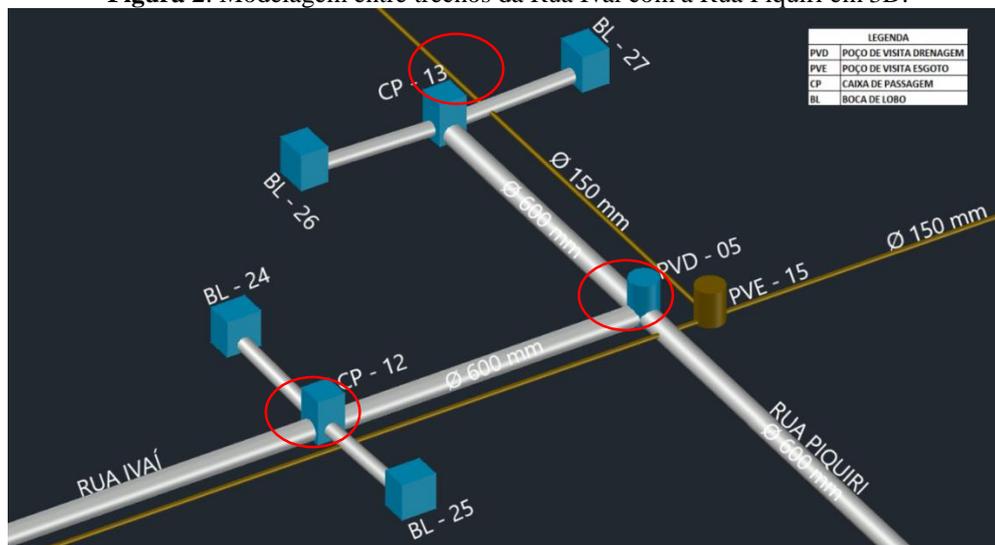


Fonte: Própria (2023)

A modelagem na figura 1 remete ao trecho do cruzamento da Rua Humaitá e Rua Jarupari, em que é possível observar três incompatibilidades entre a rede de esgoto com a rede da drenagem e os ramais das bocas de lobo.

Já para a Figura 2, é possível verificar incompatibilidades semelhantes também destacadas pelo círculo vermelho. Tal modelagem se refere ao trecho do cruzamento da Rua Ivaí com a Rua Piquiri, para o qual se observa a rede principal de esgotamento sanitário passando por dentro da rede principal de drenagem pluvial através da representação em 3D.

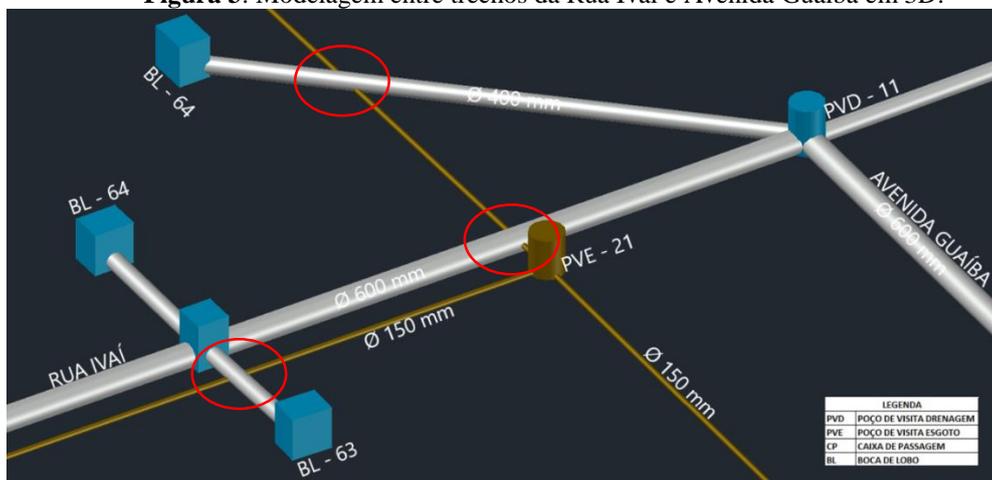
Figura 2: Modelagem entre trechos da Rua Ivaí com a Rua Piquiri em 3D.



Fonte: Própria (2023)

Por fim, a figura 3 representa o último trecho modelado, sendo a Rua Ivaí e a Avenida Guaíba, entre as quais é possível constatar o choque de dois sistemas de escoamento por gravidade. É importante destacar que entre boa parte das incompatibilidades encontradas ao longo do trecho está o choque das bocas de lobos com a rede de esgoto.

Figura 3: Modelagem entre trechos da Rua Ivaí e Avenida Guaíba em 3D.



Fonte: Própria (2023)

Para um melhor entendimento das interferências destacadas, observa-se no Tabela 2, a comparação das cotas de fundo dos poços de visitas da rede de drenagem e rede de esgoto.

Tabela 2: Comparativa das cotas entre as redes de esgoto e drenagem modelados

Trecho	Ref.	Cota de fundo (cm)	Cota de topo (cm)	Diâmetro do tubo (+10%) (cm)	Giretriz superior (cm)	Diferença de cota (cm)
Rua Humaitá e Jurupari	Pve27	363,47	364,78	0,18	363,65	7
Rua Ivaí e Piquiri	Pvd09	362,92	364,79	0,66	363,58	20
Rua Ivaí e Avenida Guaíba	Pve15	364,89	366,18	0,18	365,07	21
	Pvd05	364,61	366,19	0,66	365,27	
	Pve21	362,54	363,79	0,18	362,72	
	Pvd11	362,27	363,73	0,66	362,93	

Fonte: Própria (2023)

Somando as cotas de fundo de cada sistema de esgotamento ao diâmetro nominal de cada tubulação adotada conforme descrito na tabela 2, tem-se a informação da chamada giretriz superior, ou seja, a medida do fundo da vala de assentamento até a face superior da tubulação em uso. Tal informação é importante, pois subtraindo as cotas da giretriz do tubo de drenagem e do tubo de esgotamento sanitário, verifica-se um distanciamento menor que o permitido pela NBR 17015 (ABNT, 2022). Isso aponta que, para condutos por gravidade dispostos em um mesmo plano, abaixo de 0,50 m de distanciamento, tem-se uma incompatibilidade de sistemas.

Pode-se notar que a cota de topo de ambos os sistemas analisados têm os valores próximos um dos outros. Em decorrência disso, observa-se que tais projetos foram dimensionados através de uma única base de informação da área a ser implantada, os sistemas de infraestrutura urbana. As informações de curvas de níveis, a bacia de contribuição e os limites territoriais foram os mesmos disponibilizados aos projetistas, tais informações contidas no planialtimétrico, ferramenta importante para que se possam projetar com eficiência os sistemas por gravidade.

Também se constatou que as outras incompatibilidades dos sistemas aconteceram em decorrência do lançamento das bocas de lobo na fase projetual. Por se tratar de uma rede rasa com profundidade máxima de 2,00 metros nos trechos escolhidos para a modelagem, foram fixadas as bocas de lobos com uma profundidade de 1,20 metros e seus respectivos ramais de escoamento utilizaram uma inclinação de 1% em direção à caixa de passagem, tornando esse um dos problemas mais difíceis de solucionar *in loco*.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo de caso desenvolvido, pode-se chegar aos objetivos propostos, sobre os quais se observou várias incompatibilidades no pequeno trecho modelado. Com isso, constatou-se que as compatibilizações dos projetos complementares são de grande importância. A harmonia entre todas as partes que compõe os sistemas de infraestrutura urbana permite um planejamento mais assertivo, sem surpresas e tomadas de decisões imediatas na fase de execução.

Um projeto não comunicativo entre todas as partes pode acarretar grandes problemas futuros. Na presente pesquisa, pode-se observar 38 incompatibilidades ao longo de 1.760,00 m de rede de drenagem e 2.405,51 m de rede esgoto. Constata-se um número elevado de incompatibilidades para um pequeno trecho modelado através do Civil 3D.

Esses problemas geralmente são constatados quando a obra se encontra em estado avançado, com extensões de redes já executadas. Qualquer alteração *in loco*, sem qualquer estudo prévio do impacto, pode acarretar em custos onerosos e um possível atraso no cronograma de execução da obra. Portanto, a compatibilização deve ser atentada ainda em sua fase de projeto, se tratando de uma ferramenta importantíssima não só para etapa de execução, mas também para fase de planejamento.

Em pesquisa realizada por Amaral e Braga (2022) foram verificadas incompatibilidades em um loteamento na cidade de São Paulo, na pesquisa realizada as incompatibilidades encontradas foram os sistemas de esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais e abastecimento de água estar disposto no mesmo plano, ocasionando o choque e a ineficiência dos sistemas. Através da verificação das incongruências por meio do *AutoCAD* (2D), foi utilizado o *Revit Architecture* (3D) para a modelagem dos projetos complementares, tal *software* também utiliza o recurso da metodologia BIM para a modelagem e compatibilização dos mesmo.

Com isso a análise comparativa do processo de compatibilização utilizando o programa *AutoCAD* 2D e *Revit Architecture*, demonstrou 12 incompatibilidades aparentes entre os sistemas subterrâneos de saneamento básico no loteamento Morada da Serra, somente 3 delas se mostraram verídicas após a modelagem virtual 3D dos sistemas. As incompatibilidades encontradas foram semelhantes com as vista e apresentadas no presente trabalho recorrido, tais incompatibilidades remetem ao choque dos sistemas de saneamento básico estar disposta em mesmas profundidades. Para isso a utilização de verificação da compatibilidade desses projetos é de suma importância para o sucesso do empreendimento como um todo.

REFERÊNCIAS

- ABNT **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. 1986.
- ABNT **NBR 5674**: Manutenção de edificações. 2015.
- ABNT **NBR 5681**: Controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações. 2015.
- ABNT **NBR 15645**: Execução de obras utilizando tubos e aduelas pré-moldados em concreto. 2020.
- ABNT **NBR 17015**: Execução de obras lineares para transporte de água bruta e tratada, esgoto sanitário e drenagem urbana, utilizando tubos rígidos, semirrígidos e flexíveis. 2022.
- ALMEIDA, F.; ANDRADE, M. **A integração entre BIM e GIS como ferramenta de gestão urbana**. In: VII ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO (TIC 2015), Recife, Anais [...], 2015.
- AMARAL, D.; BRAGA, F.; **Compatibilização de projetos de sistemas subterrâneos de saneamento básico**: avaliação do Loteamento Morada da Serra em Patos de Minas – MG – São Paulo, 2022.

ÁVILA, V. M. **Compatibilização de projetos na construção civil**: estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

BOEYKENS, S; NEUCKERMANS, H. **Limitações de representação e melhorias na informação do edifício**. In: EDUCAÇÃO E PESQUISA EM DESIGN ASSISTIDO POR COMPUTADOR NA EUROPA CAADe CONFERENCE, 2008.

BORGES, A. C. **Topografia aplicada a Engenharia civil**, 2. ed. Editora Edgard Blucher, 2013.

BRANDÃO, R. A. **Avaliar a utilização do BIM para o estudo de obras de infraestrutura**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

BRUNELLI, E.; SANTOS, J. B. **Etapas para implantação de loteamento residencial**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiá, 2013.

BURGESS, G.; JONES, M.; MUIR, K. **BIM na indústria de construção residencial do Reino Unido: oportunidades e barreiras à adoção**. 2018. Universidade de Cambridge, Cambridge 2018.

CALLEGARI, S. **Como a Ausência da Qualidade e a Falta de Compatibilização nos Projetos Interferem no Resultado Final da Construção de Edificações Residenciais Unifamiliares**: Estudo de Caso. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT – 108/2009**. Terraplenagem - Aterros - Especificação de Serviço. Espírito Santo, 2009.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2011.

FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. Características da representação 2D e suas limitações para a compatibilização espacial. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 36-51, 2007. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50918>. Acesso em: 13 jun. 2023.

IWATA C. C. **Incorporações imobiliárias e loteamentos**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Gestão Imobiliária) - Centro Universitário de Maringá, Maringá, 2012.

LIMEIRA, J.P.S.S.; AYRES, V.C. **Compatibilização e coordenação de projetos interdisciplinares em plataforma BIM**. Brasília, 2015.

MANUAL GRAPROHAB - Grupo de Análise e Aprovação de Projetos Habitacionais. **Manual de Orientação para Aprovação de Projetos Habitacionais**. Atualizado em 19 de março de

2021. Disponível em: <https://app.habitacao.sp.gov.br/ManualGraprohab/12Projeto de Terraplenagem.html>. Acesso em: 15 nov. 2022.

MCGRAW HILL CONSTRUCTION. **The Business Value of BIM for Infrastructure: Addressing America's Infrastructure Challenges with Collaboration and Technology.** [S.l]: Bedford, 2012.

MELHADO, S. B. **Coordenação de projetos de edificações.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

MIKALDO JR., J. **Estudo comparativo do processo de compatibilização de projetos em 2D e 3D com uso de T.I.** Curitiba, 2006. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

MOTTA, L. D. **A questão da habitação no Brasil: políticas públicas, conflitos urbanos e diretos à cidade.** Minas Gerais, 2014.

NBS. National BIM Report 2017. **Newcastle Upon Tyne:** RIBA Enterprises Ltd, 2017. Disponível em: <https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-national-bim-report-2017>. Acesso em: 23 out. 2022.

O EMPREITEIRO. **DNIT adota formato BIM a favor da transparência.** n. 520, São Paulo, jun. 2013.

PINI. **Infraestrutura urbana:** Monotrilho São Paulo. n. 25. São Paulo, abr. 2013.

SANTOS, W. J.; BRANCO L. A. M. N.; ABREU FILHO J. V. (2013). **Compatibilização de projetos: análise de algumas falhas em uma edificação pública.** In: IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão. UFMG. Belo Horizonte, Minas Gerais.

TRISYANTI, S. W.; SUWARDHI, D.; MURTIYOSO, A.; GRUSSENMEYER, P. **Low cost web-application for management of 3D digital building and complex based on BIM and GIS.** International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 2019.

VIOLA, H. **Gestão de águas pluviais em áreas urbanas: O estudo de caso da cidade do samba.** 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

VOSGUERITCHIAN, A. B. **Infraestrutura e projetos de regeneração urbana.** 2015. Tese (Doutorado em arquitetura) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

ZIBETTI, M. F. B.; BEDIN, J. **Proposta para elaboração de um loteamento residencial na cidade de céu azul – PR.** In: 5º SIMPÓSIO DE SUSTENTABILIDADE E CONTEMPORANEIDADE NAS CIÊNCIAS SOCIAIS, 2017, [S.l], Anais [...], 2017, p. 1-19.

ZMITROWICZ, W.; ANGELIS, N. **Infraestrutura urbana.** São Paulo: EPUSP, 1997.