

UNIVERSIDADE POSITIVO
MARINA FIALKOSKI RODRIGUES
NOEMIA NUNES DA SILVA NANDI
RACHEL LABHARDT

MODELO DE CONSTRUÇÃO BIM DE INFRAESTRUTURA
ESTUDO DE CASO: LOTEAMENTO RESIDENCIAL

CURITIBA
2016
MARINA FIALKOSKI RODRIGUES

NOEMIA NUNES DA SILVA NANDI

RACHEL LABHARDT

MODELO DE CONSTRUÇÃO BIM DE INFRAESTRUTURA

ESTUDO DE CASO: LOTEAMENTO RESIDENCIAL

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Positivo como parte dos requisitos para graduação.

Orientador: Prof. Alexandre Baioni Trento

CURITIBA

2016

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a Deus por nos ter dado saúde e força para superar as dificuldades em todos os momentos. Aos nossos pais, pelo amor e apoio incondicional. Ao nosso orientador Alexandre Baioni Trento, pelo suporte nos momentos de decisões, pelas suas correções e incentivos. E, por fim, a todos aqueles que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação.

RESUMO

Nos últimos anos, o crescente avanço da tecnologia da informação vem melhorando a qualidade dos projetos. Processos como o *Building Information Modeling* (BIM) permitem que projetos, antes feitos no CAD, tenham maior eficiência através do gerenciamento da informação da construção durante todo o ciclo de vida do projeto. O uso do BIM facilita revisões e alterações de projeto, permitindo simulações e também a detecção de interferências entre suas diversas disciplinas. Sendo assim, a elaboração de projetos torna-se mais precisa, diminuindo erros, evitando atrasos e custos devido à retrabalhos.

Apesar de ser amplamente utilizado na área de edificações, na área de infraestrutura o BIM ainda está em fase de implantação. Por isso, a Secretaria de Infraestrutura e Logística do Paraná (SEIL) solicitou auxílio à Universidade Positivo quanto a pesquisas relacionadas à aplicação de ferramentas BIM em projetos de obras de infraestrutura. Neste sentido, a proposta deste trabalho é a criação de um modelo BIM para a infraestrutura de um loteamento, localizado em Guarapuava-PR.

Com base nos projetos que compõem a estrutura de um loteamento (terraplanagem, rede viária, rede de drenagem pluvial, rede de abastecimento de água, rede de esgoto sanitário e rede elétrica), fornecidos pela CILLA Empreendimentos Imobiliários e previamente elaborados em CAD, foi possível modelar o loteamento em BIM, realizando em seguida um processo de detecção de interferências (*clash detection*) e de comparação dos quantitativos extraídos de maneira convencional aos do modelo elaborado.

Palavras-chave: BIM, infraestrutura, loteamento.

LISTA DE FIGURAS

[Figura 1 - Exemplo de redes de drenagem pluvial, abastecimento de água e coleta de esgoto](#)

[Figura 2 - Exemplo de rede de energia elétrica subterrânea](#)

[Figura 3 - Exemplo de rede viária](#)

[Figura 4 - Curva de MacLeamy](#)

[Figura 5 - Conceitos base para troca de informações](#)

[Figura 6 - Tempo de uso de BIM](#)

[Figura 7 - Benefícios do uso do BIM em projetos de infraestrutura.](#)

[Figura 8 - Componentes da infraestrutura \(*IFC alignment*\)](#)

[Figura 9 - *Softwares* para cálculos de projetos utilizados pelas empresas analisadas](#)

[Figura 10 - Exemplo de combinação de fluxos de trabalho](#)

[Figura 11 - Configurações geométricas 2D e 3D normalmente usadas pelas *Civil Cells*.](#)

[Figura 12 - Interface *InfraWorks*](#)

[Figura 13 - Interface Autodesk Navisworks Simulate Network](#)

[Figura 14 - Localização e fases do loteamento](#)

[Figura 15 - Imagem aérea do loteamento em estudo](#)

[Figura 16 - Arquivo .txt com as coordenadas x, y e z do terreno.](#)

[Figura 17 - Resultado da importação dos pontos](#)

[Figura 18 - Diferentes visualizações do modelo digital do terreno](#)

[Figura 19 - Alinhamento horizontal](#)

[Figura 20 - Alinhamento vertical](#)

[Figura 21 - Distância e elevação entre estacas](#)

[Figura 22 - Seção transversal das ruas B, D, E, J, I e G \(arquivo .dwg da pavimentação\)](#)

[Figura 23 - Template criado para as ruas B, D, E, J, I e G](#)

[Figura 24 - Exemplo de seção transversal 3D criada](#)

[Figura 25 - Modelagem dos corredores](#)

[Figura 26 - Exemplo de cruzamento modelado em 3D](#)

[Figura 27 - Exemplo de rotatória modelada em 3D](#)

[Figura 28 - Exemplo de elevação da caixa de captação](#)

[Figura 29 - Detalhe da ligação entre tubo e caixas, com diâmetro e inclinação](#)

[Figura 30 - Exemplo de relatório gerado para rede de esgoto](#)

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia da informação (TI) permeia o cotidiano profissional de empresas e profissionais liberais desde o advento dos computadores pessoais (PCs). Pode ser considerada como um dos principais responsáveis pelo sucesso das organizações (YONG, 1992), sendo que sua implementação se dá, em grande medida, pela necessidade de melhorar a qualidade de processos e produtos nas mais diversas áreas (SCHREIBER *et al*, 2002). A constante possibilidade de inovação e integração fornecida por esta, oriunda da melhora no tratamento e transmissão de dados (BERALDI E FILHO, 2000), transforma a estrutura organizacional tradicional das empresas (TUOMI, 2001).

Na área específica de projetos para a construção civil, a tecnologia da informação evoluiu a partir de sistemas como, por exemplo, o *Computer Aided Design* (CAD), os quais consistem em desenhos assistidos por computador, hoje disseminados como ferramenta padrão para os projetistas deste segmento (FABRÍCIO E MELHADO, 2002). Para Ayres e Scheer (2007), sistemas CAD podem ser vistos apenas como uma prancheta aprimorada, substituindo os desenhos manuais por arquivos digitais e plotagens. Embora esta tecnologia facilite a produção e edição de desenhos, não houve alterações nos processos envolvendo elaboração de projetos, os quais se baseiam na geometria descritiva e na produção individual das peças gráficas dos mesmos.

A elaboração de projetos em BIM (*Building Information Modeling*) surge como uma espécie de evolução dos sistemas CAD (COELHO E NOVAES, 2008), visto que a representação dos objetos geométricos deixa de se basear em vetores para focar objetos capazes de apresentar semântica, comportamentos específicos e dados associados (AYRES E SCHEER, 2007), ou seja, estes estão atrelados à informação.

Segundo Eastman *et al* (2008), BIM pode ser entendido como um processo colaborativo para criação de um modelo de construção tridimensional, onde os profissionais das diversas disciplinas de projeto interagem, possibilitando detectar

interferências entre estas, extrair quantitativos e orçamentos a partir da inserção de dados à construção virtual. Estes dados alimentados nesta fase de projetos (especificações, custos, propriedades físicas, etc.), podem ser utilizados também em todo o ciclo de vida de uma edificação, ou seja, nas fases de construção, pós-ocupação e para eventual reforma ou demolição. De forma sintética, BIM pode ser definido como uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos para produção, comunicação e análise de modelos de construção (EASTMAN *et al*, 2008).

Para Farinha (2012), as características acima apresentadas ajudam a manter o cronograma de execução, além de melhorar a qualidade dos projetos, impactando diretamente no custo da edificação. Projetos mais detalhados, portanto, influenciam no custo global da construção, aumentando a chance de lucro e garantindo maior qualidade aos empreendimentos de infraestrutura, com redução de desperdícios e retrabalhos (BERTEZINI, 2006).

Reforçando este entendimento, Manzione (2013) afirma que “o combustível do projeto são as informações”, o que as tornam essenciais para a qualidade final dos mesmos. Campestrini *et al* (2015) defende que o uso do BIM traz ganhos de qualidade nas tomadas de decisão, porque aumenta o fluxo de informações impulsionando o andamento correto das atividades. Pesquisas da McGraw_Hill Construction (2012) mostram que as vantagens atribuídas ao uso do BIM em edificações são as mesmas obtidas com seu uso na área de infraestrutura, objeto de estudo do presente trabalho.

Tendo em vista as potenciais vantagens proporcionadas pelo BIM, países como o Reino Unido, Estados Unidos e Dinamarca começaram a exigir a entrega de projetos para edificações e infraestrutura padronizados em BIM em seus processos licitatórios (SUZUKI, 2016). No Brasil, em uma iniciativa pioneira, o estado de Santa Catarina publicou o seu Caderno (guia) BIM, com o objetivo de informar aos prestadores de serviços públicos os procedimentos necessários para a apresentação de projetos entregues ao estado (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2014). No mesmo rumo, a Secretaria de Infraestrutura e Logística do Paraná (SEIL-PR) está desenvolvendo desde 2014 um plano de fomento para implantação do BIM

em obras públicas, onde, em 2018, espera realizar todas as suas licitações baseadas em modelos de construção (SEIL, 2016).

No ano de 2016, a Universidade Positivo foi convidada a auxiliar a SEIL-PR, a qual se manifestou interessada em trabalhos desenvolvidos para obras de infraestrutura, buscando respostas sobre a eficiência, interoperabilidade e precisão das diferentes ferramentas disponíveis. Neste sentido, o trabalho se propõe a realizar a experiência de criar um modelo BIM para a infraestrutura de um loteamento, utilizando projetos previamente elaborados em CAD, realizando um processo de detecção de interferências entre disciplinas de projeto (*clash detection*) e comparando os quantitativos extraídos de maneira convencional aos do modelo elaborado.

1.1. Objetivo geral

Produzir um modelo de construção BIM de infraestrutura para um loteamento residencial.

1.2. Objetivos específicos

- Realizar a compatibilização (“*clash detection*”) das diferentes disciplinas de projeto de infraestrutura.
- Comparar o levantamento quantitativo produzido a partir de um projeto convencional (CAD) com o quantitativo extraído de um modelo BIM.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Planejamento Urbano

A temática em que está envolvido o objeto de estudo do presente trabalho, os loteamentos urbanos, baseia-se em princípios e conceitos definidos em processos de planejamento físico territorial das cidades. Este é considerado necessário para a ordenação do espaço, pois, estabelece critérios para intervenções por parte dos setores público e privado, equilibrando as múltiplas funções urbanas (DI SARNO, 2004). Pode-se dizer que a essência do planejamento está no equilíbrio entre a ocupação humana e a natureza, ou seja, o planejamento precisa estar em conformidade com a realidade urbana, sem ignorar as questões ambientais (MEDAUAR, 2004). Além de atingir esse equilíbrio, o planejamento não pode desconsiderar as questões econômicas, sociais, culturais e territoriais (REZENDE E CASTOR, 2005).

Silva (1995) afirma que a falta de planejamento ocasiona problemas de saneamento básico, desemprego e desorganização social – sendo que a solução destes surge pela intervenção do poder público. A Lei nº 10.257/2001, também conhecida por Estatuto da Cidade, foi criada para a execução das políticas urbanas previstas nos artigos 182 e 183 da Constituição Federal.

“O Estatuto da Cidade é assim denominado por refletir um conjunto de regras jurídicas que condicionam e pontuam a atividade urbanística, criando verdadeiro pacto entre governos e suas Administrações, a população e a própria cidade. Segundo seu art. 1º, suas normas são de ordem pública, significando dizer que são de aplicação imediata (...)” (DALLARI e FERRAZ, 2010).

Para garantir que o desenvolvimento urbano se cumpra, o Estatuto da Cidade definiu o Plano Diretor como instrumento básico da política urbana. O Plano Diretor pode ser descrito como um conjunto de propostas visando o desenvolvimento socioeconômico e organização da estrutura urbana, a partir de uma análise das deficiências apresentadas pelo município (VILLAÇA, 1999). A combinação do Estatuto da cidade e do Plano Diretor dá suporte ao processo de planejamento urbano (FARIAS *et al*, 2011).

2.1.1. Plano Diretor

O Estatuto da Cidade determina as diretrizes básicas para a política de desenvolvimento urbano, que serve para ordenar o desenvolvimento da cidade e garantir o bem estar de seus habitantes. Conforme definições desse estatuto, cidades que possuem mais de vinte mil habitantes, que estão situadas em regiões metropolitanas ou que sejam áreas de interesse turístico têm a obrigação de elaborar um Plano Diretor (BRASIL, 2001). Silva (1995) afirma:

“É plano, porque estabelece os objetivos a serem atingidos, o prazo em que estes devem ser alcançados [...], as atividades a serem executadas e quem deve executá-las. É diretor, porque fixa as diretrizes do desenvolvimento urbano do Município”.

O Plano Diretor é uma ferramenta pública que fornece metas, tanto para ações municipais quanto para ações privadas, para o desenvolvimento da cidade (GUIMARÃES, 2004). Em conformidade com o Estatuto da Cidade (2001), trata-se do instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana, integrante do processo de planejamento municipal e que deve ser revisto, pelo menos, a cada dez anos.

Com foco no desenvolvimento e expansão territorial, os principais assuntos tratados pelo Plano Diretor são problemas espaciais e econômicos, que estão relacionados com o uso do solo e distribuição das atividades produtivas (REZENDE

E CASTOR, 2005). Ou seja, o Plano Diretor institui uma legislação específica de uso e ocupação do solo, assim como uma para o seu parcelamento, com base nas diretrizes de macrozoneamento estabelecidas.

2.1.2. Uso, ocupação e parcelamento do solo

As leis de uso e ocupação do solo, elaboradas com base nas diretrizes dos planos diretores, definem o que pode ou não ser construído, o tamanho das construções e de lotes – em função do tamanho do terreno, quantidade de pessoas, as atividades, entre outros. O parcelamento do solo urbano, estabelecido pela Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, assegura que o desenvolvimento do município ocorra de forma ordenada (TAKEDA, 2013).

Os Estados, o Distrito Federal e os municípios poderão estabelecer normas complementares relativas ao parcelamento do solo municipal para adequar o previsto nesta Lei às peculiaridades regionais e locais. O parcelamento do solo urbano poderá ser feito mediante loteamento ou desmembramento, observadas as disposições das legislações pertinentes. O loteamento é considerado a subdivisão de gleba em lotes destinados a edificação, as quais têm necessidade de novas vias de circulação, de logradouros públicos ou prolongamento, modificação ou ampliação das vias existentes. Considera-se lote o terreno servido de infraestrutura básica cujas dimensões atendam aos índices urbanísticos definidos pelo Plano Diretor ou lei municipal para a zona em que se situe (JÚNIOR, 2011). O parcelamento do solo somente será admitido para fins urbanos em zonas de expansão ou de urbanização específicas, assim definidas pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal. (BRASIL, 1979).

2.2. Projeto de loteamento

O projeto de parcelamento resulta da conjunção de esforços técnicos próprios da engenharia, da área ambiental, do urbanismo e jurídicos. Por isso, deve atender às exigências contidas nos diversos textos legais incidentes e às diretrizes definidas pelos órgãos públicos, de maneira a torná-lo viável em termos técnicos e jurídicos. Loteamentos podem ser de acesso controlado e de livre circulação (GOEINK, 2009).

Partindo da escolha do terreno para o loteamento é iniciado o levantamento topográfico da área, que deve ser encaminhado para avaliação de viabilidade urbanística e fixação das diretrizes de uso do solo, que têm a função de ordenação do território. Em seguida é feita a avaliação da viabilidade ambiental do empreendimento pelo órgão ambiental competente, que, se concluído positivamente, concederá a licença prévia (LP), aprovando a localização e concepção do empreendimento, dando parecer sobre a viabilidade ambiental do terreno e estabelecendo os requisitos básicos condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implantação (PINI, 2009).

Com as diretrizes urbanísticas e ambientais, segue-se a elaboração dos projetos urbanísticos contendo planta do imóvel com divisões do terreno e a destinação dos lotes, memorial descritivo, cronograma de execução das obras e projetos técnicos de infraestrutura, que deverão ser aprovados pelo município. Com a aprovação dos projetos é pedida a licença ambiental de instalação (LI), de caráter eminentemente de prevenção e controle da degradação do meio ambiente previsto na Lei n.º 6.938/81 como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (art. 9º, inc. IV), necessário para os casos de potencial ou efetiva degradação ambiental (art. 10). A Resolução do CONAMA n.º 237/97, que regulamentou o licenciamento ambiental, autoriza a instalação do empreendimento com base nas especificações constantes dos projetos aprovados e define as medidas de controle ambiental e demais condicionantes (PINI, 2009).

Junto aos Órgãos Estaduais obtêm-se as licenças de operação (LO), que autorizam a operação do empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação. Após a aprovação estadual, retorna à prefeitura para obtenção do alvará com o qual será solicitado o registro do empreendimento junto ao Registro de Imóveis competente. Retorna então à prefeitura, que fará a publicação em edital do pedido de registro, que também deverá ser publicado em jornais locais ou periódicos regionais. Se não houver manifestações contrárias ao loteamento, se obtém a licença para a construção das obras e a comercialização dos lotes (GOEINK, 2009).

Após se cumprir com as exigências junto aos órgãos competentes e a obtenção das licenças acima descritas, é dado o início aos trabalhos, com a execução dos projetos de terraplanagem e de infraestrutura básica, os quais serão detalhados a seguir.

2.2.1. Terraplanagem

O projeto de terraplanagem, item essencial para o início de qualquer empreendimento de parcelamento do solo, inicia-se a partir de um levantamento topográfico que envolva dados de planimetria e altimetria. A norma NBR 13133/1994 fixa as condições exigíveis para a execução destes serviços. Estas devem compatibilizar medidas angulares, medidas lineares, medidas de desníveis e as respectivas tolerâncias em função dos erros, selecionando métodos, processos e instrumentos para a obtenção de resultados compatíveis com a destinação do levantamento, assegurando que a propagação de erros não exceda os limites de segurança inerentes a esta destinação.

O projeto geométrico produzido a partir dele, é determinado com base no posicionamento de marcos, de tal forma que um sistema geométrico possa ser reconstituído a qualquer momento. A execução das obras de terraplanagem deve

ser precedida da remoção da camada vegetal de recobrimento do terreno. Deve-se procurar gerar o menor movimento de terra possível, procurando-se compensar os volumes de corte e aterro, de modo a evitar-se, ao máximo, a necessidade de empréstimos ou “bota-foras” de materiais (CDHU, 2008). Segundo BRUNELLI E SANTOS (2013), projetos de terraplenagem devem apresentar memorial descritivo e justificativo, plantas e planilhas de cálculo de volume de corte e aterro.

Um dos conceitos importantes, nos quais se definem critérios de ocupação por parte da lei de parcelamento do solo é a declividade, conceituada como a quantificação de um declive ou aclive expressado normalmente em porcentagem (%), ou seja, é a razão de diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos. Também pode ser dada pelo ângulo de inclinação do terreno em relação à horizontal. Há uma relação entre a declividade (i), vento, escoamento de água e circulação de pedestres para um determinado local de urbanização. (MASCARÓ, 2003).

2.2.2. Infraestrutura básica

Há um conjunto de elementos que suportam a estrutura de uma cidade, não sendo esta uma combinação apenas de áreas edificadas e áreas livres. São as chamadas redes de infraestrutura, que possibilitam construir um sistema harmônico, através de sistemas e subsistemas articulados entre si dentro de um espaço chamado urbano (MASCARÓ, YOSHINAGA, 2005).

Segundo suas funções as redes são classificadas em sistema viário, sistema sanitário, sistema energético e sistema de comunicações. Segundo sua localização no espaço elas podem ser aéreas, de superfície e subterrâneas. Segundo o funcionamento podem depender totalmente da força de gravidade, podem não depender da força de gravidade e podem funcionar sob pressão (MASCARÓ, YOSHINAGA, 2005).

A seguir, apontam-se as principais redes a serem projetadas no contexto de um loteamento urbano, assim como as respectivas legislações e normas técnicas que regem a execução de seus projetos.

2.2.2.1. Rede de drenagem pluvial

As redes de drenagem pluvial têm a função de promover o adequado escoamento das águas provenientes das chuvas que caem nas áreas urbanas, assegurando o trânsito sob quaisquer condições climáticas evitando os efeitos danosos das inundações e proporcionando a proteção das edificações evitando a erosão das fundações (ZMITROWICZ E NETO, 1997). Os critérios e exigências necessários para projetos de drenagem de águas pluviais são regidos pela NBR 10844/1989, a qual visa garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto e durabilidade. A drenagem de águas pluviais constitui-se hoje, basicamente, de três partes:

- ruas pavimentadas com guias, sarjetas e sarjetões;
- redes de tubulações e seus sistemas de captação;
- áreas deliberadamente alagáveis.

Os elementos dessas partes que participam da drenagem são: meios-fios com altura de aproximadamente 15 cm em relação a parte superior da sarjeta; sarjetas são faixas executadas junto ao meio-fio com função de receber e dirigir as águas pluviais para até a captação; sarjetões são calhas em “V” situadas nos cruzamentos das vias onde se faz necessário para permitir a passagem de água de um lado para outro, e “pés-de-galinha” são sulcos para levar água de um sarjetão para outro quando preciso em intersecções das vias; bocas-de-lobo para captar as águas superficiais para o interior das galerias podem ser de captação lateral, vertical ou lateral e vertical combinado, são de dimensões padronizadas e podem ser construídas em grades de ferro, concreto armado ou em placas de ferro fundido;

condutos de ligação conduzem as águas de uma boca-de-lobo a outra, ou a uma caixa de ligação ou a um poço de visita, normalmente com diâmetro de 300 ou 400mm; caixas de ligação são para unir os condutos entre si ou fazer a ligação destes às galerias, geralmente de secção quadrada (1,00mx1,00m ou 1,40mx1,40m); poços de visita permitem o acesso aos condutos para limpeza e inspeção, com altura mínima de 2m e diâmetro de 0,60m. O espaçamento entre dois poços não deve exceder 100m; galerias encarregadas de encaminhar as águas captadas ao seu destino final têm diâmetro mínimo de 400mm e as mais utilizadas são de concreto pré-fabricado. (MASCARÓ, YOSHINAGA, 2005).

2.2.2.2. Rede de abastecimento de água

A elaboração de projetos de rede de distribuição de água deve atender as diretrizes fixadas na NBR 12218. De acordo com Mascaró e Yoshinaga (2005), um sistema de abastecimento de água é composto da seguinte forma:

- Captação, que pode ser feita em águas superficiais (rios, lagos, etc.) onde a captação é direta, ou subterrânea com sistemas de captação mais caros;

- Adução pode funcionar por gravidade, por recalque ou mista, utiliza nas adutoras materiais como concreto ferro fundido, aço, e em menor escala cimento amianto; Recalque é uma técnica necessária para a elevação da água de ponto para outro ou para auxiliar nas adutoras, recalcando-se em casos extremos devido o encarecimento do sistema de abastecimento;

- Reservatórios que podem ser enterrados, semienterrados ou elevados, escolhidos em função da eficiência do sistema;

- Tratamento feito em estações próprias especiais com função de adequá-la ao consumo;

- A distribuição é feita por dois tipos de condutos, os principais ou mestres com maior diâmetro e pressão, e os secundários de menor diâmetro e pressão que

abastecem os usuários. Quanto ao traçado da distribuição têm-se dois tipos de redes: as abertas de custo mais baixo, mas inconvenientes de interrupções, e as malhadas onde as tubulações primárias e secundárias formam anéis, acham-se fechadas, com custo mais alto, mas com alto grau de segurança no serviço (MASCARÓ, YOSHINAGA, 2005).

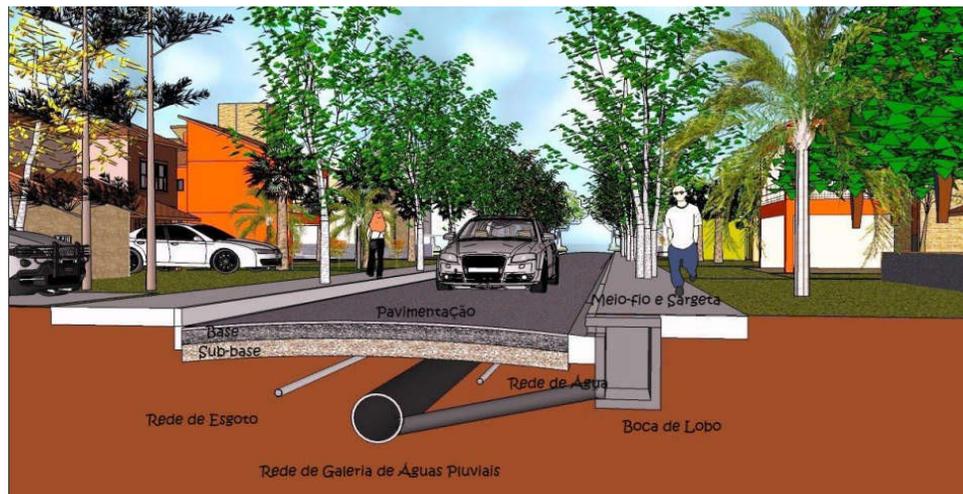
2.2.2.3. Rede de esgoto sanitário

Segundo Máscaro e Yoshinaga (2005), a rede de esgoto sanitário, de forma simétrica e oposta a rede de abastecimento, é basicamente constituída por tubulações de coleta e transporte de esgotos, alguns elementos acessórios tais como: poços de visita e a estação de tratamento de onde sairão os efluentes. Os sistemas coletores prediais usuais são do tipo radial ou ortogonal. Os poços de visita são necessários em obras de esgoto para manutenções e limpeza da canalização, fechados por tampões de ferro fundido quando na rua (quando nos passeios pode ser em concreto), de dimensão entre 65 e 70 cm para que permita a descida de uma pessoa, e suportem a carga de 4000 kg. Tanques flexíveis e sifões invertidos são usados apenas em casos excepcionais. Onde não é possível o esgotamento por gravidade torna-se necessária a construção de estações elevatórias. O processo de tratamento é específico para cada tipo de esgoto sendo ele doméstico ou industrial. As tubulações de esgoto poderão ser localizadas no eixo das ruas quando for uma só tubulação, e em caso de rede dupla é conveniente assentar nos passeios, com tubulação de diâmetro normalmente de 150 mm. O escoamento se deve dar com velocidade mínima de 0,5m/seg. e máxima de 4,0m/seg (MASCARÓ, YOSHINAGA, 2005).

A NBR 9649/1986 (Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário) trata das condições exigíveis na elaboração de projeto hidráulico-sanitário de redes coletoras de esgoto sanitário, funcionando em lâmina livre, observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do

sistema de esgoto sanitário. Na figura 1 pode-se observar um exemplo de seção transversal indicando as redes citadas anteriormente.

Figura 1 - Exemplo de redes de drenagem pluvial, abastecimento de água e coleta de esgoto



FONTE: MARQUES (2014).

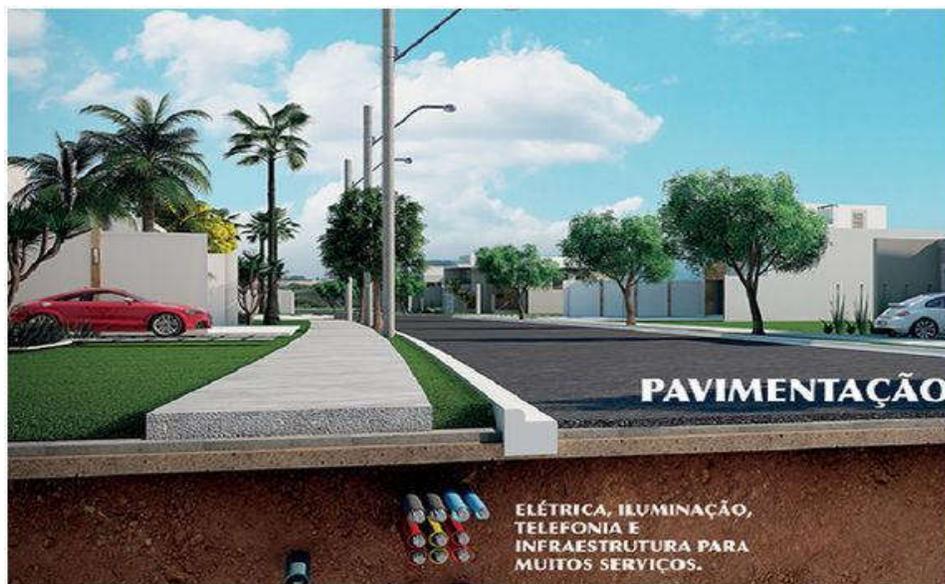
2.2.2.4. Rede de energia elétrica

Sistema composto por um conjunto de elementos interligados, onde se tem a geração, transmissão e distribuição para o consumo. Os meios de geração estão em amplo desenvolvimento e classificam-se em sistemas convencionais, não convencionais, e sistemas em desenvolvimento como as células fotovoltaicas. As linhas de transmissão têm estações transformadoras que servem para elevar ou rebaixar a tensão, e na construção destas linhas se devem levar em conta o material a empregar, o posicionamento da linha e o tipo de corrente transmitida (MASCARÓ, YOSHINAGA, 2005).

O sistema de distribuição tem duas partes fundamentais: a rede primária com tensão de 1.000 a 13.000V e a secundária de 110 a 380V, com as estações transformadoras entre as redes. Em geral os postes empregados na rede primária

são de 11m e nas secundárias de 9m, construídos normalmente em concreto com diâmetros entre 25 e 30 cm, sendo dispostos com vãos entre 30 e 45 m. As redes subterrâneas são bem mais caras, mas têm vantagens como: melhor serviço, menor perigo e ausência de poluição visual, conforme figura 2 (MASCARÓ, YOSHINAGA, 2005).

Figura 2 - Exemplo de rede de energia elétrica subterrânea



FONTE: CONTI (2015).

A Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, institui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL que tem por finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal, e a NBR 414/2010 estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada e consolidada.

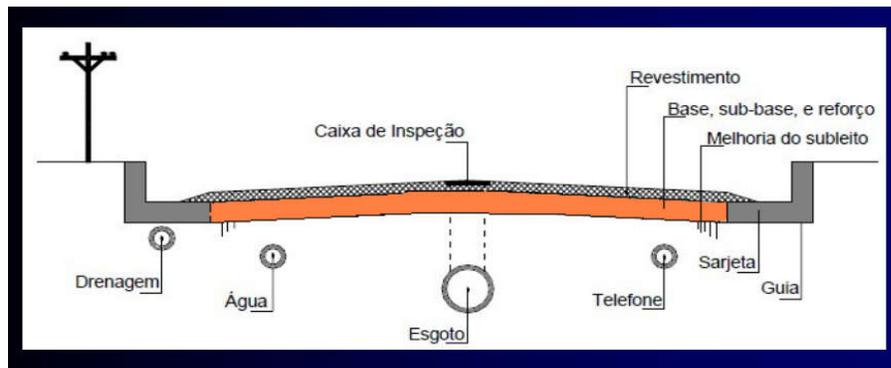
2.2.2.5. Rede viária

De acordo com o tipo das funções que desempenham, em função do espaço urbano ocupado, é constituída por duas partes, o leito carroçável e os passeios. A rede é complementada pela rede de drenagem pluvial. É um sistema mais vinculado ao uso por pessoas e veículos, tem o custo mais elevado, ocupa de 20 a 25% do solo urbano, e sua alteração envolve muitas dificuldades, por isso é considerado o sistema mais delicado entre outros (MASCARÓ, YOSHINAGA, 2005).

O leito carroçável é composto de várias camadas, conforme figura 3: a camada de revestimento que é a superficial, suporta o tráfego e é onde atuam esforços complexos verticais, horizontais e de sucção, e o seu tipo depende de observações técnicas e econômicas; as camadas inferiores que protegem o revestimento são compostas por base e sub-base, podendo ser acrescida de uma terceira camada chamada de reforço de subleito; complementando essas camadas o conjunto de meio-fio-sarjeta (MASCARÓ, YOSHINAGA, 2005).

A pavimentação para o leito carroçável deve ser construída com observação de várias exigências em relação à resistência, conservação, atrito, sonoridade e cor. Diversos são os tipos de pavimentos, podendo ser eles flexíveis, semiflexíveis ou rígidos. Várias são as formas disponíveis para preservar o trânsito no leito carroçável em relação à velocidade como sobre elevações, trocas de pavimentos, radares, desvio de vias de tráfego e ruas em curva e contracurva contínua, alteração do eixo da via e alamedas (MASCARÓ, YOSHINAGA, 2005).

Figura 3 - Exemplo de rede viária



FONTE: MARQUES (2014).

Aos pedestres são usados passeios laterais às ruas e outros exclusivos, coordenados sempre com um sistema viário complexo único. Os passeios exclusivos podem ser construídos em depressão ou superelevação em relação às partes laterais, observando as adequadas declividades transversais e longitudinais (MASCARÓ, YOSHINAGA, 2005).

A infraestrutura das vias deve atender às limitações e se adequar sempre aos pedestres e descapacitados, para tal, deve-se fazer uso de medidas como alargamento das rampas com cor diferenciada e antiderrapante, sobre elevação de faixas de pedestres, troca de material na faixa de pedestres, placas de sinalização especiais, e faixas com pisos especiais para deficientes visuais. Várias são as formas disponíveis para preservar o trânsito no leito carroçável em relação à velocidade como sobre elevações, trocas de pavimentos, radares, desvio de vias de tráfego e ruas em curva e contracurva contínua, alteração do eixo da via e alamedas (MASCARÓ, YOSHINAGA, 2005).

A estratégia de mobilidade urbana tem como objetivo geral qualificar a circulação e o transporte urbano, proporcionando os deslocamentos na cidade e atendendo às distintas necessidades da população, a NBR 9050/2004 acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, estabelece critérios e parâmetros técnicos a serem observados quando do projeto, construção, instalação e adaptação de edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos às condições de acessibilidade.

2.3. Building Information Modeling (BIM)

2.3.1. Definições

Building Information Modeling (BIM), em sua tradução literal, significa Modelo de informação da construção. Segundo a M.A. Mortenson Company (Eastman *et al*, 2008), BIM é uma simulação inteligente composta por seis características principais: digital, tridimensional, mensurável (em quantidades e dimensões), compreensível, acessível e durável em todo o ciclo de vida da construção. Para Crespo e Ruschel (2007), o *Building Information Modeling* não é apenas um modelo para visualização do projeto, mas sim um modelo digital capaz de agregar informações variadas em um banco de dados. Os objetos modelados em BIM apresentam parâmetros que os dão características semelhantes às características reais. Por exemplo, uma parede projetada em BIM apresentará dimensões, materiais, especificações, fabricantes que representam as propriedades de uma parede real.

Os projetos com tecnologia BIM podem ser considerados uma evolução dos sistemas CAD, pois há gerenciamento de informações do ciclo de vida completo da construção, através do banco de dados referente ao projeto integrado à modelagem em três dimensões (COELHO E NOVAES, 2008). Ray Crotty (2013) compara a modelagem BIM a uma construção em um mundo virtual, sendo que cada elemento virtual é análogo a um elemento real. Underwood e Isikdag (2009) afirmam que através de simulações o funcionamento completo de um espaço projetado pode ser previsto, tornando assim a construção o mais produtiva possível durante sua execução – além de trazer a possibilidade de otimizar materiais e energia, diminuindo impactos negativos ao meio ambiente.

O *Building Information Modeling* (BIM) está diretamente ligado aos conceitos de parametricidade, colaboração entre profissionais da indústria da Arquitetura,

Engenharia e Construção (AEC) e interoperabilidade (ANDRADE E RUSCHEL, 2009a).

2.3.2. Parametricidade

Para Santos (2007), a modelagem paramétrica é o que diferencia um modelo CAD 3D convencional do modelo BIM. Segundo Florio (2007), o processo de desenvolvimento de um projeto requer diversas revisões e modificações. As variações paramétricas criam alternativas do mesmo design proposto com leves diferenças (dimensões, proporções e formas), mas que continuam carregando atributos e propriedades dentro de sua representação - permitindo que a manipulação dos dados seja feita de acordo com essas características.

Segundo Hernandez (2006, apud ANDRADE E RUSCHEL, 2009b), a representação paramétrica de um objeto é construída com entidades normalmente geométricas, as quais se dão atributos fixos e variáveis que são representados por parâmetros e regras. Esses atributos permitem, conforme controle do usuário e/ou mudança de contexto, que os objetos se ajustem automaticamente as alterações (EASTMAN et al, 2008) que são refletidas em todas as pranchas associadas ao objeto modificado, e também nas tabelas de orçamento e especificações (COELHO E NOVAES, 2008).

A aplicação de modelos paramétricos possibilita a exploração de várias alternativas de projeto de forma rápida e segura. A estruturação paramétrica é composta por “famílias” de objetos, que incluem atributos de forma e relação – que usam parâmetros que envolvem distâncias, ângulos e regras, gerando assim diversificação dos objetos com parâmetros variados. O nível de precisão do modelo depende da quantidade de regras contidas no objeto em questão (ANDRADE E RUSCHEL, 2009b).

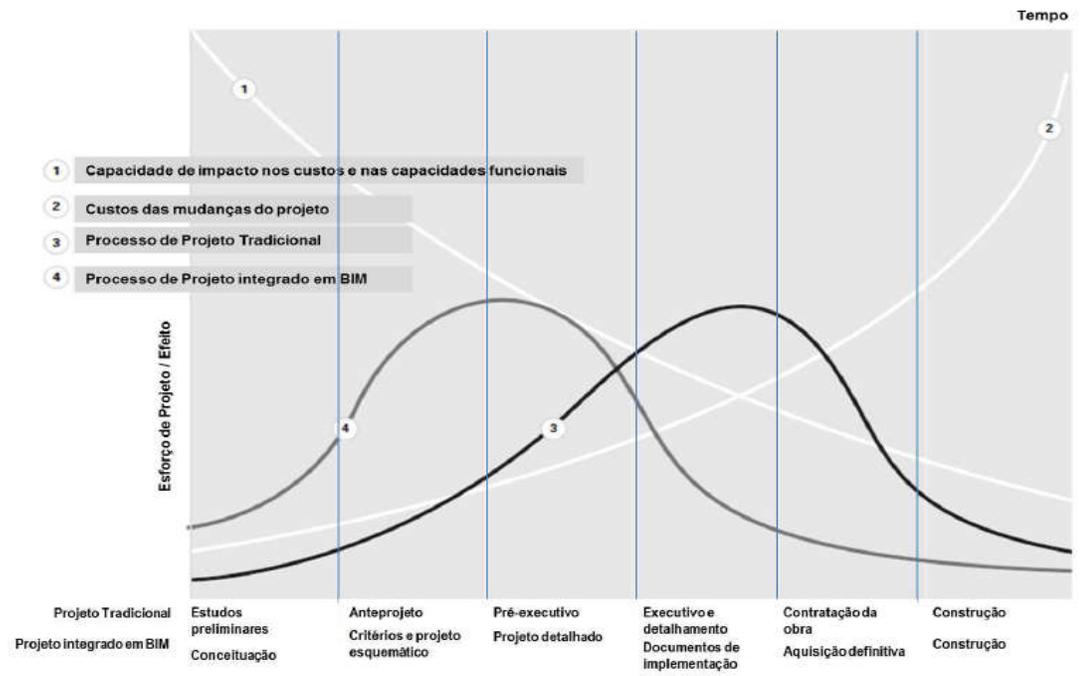
2.3.3. Colaboração

Um projeto colaborativo prega que a integração entre os envolvidos é fundamental para um produto final melhor (FABRICIO e MELHADO, 2002). Essa integração exige que os profissionais trabalhem juntos compartilhando ao máximo seus conhecimentos e experiências, assim enriquecendo o produto com as diversas soluções sugeridas durante o processo (FLORIO, 2007). O modelo deve ser bem conhecido por todos envolvidos em seu desenvolvimento, além dos profissionais conseguirem adaptá-lo à suas próprias necessidades e mudanças das realidades que se pretende modelar (FERREIRA, 2007). O uso da colaboração no projeto distribui riscos e sucessos entre todos os participantes (FLORIO, 2007).

Manzione (2013) afirma que o processo de projeto atual não visa a colaboração entre os profissionais das diversas disciplinas envolvidas, gerando retrabalhos que atrasam o cronograma e aumentam os custos. Para Campestrini *et al* (2015), compartilhar conhecimentos individuais entre todos os envolvidos induz a escolha de soluções integradas, melhorando a tomada de decisões.

A comparação entre os esforços empregados no processo convencional de projeto e no processo colaborativo pode ser ilustrada pela Curva de MacLeamy, conforme figura 4 (BARBOSA, 2014). As curvas 1 e 2 relacionam a variável custo com o tempo e esforço dado ao projeto. As curvas 3 e 4 ilustram o processo de projeto convencional e de modo colaborativo, respectivamente (MANZIONE, 2013).

Figura 4 - Curva de MacLeamy



FONTE: MANZIONE (2013).

Ao analisar a curva de MacLeamy observa-se que no processo tradicional os esforços estão direcionados às fases executivas, enquanto no processo colaborativo os esforços são direcionados às fases de concepção do projeto. Conforme as curvas 1 e 2, constata-se que os custos devido à mudanças nas fases iniciais são relativamente baixos se comparados aos custos de mudanças nas fases finais (RIBEIRO, 2012).

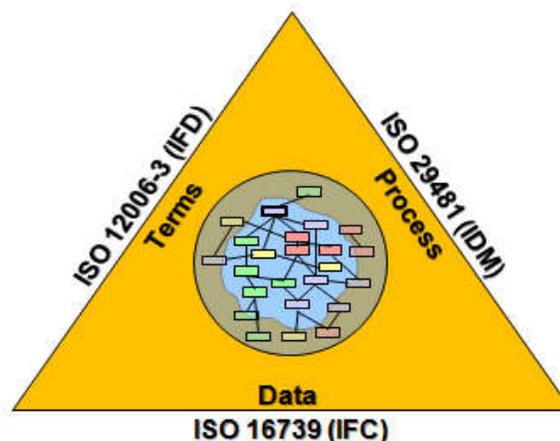
2.3.4. Interoperabilidade

Como destacado por Andrade e Ruschel (2009a), durante o processo de desenvolvimento de um produto da construção informações em diversos formatos são trocadas entre os projetistas, tornando a interoperabilidade indispensável para que a troca de dados seja reconhecida por sistemas que apresentam formatos e linguagens diferentes.

A *International Alliance for Interoperability (IAI)* foi criada em 1995 pela Autodesk Inc. (inicialmente conhecida por *Industry Alliance for Interoperability* e atualmente chamada *buildingSMART*) com o objetivo de desenvolver um modelo de distribuição de dados capaz de trocar informações entre os diferentes *softwares* de modelagem BIM (EASTMAN et al, 2008). O modelo desenvolvido pela *buildingSMART* é representado por três conceitos padronizados relacionados a troca de informações: *Industry Foundation Classes (IFC)*, *International Framework for Dictionaries (IFD)* e *Information Delivery Manual (IDM)*, conforme figura 5 (*buildingSMART*, 2007).

O termo *Industry Foundation Classes (IFC)*, que é uma linguagem padronizada para troca de informações na plataforma BIM, compreende as informações de diversas disciplinas que contribuem durante o ciclo de vida de uma edificação. O intercâmbio de dados precisa seguir alguns requisitos de troca (*“Exchange requirements”*), onde cada estágio de projeto detalha informações específicas (MANZIONE, 2013). A sua versão mais atual é o IFC 4, aceita e registrada pela *International Organization for Standardization (ISO) 16739* (*buildingSMART*, 2013).

Figura 5 - Conceitos base para troca de informações



FONTE: *buildingSMART* (2007).

O *International Framework Dictionaries (IFD)* estabelece uma terminologia padrão para os elementos que serão trocados através do IFC. Ou seja, este define semanticamente o que são os objetos – evitando diferenças regionais na hora de

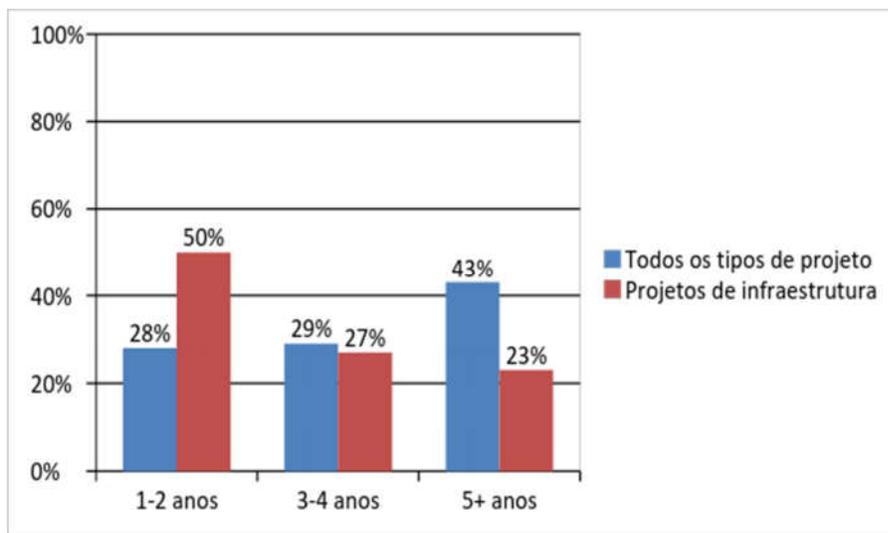
nomeá-los (BARBOSA, 2014). O *Information Delivery Manual* (IDM) define quais informações devem ser compartilhadas em cada etapa do ciclo de vida do projeto (AYRES FILHO, 2009).

2.4. BIM para infraestrutura

Apesar de já ser amplamente utilizado em obras de construção civil, o uso do BIM em obras de infraestrutura ainda está começando a ser implantado. As vantagens conhecidas da aplicação do BIM na construção civil servem como um incentivo para aplicá-lo em projetos de infraestrutura, auxiliando a amenizar a complexidade envolvida em projetos nessa área (RADÜNS, 2013).

Conforme uma pesquisa da McGraw_HillConstruction (2012), feita com empresas atuantes em obras de infraestrutura, o uso do BIM em projetos de infraestrutura vêm crescendo nos últimos anos, mas apresenta um atraso de cerca de três anos se comparado com o uso do BIM em outros tipos de projetos, conforme figura 6.

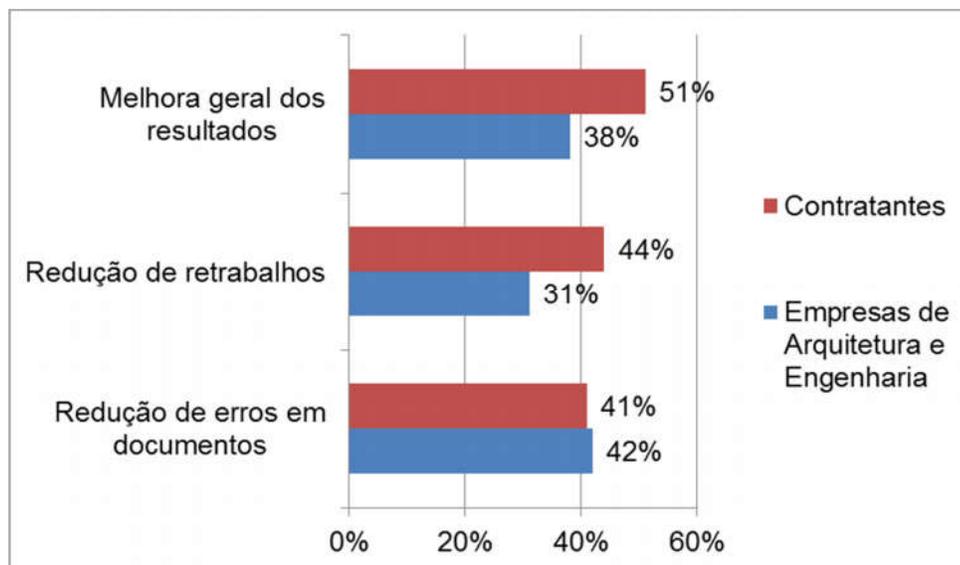
Figura 6 - Tempo de uso de BIM



FONTE: Adaptado de McGraw Hill Construction (2012).

Afirma-se na mesma pesquisa que os benefícios do BIM destacados pelas empresas de infraestrutura em 2012, conforme figura 7, são os mesmos que empresas voltadas a outros tipos de projetos destacaram em 2009, o que comprova os resultados do uso do BIM independente do tipo de projeto.

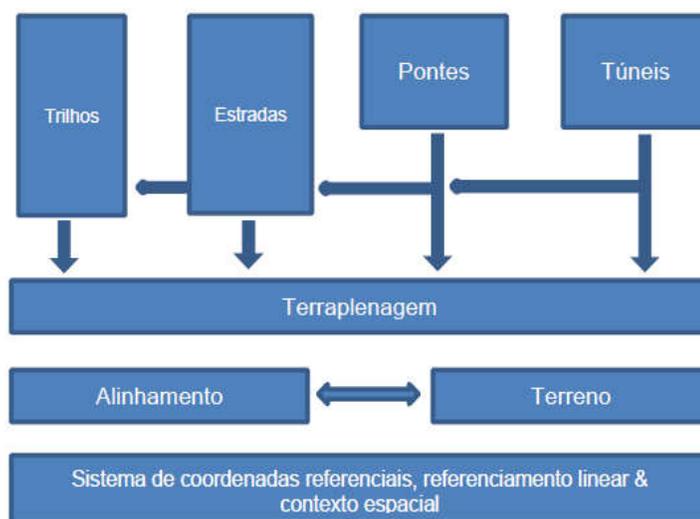
Figura 7 - Benefícios do uso do BIM em projetos de infraestrutura.



FONTE: Adaptado de McGraw Hill Construction (2012).

Segundo a *buildingSMART* (2015), padronizar os dados relacionados à infraestrutura trazem maior eficiência no planejamento, construção e operação desta. Uma das partes cruciais para projetos de infraestrutura é o alinhamento, portanto a correta representação dos dados é essencial para padrões de dados abertos sobre infraestrutura. A última versão publicada do IFC em 2013 (IFC4) não apresenta a funcionalidade de representar esse alinhamento. Para isso, em 2015 a *buildingSMART* criou o *P6 IFC alignment* para que o IFC4 fosse capaz de armazenar os dados relativos à infraestrutura (AMANN *et al*, 2014). Os componentes desenvolvidos pela *buildingSMART* para normas BIM em infraestrutura estão ilustrados na figura 8.

Figura 8 - Componentes da infraestrutura (*IFC alignment*)

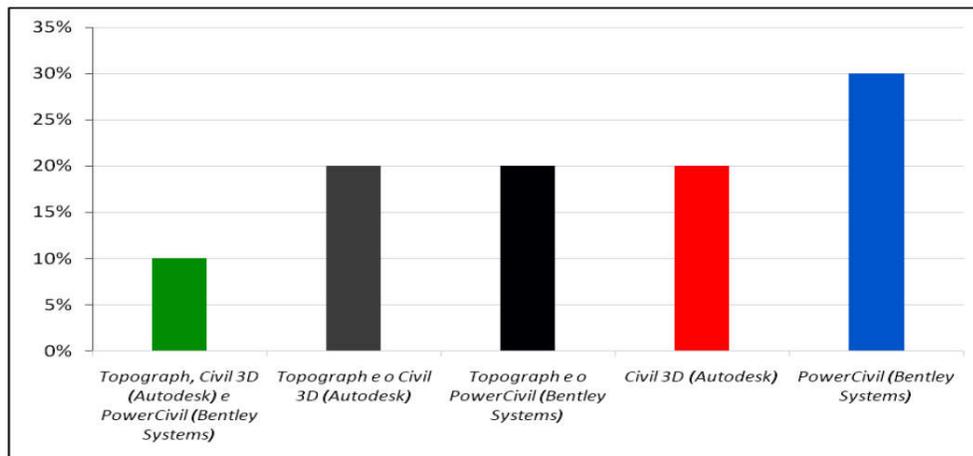


FONTE: Corrêa e Santos (2015).

2.4.1. Principais softwares BIM para infraestrutura

Segundo pesquisa realizada por BRAGA E CAMPOS NETO (2015), um grande número de empresas já faz uso de *softwares* específicos para projetos de infraestrutura. A pesquisa avaliou alguns *softwares* disponíveis no mercado (*AutoCAD*, *MicroStation*, *Topograph*, *PowerCivil for Brazil* e *Civil 3D*) e concluiu que o uso do *PowerCivil for Brazil*, da *Bentley Systems*, tem predominância sobre os outros *softwares* nas empresas analisadas, conforme figura 9.

Figura 9 - *Softwares* para cálculos de projetos utilizados pelas empresas analisadas



FONTE: BRAGA E CAMPOS NETO (2015).

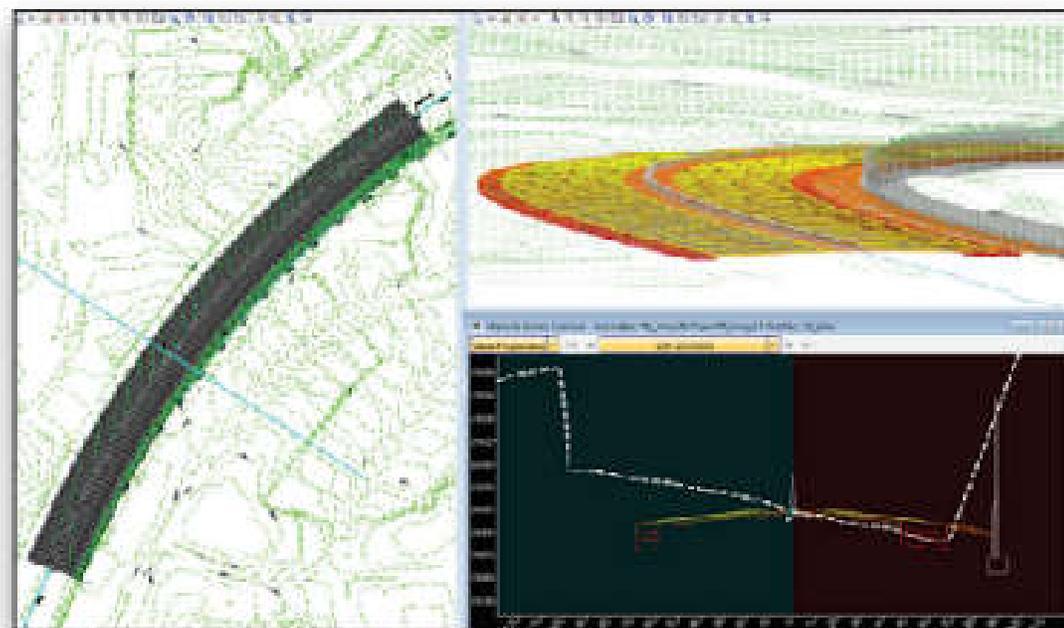
As características dos dois principais *softwares* utilizados serão expostas a seguir, onde será dada maior ênfase ao *PowerCivil for Brazil* por ser o *software* escolhido para ser aplicado no desenvolvimento deste trabalho.

2.4.1.1. PowerCivil for Brazil

O *PowerCivil for Brazil* é um *software* desenvolvido pela *Bentley Systems*, empresa multinacional responsável pelo desenvolvimento de *softwares* com diversas finalidades nas áreas da Engenharia. Pode-se citar como áreas de aplicação: projetos de estradas e rodovias, pontes, engenharia estrutural, modelo de águas, entre outros (BENTLEY SYSTEMS, 2013).

A tecnologia conhecida como *OpenRoads*, que vem incluída no *software*, facilita o projeto civil de redes rodoviárias, visto que apresenta interação imersiva de topografia, modelagem de terrenos e corredores, geometria, seções transversais dinâmicas, entre outros. Também proporciona as informações necessárias para sustentar o fluxo de trabalho durante todo o período de projeto, com visualização em tempo real (BENTLEY SYSTEMS, 2013). Na figura 10 observa-se um fluxo de trabalho combinando planta, perfil e seção transversal, com tecnologia de modelagem 3D.

Figura 10 - Exemplo de combinação de fluxos de trabalho



FONTE: Bentley Systems (2014).

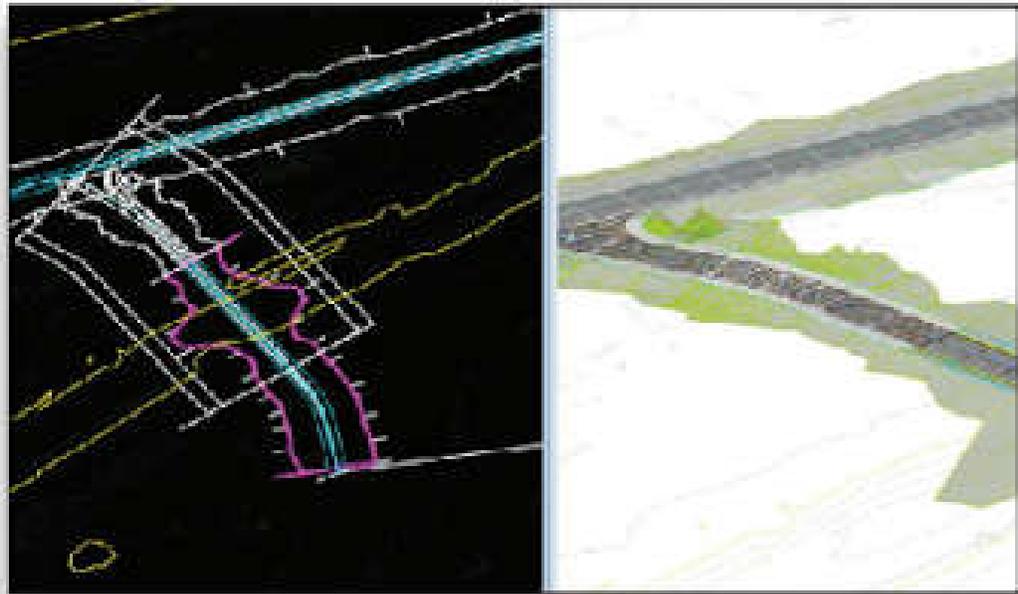
A modelagem 3D oferece informações que certificam a integração em todas as fases do projeto, por toda a duração deste e com todas as equipes envolvidas, satisfazendo assim o conceito "BIM".

No que diz respeito a levantamento topográfico/modelagem de terreno, o *PowerCivil* pode trabalhar com qualquer tipo de dado de campo, levantamento, ASCII, GPS, LiDAR, fotogrametria, mapa de curvas, nuvens de pontos, entre outros formatos. Os usuários podem modificar e processar os dados sempre que necessário, e quando o projeto estiver completo, carregar os dados do projeto nos coletores, para que seja implantado ou orientado, automaticamente, o equipamento na preparação do local da obra, eliminando, desta forma, trocas onerosas e às vezes repetição de dados (BENTLEY SYSTEMS, 2016).

O *software* permite criar as configurações geométricas mais usadas em 2D e 3D como "*Civil Cells*", a fim de acelerar a produção do projeto, usando *layouts* anteriormente propostos. A biblioteca do *software* traz componentes já parametrizados dentro da norma brasileira, com restrições e informações para possibilitar uma conexão dinâmica entre esses elementos – assegurando assim os

padrões de projeto. As “Civil Cells” existentes podem ser editadas, assim como novas podem ser criadas, o que mantém os mesmos parâmetros ao utilizá-las repetidamente. A figura 11 é uma demonstração de uma “Civil Cell”, tanto bidimensional quanto tridimensional (BENTLEY SYSTEMS, 2014).

Figura 11 - Configurações geométricas 2D e 3D normalmente usadas pelas Civil Cells.



FONTE: Bentley Systems (2014).

Uma característica a ser destacada é o “*Design Intent*”, que gera associações e relações entre os elementos da engenharia civil. A informação do objeto, como, onde e por que o método foi criado é armazenada, com o propósito de garantir que a finalidade original seja mantida e honrada. No caso de algum dos elementos ser modificado, quaisquer elementos relacionados serão recriados com base nestas relações armazenadas, garantindo, assim que o projeto seja desenvolvido conforme a engenharia aplicada (BENTLEY SYSTEMS, 2014).

A modelagem pode ser totalmente parametrizada, o que permite ao usuário incorporar regras, relações e restrições. O *software* conhece o tipo de objeto selecionado e oferece opções apropriadas de edição sem caixas de diálogo, oferecendo um conjunto de manipuladores e campos de comandos para que a

edição possa ser feita na hora. A atualização dinâmica garante que o projeto automaticamente permaneça atualizado, não existindo a preocupação de estar ou não trabalhando no arquivo mais recente do projeto. O *software* inclui modelos restritos de tráfego, sensível ao contexto e intuitivo. O trabalho com seções transversais dinâmicas exibe atualizações em tempo real de como o projeto é modificado, permitindo assim visualizar o projeto a qualquer momento e sob demanda dentro do fluxo de trabalho da sua modelagem, sem troca de *software* ou algum outro tipo de trabalho especial, podendo assim criar animações. O programa também conta com a sua ferramenta própria de identificação de conflitos "*Clash Detection*", permitindo assim que o usuário, no mesmo instante, crie critérios para suas análises de todos os elementos em conjunto (BENTLEY SYSTEMS, 2016).

A projeção das redes de águas pluviais e sanitárias é feita por um aplicativo do *PowerCivil for Brazil* para sistemas de superfície e de coleta de água residual, chamado *Subsurface Utilities*. O modelo 3D pode ser criado interativamente, e associado ao modelo de solo da área trabalhada. (BENTLEY SYSTEMS, 2014).

O *PowerCivil for Brazil* possui relatórios para a administração de quantitativos, automatiza geração de quantitativos para estimativa, conecta o projeto à lista mestra de preços unitários, relata quantidades pelo projeto inteiro ou descreve por planilha, estações, área ou fase do projeto, relata recursos do desenho e elementos gráficos, gera quantidades lineares, de área e de volume, aplica financiamentos e regras de custo para quantidades, podendo escolher entre mais de 30 modelos de relatórios fornecidos com o software, modificando relatórios existentes ou criando relatórios personalizados (CEP TECNOLOGIA, 2015)

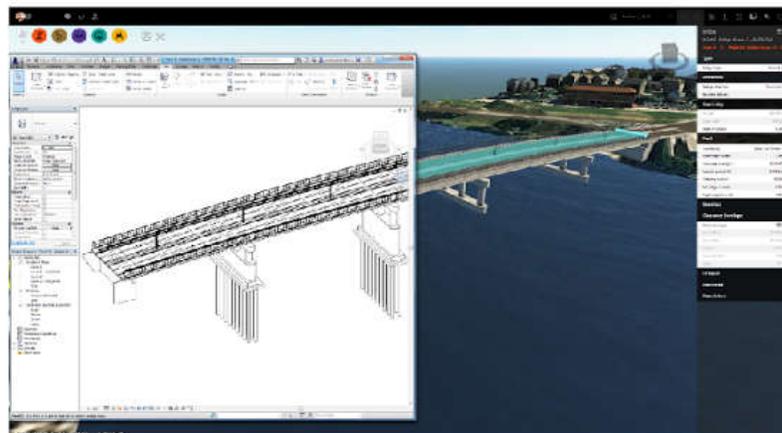
2.4.1.2. Civil 3D/Infraworks

O *software InfraWorks*, desenvolvido pela *Autodesk*, possibilita a transformação de projetos de infraestrutura civil em 3D e o gerenciamento de modelos de infraestrutura em grande escala, tendo como base bancos de dados já

existentes, prevendo de forma realística como o projeto vai funcionar no ambiente proposto, com níveis de detalhes adequados e proporcionando interação dos membros da equipe (AUTODESK, 2016).

O *AutoCAD Civil 3D* usa os modelos de projeto preliminares do *InfraWorks*, e as superfícies, o planejamento e o projeto de estradas, interseções, redes de drenagem editados no *Civil 3D* são incorporados no *InfraWorks*. O desenho do *Civil 3D* serve como base de dados original para preencher o modelo do *InfraWorks* com o projeto delineado. As configurações são usadas para definir como os objetos do *InfraWorks* são vinculados para os modelos do *Civil 3D* ao serem importados, podendo desta forma proporcionar a finalização do projeto, detalhamento 2D e relatórios (AUTODESK, 2016). A figura 12 mostra a interface do programa *Infraworks*.

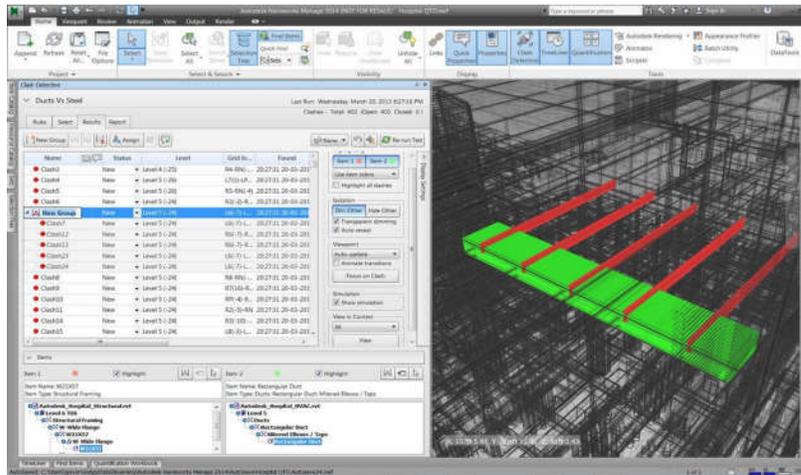
Figura 12 - Interface *InfraWorks*



FONTE: Autodesk (2016).

No que se refere à identificação de conflitos, o "*Clash Detection*" é realizado através de outro *software* da *Autodesk*, chamado de *Navisworks*, que além de realizar a conferência de interferências, admite a extração de quantitativos. A figura 13 ilustra a interface do *software Navisworks Simulate Network*.

Figura 13 - Interface Autodesk Navisworks Simulate Network



FONTE: Autodesk (2016).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. Caracterização do objeto de estudo

O objeto de estudo se trata de um loteamento, localizado no bairro planejado Cidade dos Lagos, no perímetro urbano de Guarapuava – Paraná, entre a PR-466 e a BR-277. O bairro planejado possui aproximadamente três milhões de metros quadrados, sendo que seu desenvolvimento será feito em três fases, conforme a figura 14. A área do objeto de estudo está compreendida na primeira fase de execução (vide indicação na figura 14), possuindo cerca de 10% da área total. O loteamento possui uma área de 443167,85 m² de terrenos sem benfeitorias, constituído de duzentos e sessenta e oito lotes distribuídos em quinze quadras, conforme figura 15.

Figura 14 - Localização e fases do loteamento



FONTE: CILLA Empreendimentos Imobiliários (2016).

Figura 15 - Imagem aérea do loteamento em estudo



FONTE: CILLA Empreendimentos imobiliários (2016).

3.2. Levantamento de dados

Para a realização do trabalho, os seguintes documentos técnicos e projetos foram fornecidos pela construtora responsável pelo empreendimento:

- Levantamento planialtimétrico;
- Projeto de rede de drenagem de águas pluviais;
- Projeto de rede de abastecimento de água;
- Memorial do projeto de água;
- Projeto de rede de esgotamento sanitário;
- Memorial do projeto de esgoto;
- Projeto de rede viária;
- Memorial descritivo de rede viária e drenagem de águas pluviais;
- Projeto de rede de energia elétrica;
- Memorial descritivo da rede de energia elétrica.

Os documentos técnicos e projetos citados acima estão disponibilizados em formato digital no anexo 1.

3.3. Modelagem

A modelagem tridimensional do loteamento foi realizada no *software PowerCivil for Brazil*, fornecido pela *Bentley Systems*. O *software* proporciona simplificação de cálculos e alterações de projeto, oferecendo ferramentas flexíveis para a modelagem em 3D. A detecção automática de potenciais problemas e conflitos estruturais na mesma plataforma foram as principais razões para a escolha do mesmo. Para atender o objetivo geral deste trabalho, a modelagem do loteamento ocorreu na sequência descrita a seguir: terreno, pavimentação e redes de drenagem, água, esgoto e energia elétrica. Todas as etapas de modelagem foram feitas com base nos projetos e documentos técnicos (com extensão .dwg do AutoCAD) fornecidos pela Cilla Empreendimentos Imobiliários.

3.3.1. Modelagem do terreno

Conforme explanado, iniciou-se o processo pela modelagem da superfície topográfica. O *software PowerCivil for Brazil* oferece elementos para a criação do modelo digital do terreno a partir da importação de arquivos em diversos formatos, como por exemplo: .txt, .dng, .Landxml, .tiff, entre outros. A partir do arquivo do levantamento planialtimétrico (.dwg) foi feita a extração dos dados dos pontos cotados através do comando AutoCAD “*dataextraction*”, o qual exportou as coordenadas x, y e z da superfície para um arquivo com extensão .txt. A figura 16 mostra parte dos dados extraídos, sendo que a posição x corresponde ao leste, a posição y ao norte e a posição z se refere a elevação (todas as informações estão em metros).

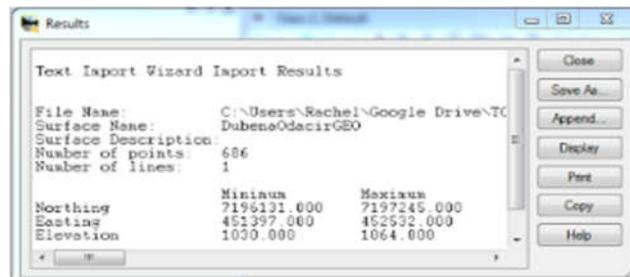
Figura 16 - Arquivo .txt com as coordenadas x, y e z do terreno.

Posição X	Posição Y	Posição Z
451247.4515	7196321.6508	1037.5211
451249.6386	7196323.1090	1037.4455
451249.7776	7196334.5859	1037.2460
451250.9406	7196332.4272	1037.2532
451251.1551	7196325.1567	1037.2376
451251.2047	7196196.9780	1037.9760
451251.2543	7196315.5260	1037.1879
451251.4692	7196182.4088	1037.3625
451251.5808	7196330.8886	1037.2679
451251.6941	7196326.7174	1037.2490
451251.7227	7196329.6600	1037.2313
451251.8562	7196328.4722	1037.3234
451252.9674	7196316.2780	1037.0543
451253.2456	7196183.7538	1037.4169
451253.9228	7196338.0625	1037.2595
451254.5874	7196316.5090	1036.9536
451254.6332	7196185.6699	1037.4267
451254.7609	7196190.6805	1037.6408
451255.5069	7196188.2768	1037.4958
451255.5300	7196335.3814	1037.2015
451256.3198	7196316.3894	1036.7222
451256.3484	7196177.1079	1037.2606
451257.6388	7196332.8343	1037.0774
451257.6841	7196200.2599	1037.8712
451257.7892	7196315.7073	1036.7879

FONTE: Autores (2016).

Com a ferramenta *Text Import Wizard*, no software *PowerCivil for Brazil*, os pontos extraídos do AutoCAD foram carregados, resultando na importação das coordenadas topográficas do terreno. A figura 17 demonstra quais são os pontos máximos e mínimos de elevação e coordenadas, além de informar a quantidade de pontos importados.

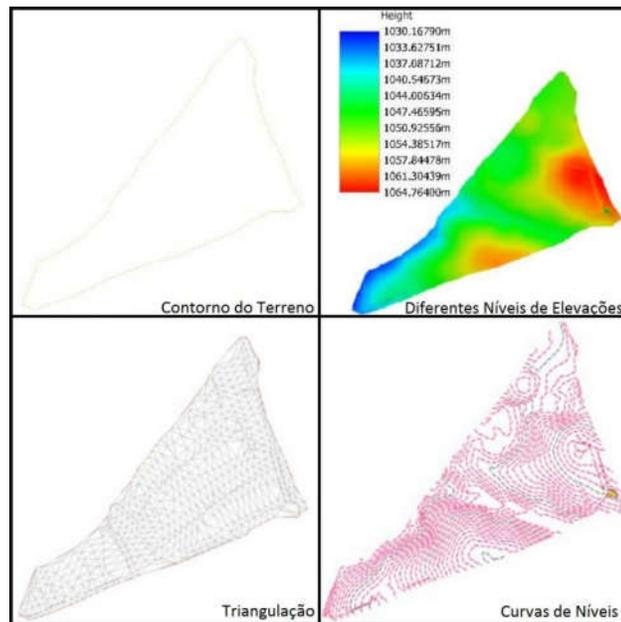
Figura 17 - Resultado da importação dos pontos



FONTE: Autores (2016).

As coordenadas importadas forneceram as informações topográficas necessárias para que o software automaticamente estabelecesse o modelo digital do terreno. A exibição deste pôde ser feita de diversas formas, como por exemplo: mostrar apenas o contorno do terreno, visualizar os diferentes níveis de elevação com cores pré-determinadas, visualizar a triangulação ou também exibir as curvas de nível do modelo, conforme pode ser visto na figura 18.

Figura 18 - Diferentes visualizações do modelo digital do terreno



FONTE: Autores (2016).

Para verificar a existência de erros grosseiros nos dados topográficos inseridos, inicialmente foi realizada pelos autores uma inspeção visual, tentando detectar linhas fora de triangulação ou aparentemente sobrando na representação. Em seguida, a ferramenta *Report Conflicting Points* (relatar pontos conflitantes) foi utilizada para indicar a existência de algum ponto duplicado da topografia, porém não foram encontrados pontos conflitantes.

3.3.2. Modelagem da rede viária

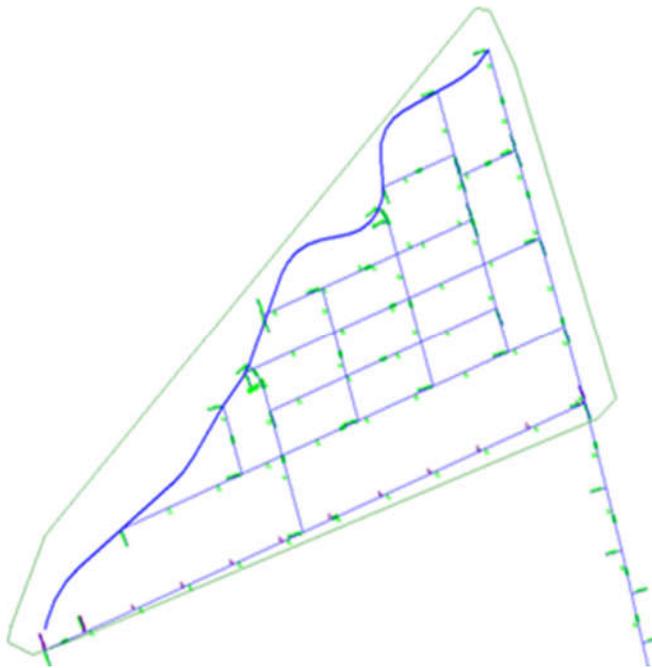
A rede viária foi modelada iniciando pelo traçado dos alinhamentos horizontais e verticais das vias. Para isso, o modelo digital do terreno (topografia) descrito no item 3.3.1 e o arquivo com extensão .dwg com os dados da rede viária foram adicionados como referência (plano de fundo) para que o modelo criado fosse fiel ao projeto fornecido. Em seguida, para fazer a modelagem dos corredores (caixa/seção transversal da via entre alinhamentos prediais) e das intersecções entre

vias foi necessário preparar os *templates* da pavimentação, conforme descrito a seguir.

3.3.2.1. Alinhamento horizontal¹

Para a definição do alinhamento horizontal das vias, foram traçados os eixos de cada rua conforme o projeto de referência (.dwg). O alinhamento horizontal das ruas do loteamento pode ser visto, através das linhas azuis de eixo, na figura 19.

Figura 19 - Alinhamento horizontal



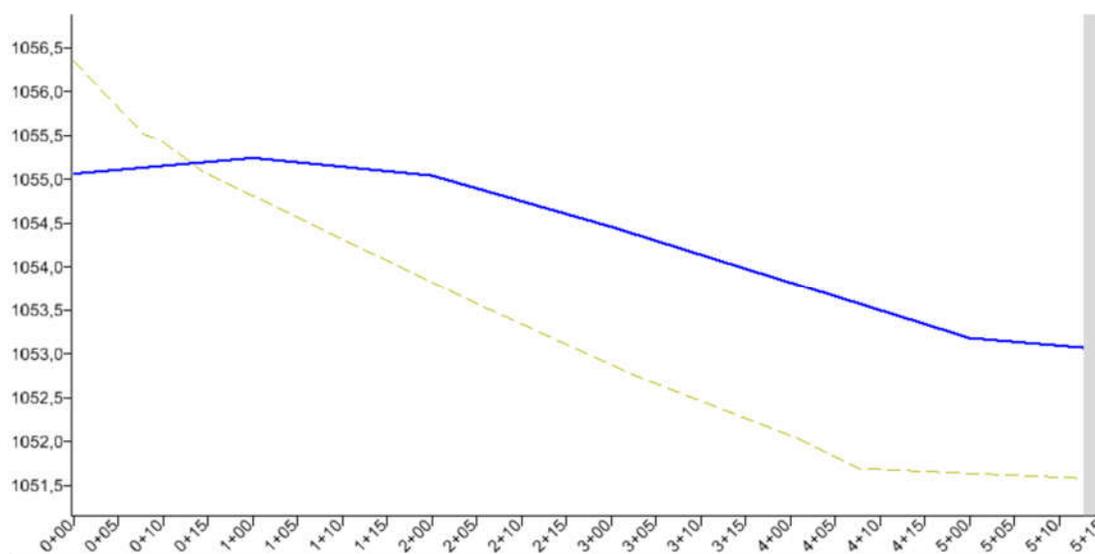
FONTE: Autores (2016).

¹ Comandos utilizados: “*Define Horizontal by best fit*” e “*Simple Arc from element*”.

3.3.2.2. Alinhamento vertical²

O alinhamento vertical foi feito para cada rua separadamente, visto que cada uma possui um perfil distinto. Ao selecionar cada perfil uma vista é aberta mostrando o greide da rua, com sua elevação ao lado esquerdo e suas estacas abaixo do greide, conforme figura 20. A linha azul representa a via e a linha pontilhada representa o terreno.

Figura 20 - Alinhamento vertical

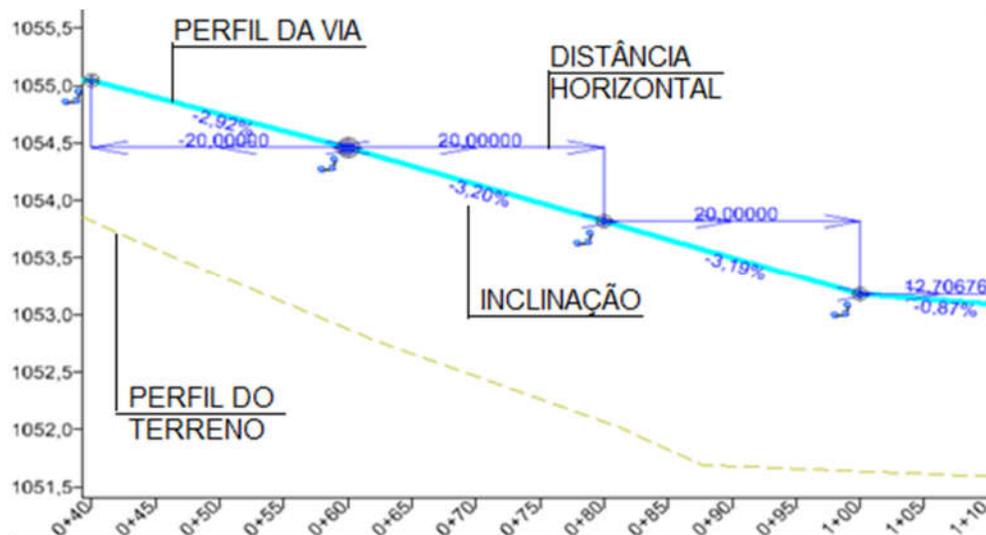


FONTE: Autores (2016).

Em cada rua foi estabelecida a elevação de cada estaca, então foi traçada a inclinação entre elas. Além disso, foram indicados no perfil os pontos de intersecção com as outras ruas. Posteriormente as linhas traçadas foram combinadas para a criação de um perfil complexo (ou seja, um perfil composto por uma linha única que permeia várias estacas). Na figura 21 pode-se observar um trecho dos perfis complexos criados, com indicação da distância horizontal e inclinação (*slope*) entre estacas. A linha tracejada ilustra o perfil natural do terreno e a linha azul indica o perfil projetado da via.

² Comandos utilizados: “Line between points” e “Profile complex by elements”.

Figura 21 - Distância e elevação entre estacas



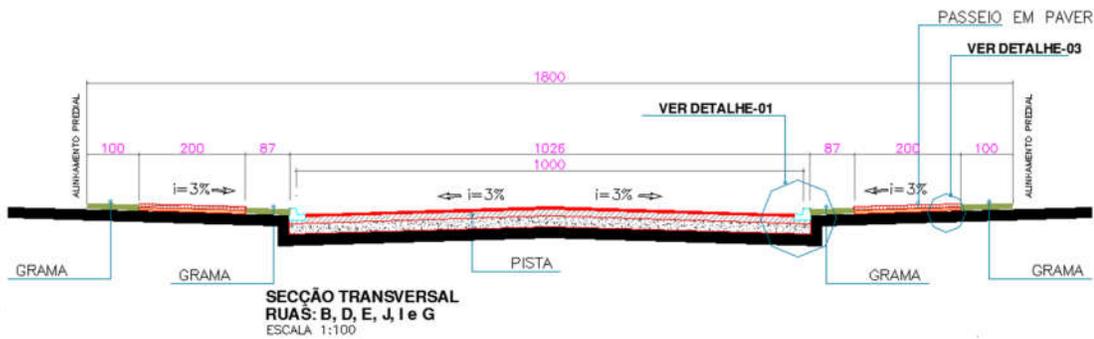
FONTE: Autores (2016).

3.3.2.3. Preparação de templates³

Os *templates* tratados neste trabalho referem-se às seções transversais das vias, incluindo suas dimensões, materiais de pavimentação (calçadas, meio-fio e via) com as espessuras de cada camada, possibilitando a extração de quantitativos posterior. Um *template* é formado pela união de diversos componentes. Como já descrito anteriormente no item 2.4.1.1, a biblioteca do *software* possui alguns componentes parametrizados e com informações para que exista uma dinâmica conexão entre eles. Foi necessária a criação de *templates* que atendessem os parâmetros de projeto para cada rua, conforme figura 22, onde se observa a seção transversal em .dwg (base para a modelagem) com dados em centímetros.

Figura 22 - Seção transversal das ruas B, D, E, J, I e G (arquivo .dwg da pavimentação)

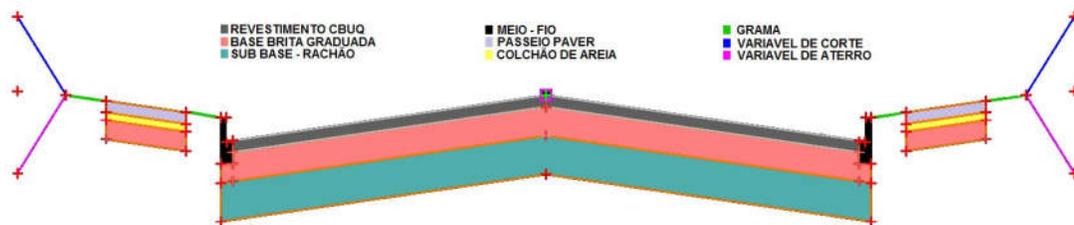
³ Comando utilizado: "Create template".



FONTE: Cilla Empreendimentos Imobiliários.

Para isso, os componentes existentes da biblioteca tiveram que ser alterados a fim de ficarem iguais à seção transversal de projeto (vide memorial descritivo disponível no anexo 1). Foram criados seis *templates* (seis diferentes seções transversais), que foram utilizados como “*Civil Cells*”, ou seja, se conectam de forma dinâmica com o greide da rua em que são aplicados. Na figura 23, pode-se observar um dos *templates* criados com as diferentes camadas de materiais, inclinações transversais para escoamento de águas pluviais e seus limites, em escala vertical superdimensionada, conforme especificações de projeto. Esta imagem foi adaptada pelos autores para melhor compreensão, sendo que a imagem original da interface do *software* para todos os *templates* pode ser visualizada no apêndice A.

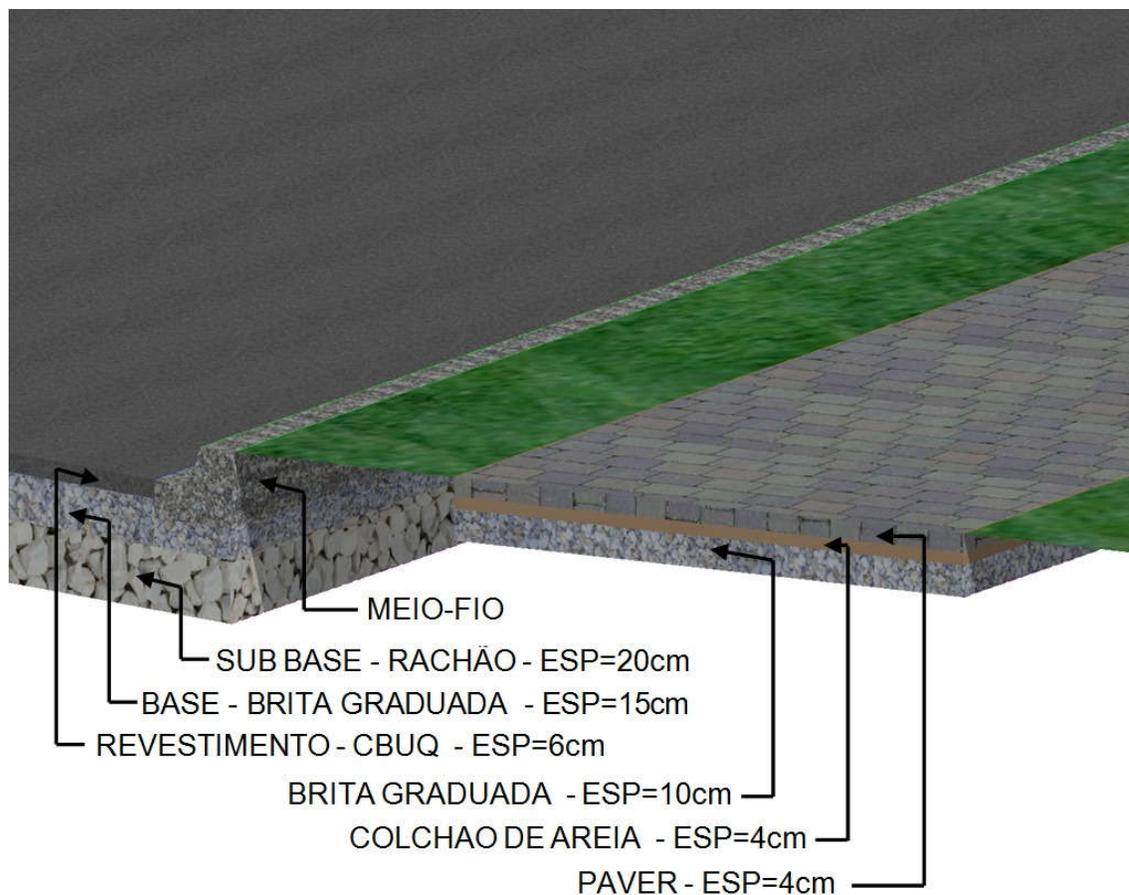
Figura 23 - Template criado para as ruas B, D, E, J, I e G



FONTE: Autores (2016).

Na figura 24 visualiza-se uma parte de uma seção transversal em três dimensões, consequência do *template* gerado, onde pode-se observar as camadas de base, sub-base, revestimento, meio fio, grama e calçada.

Figura 24 - Exemplo de seção transversal 3D criada

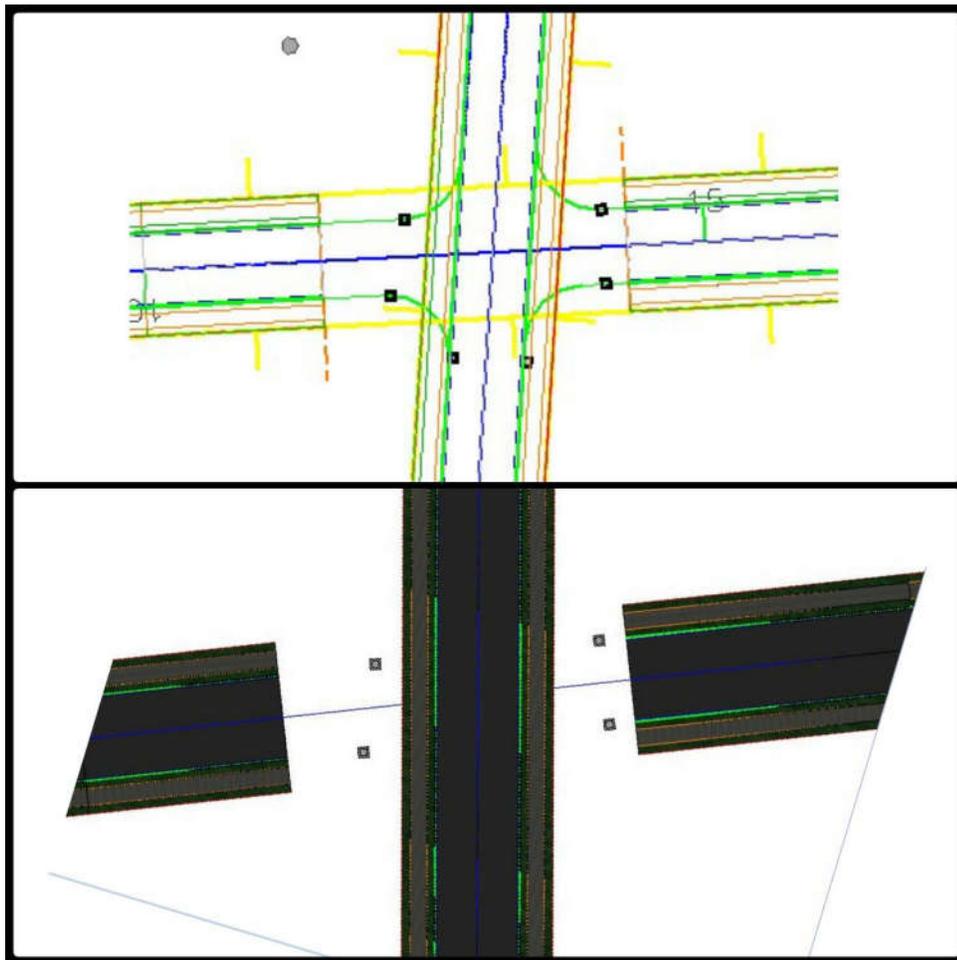


FONTE: Autores (2016).

3.3.2.4. Modelagem do corredor⁴

Nesta etapa da modelagem da pavimentação, foram inseridos os *templates* das respectivas vias nos eixos dos alinhamentos horizontais traçados anteriormente, criando os corredores. No processo de modelagem, as intersecções são inseridas posteriormente como outra *Civil Cell*, portanto os *templates* foram inseridos de forma a não alcançarem os cruzamentos entre as ruas, conforme figura 25, onde as vias horizontais não atingem a via vertical representada.

Figura 25 - Modelagem dos corredores



FONTE: Autores (2016).

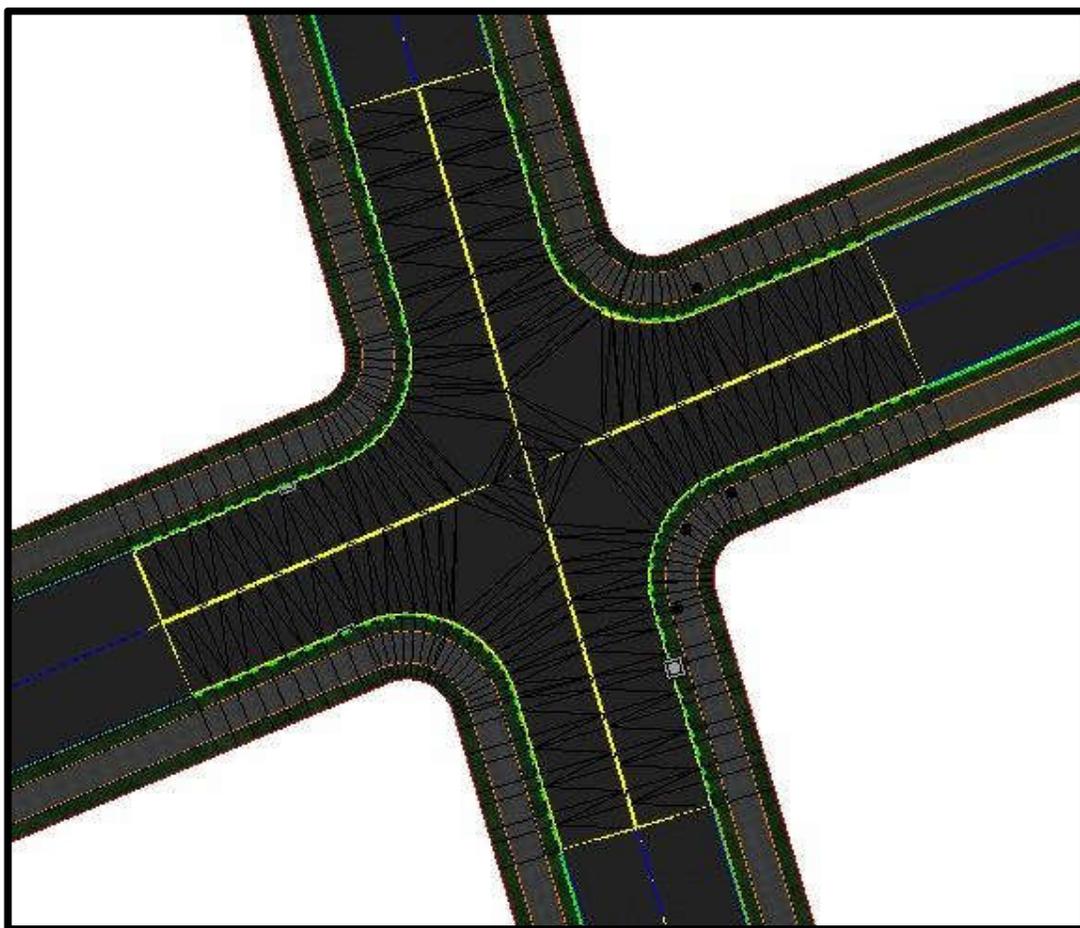
⁴ Comando utilizado: "Create corridor".

3.3.2.5. Intersecções entre as ruas⁵

Os cruzamentos entre as ruas foram modelados através da inserção de uma *Civil Cell*. Na biblioteca existente do *software* já existia uma *Civil Cell* denominada “*Basic T*”, que formaria uma simples intersecção em T. Porém, como os comprimentos previstos em projeto eram divergentes do existente na biblioteca (por exemplo, distância entre o eixo da rua e bordo; comprimento da calçada; dimensão do meio fio, etc), estes precisaram ser modificados para que houvesse uma adequada união com os *templates* de cada rua produzidos pelos autores, conforme figura 26.

Figura 26 - Exemplo de cruzamento modelado em 3D

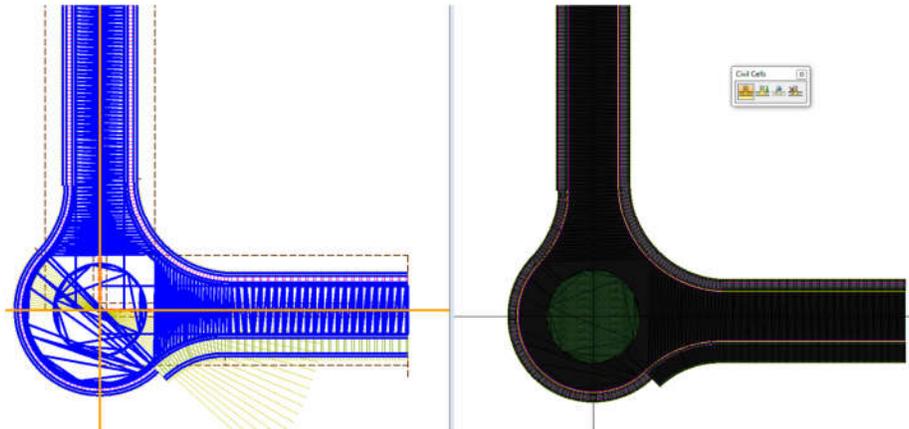
⁵ Comando utilizado: “*Create template*”.



FONTE: Autores (2016).

Nas intersecções em rotatória, assim como nos cruzamentos simples, foi selecionada uma *Civil Cell* existente chamada “*Approach*” que da mesma forma teve que ser modificada para ser compatível com as rotatórias previstas em projeto, conforme figura 27.

Figura 27 - Exemplo de rotatória modelada em 2D e 3D



FONTE: Autores (2016).

Como resultado final, têm-se a completa modelagem da rede viária aplicada sobre a superfície topográfica previamente criada, possibilitando a visualização tridimensional do loteamento, quantificação de corte e aterro e também os quantitativos de materiais empregados nesta fase, conforme pode ser visto no item 4.1 deste trabalho.

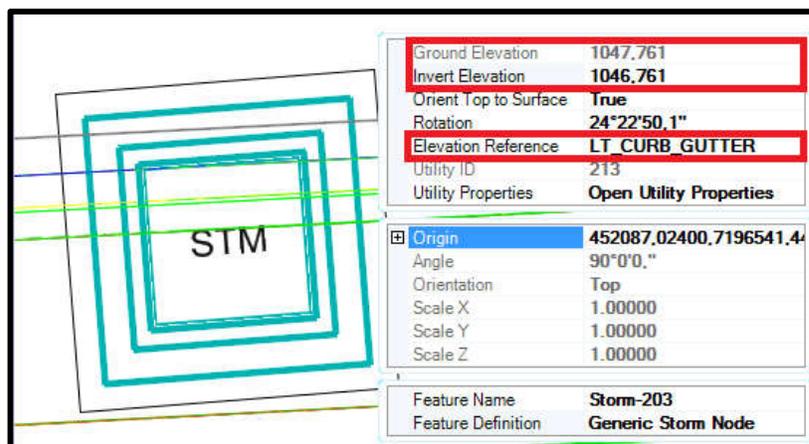
3.3.3. Modelagem das redes de drenagem pluvial, água, esgoto e elétrica⁶

Para modelar a rede de drenagem pluvial, o arquivo recebido em extensão .dwg da drenagem foi adicionado como referência no *software*. A partir disso, foram posicionadas todas as caixas de captação (denominadas *nodes* no programa) sobre o plano xy. Um exemplo de caixa de captação para drenagem pode ser vista na figura 28. Para demarcação destas foi possível selecionar um nível de referência (relativo a um elemento do modelo) para a elevação. Neste caso a referência escolhida para a drenagem foi a sarjeta (conforme destacado na figura 28 *LT_CURB_GUTTER*) que acompanha os níveis estabelecidos pela declividade do corredor modelado. As elevações superior e inferior das caixas são determinadas

⁶ Comandos utilizados: “Place node” e “Place link between nodes”.

automaticamente e também podem ser vistas na figura 28 (*Ground e Invert Elevation* - dados em metros).

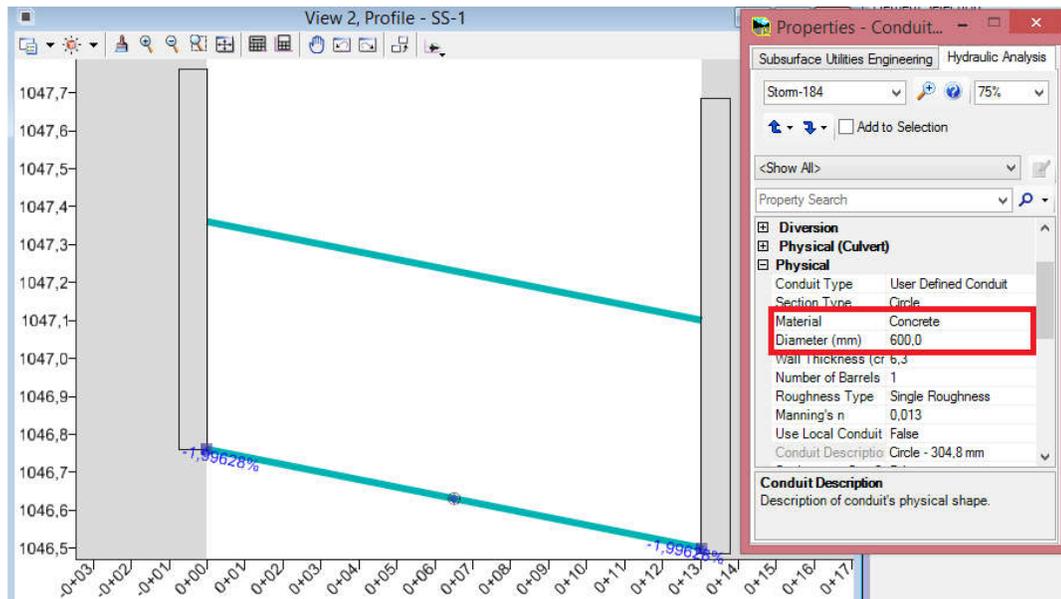
Figura 28 - Exemplo de elevação da caixa de captação



FONTE: Autores (2016).

Ao posicionar as caixas de captação a partir do plano de referência, foi observado que no arquivo .dwg algumas estavam dispostas em locais inapropriados (por exemplo, no meio da rua - possível erro de projeto). Sendo assim, algumas caixas não foram colocadas exatamente no local previsto em projeto visto que foram situadas de maneira a garantir seu posicionamento próximo ao meio fio. Em seguida, foram adicionadas as tubulações conectando as caixas. Para cada tubo foram definidos os dados de diâmetro, inclinação e material especificados em projeto (anexo 1), conforme figura 29.

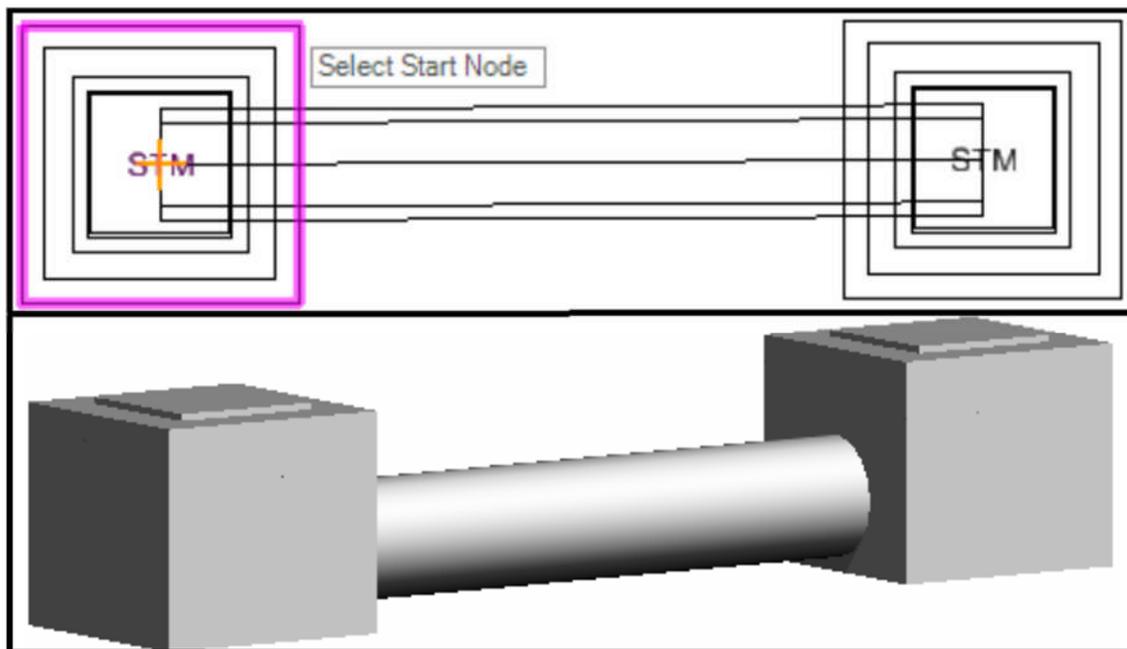
Figura 29 - Detalhe da ligação entre tubo e caixas, com diâmetro e inclinação



FONTE: Autores (2016).

Vale ressaltar que as caixas e tubulações podem ser vistas tanto em 2D (imagem superior) quanto em 3D (imagem inferior), conforme figura 30.

LEGENDA FIGURA 30 - FAZER NO WORD



FONTE: Autores (2016).

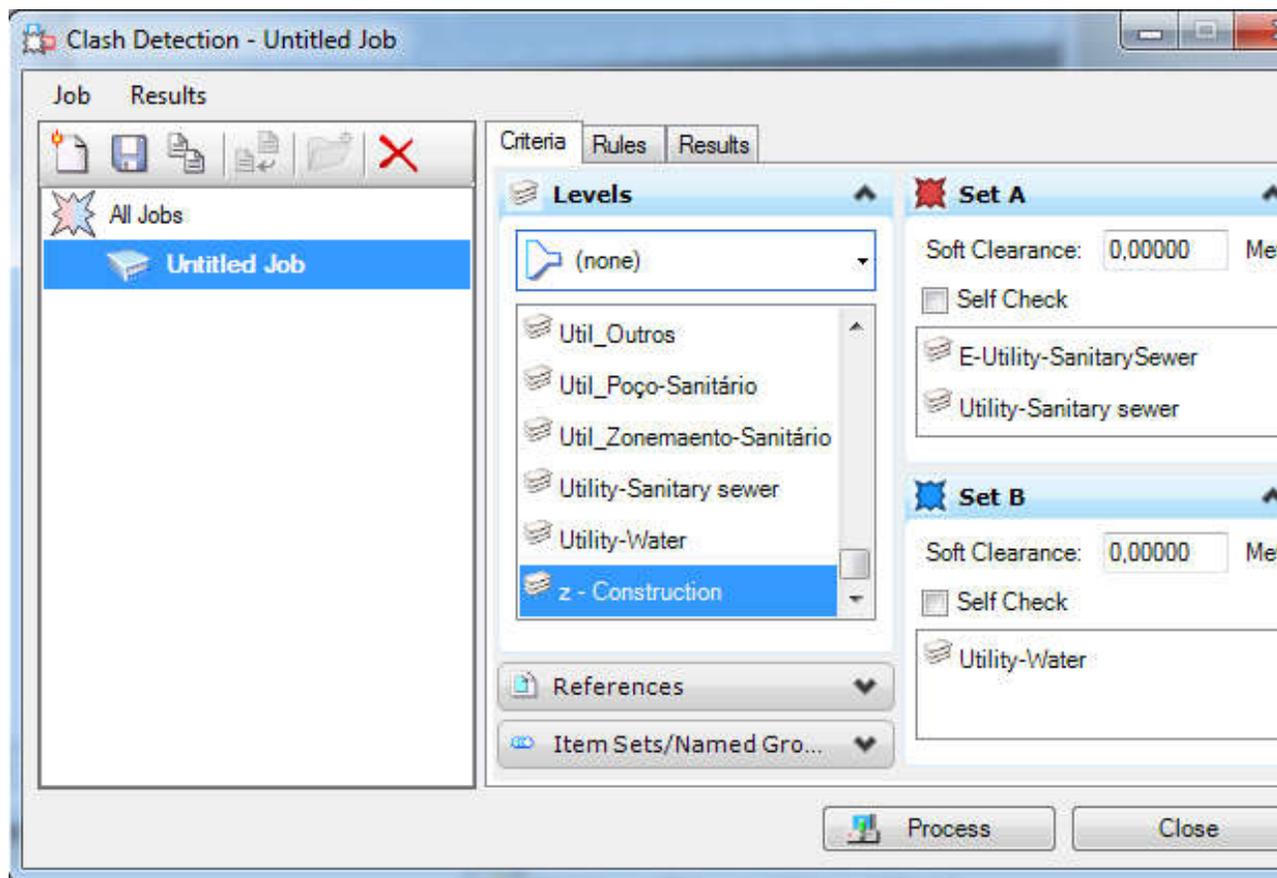
Para as demais redes, seguiu-se o mesmo procedimento, selecionando-se as respectivas caixas de inspeção/poços de visita e interligando-as com tubos específicos de cada disciplina de projeto. Como já havia sido determinado o posicionamento de outras disciplinas, ao traçar a disciplina seguinte a posição da caixa foi escolhida de forma que não tivesse interferências com outras caixas já existentes. Novamente ressalta-se que algumas caixas não ficaram posicionadas exatamente no local previsto em projeto. Após os procedimentos descritos, concluiu-se a etapa de modelagem BIM, objetivo geral do presente trabalho.

3.4. Clash detection

Com o intuito de atender o primeiro objetivo específico deste trabalho, foi executada a ferramenta de detecção de conflitos "*Clash Detection*", presente no próprio *software*. Para isso, foi necessária a determinação de alguns critérios (que no programa são chamados de *jobs*) para definir quais elementos de projeto não deveriam apresentar interferências entre si.

O critério adotado para a detecção de interferências foi o de que nenhuma das redes (drenagem, água, esgoto e elétrica) deveriam se interceptar. As interferências foram detectadas apenas para as tubulações, não sendo avaliados conflitos entre as caixas de drenagem, poços de visita e postes, uma vez que, no processo de inserção dos mesmos, o programa restringe o posicionamento de um elemento sobre outro. Para isso, na janela do *Clash Detection* foram inseridos dois a dois os dados referentes a uma das tubulações no campo "*Set A*" e no campo "*Set B*" foram adicionados os dados referentes à outra disciplina que deveria ser analisada. Além disso, foi definido a partir de qual distância mínima (tolerância adotada igual a zero milímetro) a proximidade entre tubos seria considerada como um conflito, como pode ser visto na figura 31 (*Soft clearance*).

Figura 30 - Janela do *Clash Detection*



Após o processamento dos dados inseridos, as interferências encontradas foram exibidas na guia “*Results*”. Com isso, têm-se a compatibilização das diferentes disciplinas de projeto, conforme relatado no item 4.2 deste trabalho.

3.5. Comparação quantitativa

Para atender o segundo objetivo específico, os quantitativos enviados pelo responsável do loteamento foram comparados com os quantitativos extraídos do *software PowerCivil for Brazil*. As comparações foram realizadas na seguinte sequência: inicialmente foram extraídos os volumes referentes ao corte, aterro e pavimentação e em seguida os quantitativos para cada disciplina de projeto.

Para o volume de corte e aterro, os valores foram obtidos a partir da inserção dos corredores e suas intersecções no modelo digital do terreno. Com isso os volumes de corte e aterro para cada corredor foram automaticamente definidos, conforme exemplo da figura 31.

Figura 31 - Volumes por corredor.

Material	Surface Area	Volume	Units	Unit Cost	Total Cost/Material
Cut Volume	0,0000	33748,5770	CuM	1,00	33748,58
Fill Volume	0,0000	27205,5817	CuM	1,00	27205,58
Grade_Cut	4726,6615	0,0000	SqM	1,00	4726,66
Grade_Fill	1700,0177	0,0000	SqM	1,00	1700,02
Grade_Veg_Grass	2761,8137	0,0000	SqM	1,00	2761,81
Road_Curb	0,0000	89,8351	CuM	1,00	89,84
Road_Pave_Aggregate	0,0000	2081,4594	CuM	1,00	2081,46
Road_Pave_Asphalt	0,0000	451,4046	CuM	1,00	451,40

Report

Total Estimated Cost: 74195,82

Clipping is not considered in quantities.

Corridor Name: Av Gurarpuava

FONTE: Autores (2016).

A partir da modelagem tridimensional de cada rede, os quantitativos para esta são automaticamente computados. Para exibi-los foi utilizada uma função do *software* para geração de relatório de materiais. Para a rede de energia elétrica, somente as fiações não foram contabilizadas, pois o programa não apresenta uma função nativa para modelá-las.

Na figura 32 pode-se observar o exemplo de um relatório gerado automaticamente pelo programa, o qual mostra as informações referentes a tubulação de cada disciplina - que são extraídas separadamente. As informações exibidas no relatório podem ser configuradas conforme preferência do usuário, portanto, conforme objetivos deste trabalho, apenas os dados de comprimento, inclinação, diâmetro e material foram selecionados.

Figura 32 - Exemplo de relatório gerado para rede de esgoto

FlexTable: Conduit Table				
Licensed for Academic Use Only				
Label	Length (Scaled) (m)	Slope (Calculated) (m/m)	Diameter (mm)	Material
SA-91	99,9	-0,005	150,0	PVC
SA-92	100,0	-0,005	150,0	PVC
SA-93	55,4	-0,005	150,0	PVC
SA-94	15,4	-0,005	150,0	PVC
SA-95	60,7	-0,005	150,0	PVC
SA-96	12,1	0,016	150,0	Ductile Iron
SA-97	45,7	-0,005	150,0	PVC
SA-98	31,6	-0,005	150,0	PVC
SA-99	22,0	-0,005	150,0	PVC
SA-100	33,5	-0,005	150,0	PVC
SA-101	48,1	-0,006	150,0	PVC
SA-102	10,6	-0,005	150,0	PVC
SA-103	27,0	-0,005	150,0	PVC
SA-104	13,5	0,000	150,0	PVC
SA-105	24,4	0,008	150,0	PVC
SA-108	77,9	-0,010	150,0	PVC
SA-109	68,9	-0,011	150,0	PVC
SA-110	5,9	-0,004	150,0	PVC
SA-111	43,6	-0,005	150,0	PVC
SA-112	57,3	-0,023	150,0	PVC
SA-113	93,9	-0,010	150,0	PVC
SA-114	91,0	-0,026	150,0	PVC
SA-115	93,0	-0,047	150,0	PVC

FONTE: Autores (2016).

Os relatórios podem ser gerados em diversos formatos como, por exemplo, em .pdf ou Excel. Os dados foram extraídos no Excel, visto que os comprimentos são exibidos por tubo e era necessário fazer o somatório total para cada disciplina.

Para o processo de comparação quantitativa foi criada uma tabela modelo no *software* Excel, onde foram dispostos os nomes, quantitativos obtidos do *AutoCad* (fornecidos pela construtora) e quantitativos extraídos do *PowerCivil for Brazil*, conforme pode ser observado na **tabela xx (numerar e colocar legenda da tabela no WORD)**. Os valores de quantitativo convencional do *AutoCad* fornecidos pela construtora serão comparados com o quantitativo BIM, sendo que a última coluna apresentará a variação percentual resultante da comparação.

Descrição	Unidade	Quantitativo Convencional	Quantitativo BIM	Variação Percentual
Corte	m ³	169798,12		
Aterro	m ³	97852,30		
Revestimento - CBUQ	t	13996,24		
Sub-base em rachão	m ³	18661,65		
Base em brita graduada	m ³	14653,07		
Tubulação de drenagem	m	7192,00		
Tubulação de água	m	9438,00		
Tubulação de esgoto	m	7344,00		
"Tubulação" elétrica	m	8035,60		

FONTE: Autores (2016).

4. RESULTADOS

Os resultados do presente trabalho, obtidos com a produção do modelo BIM de infraestrutura para o loteamento residencial no *software PowerCivil for Brazil*, estão relatados abaixo na seguinte sequência: modelagem, *Clash Detection* e comparação quantitativa. Vale ressaltar que durante a realização da modelagem, alguns erros de projeto foram detectados, visto que para modelar, era necessária uma análise minuciosa deste, evitando que informações fossem modeladas incorretamente. Os dados incorretos foram ajustados para dar andamento ao processo e estão descritos no tópico 4.1, conforme a disciplina nas quais foram encontrados.

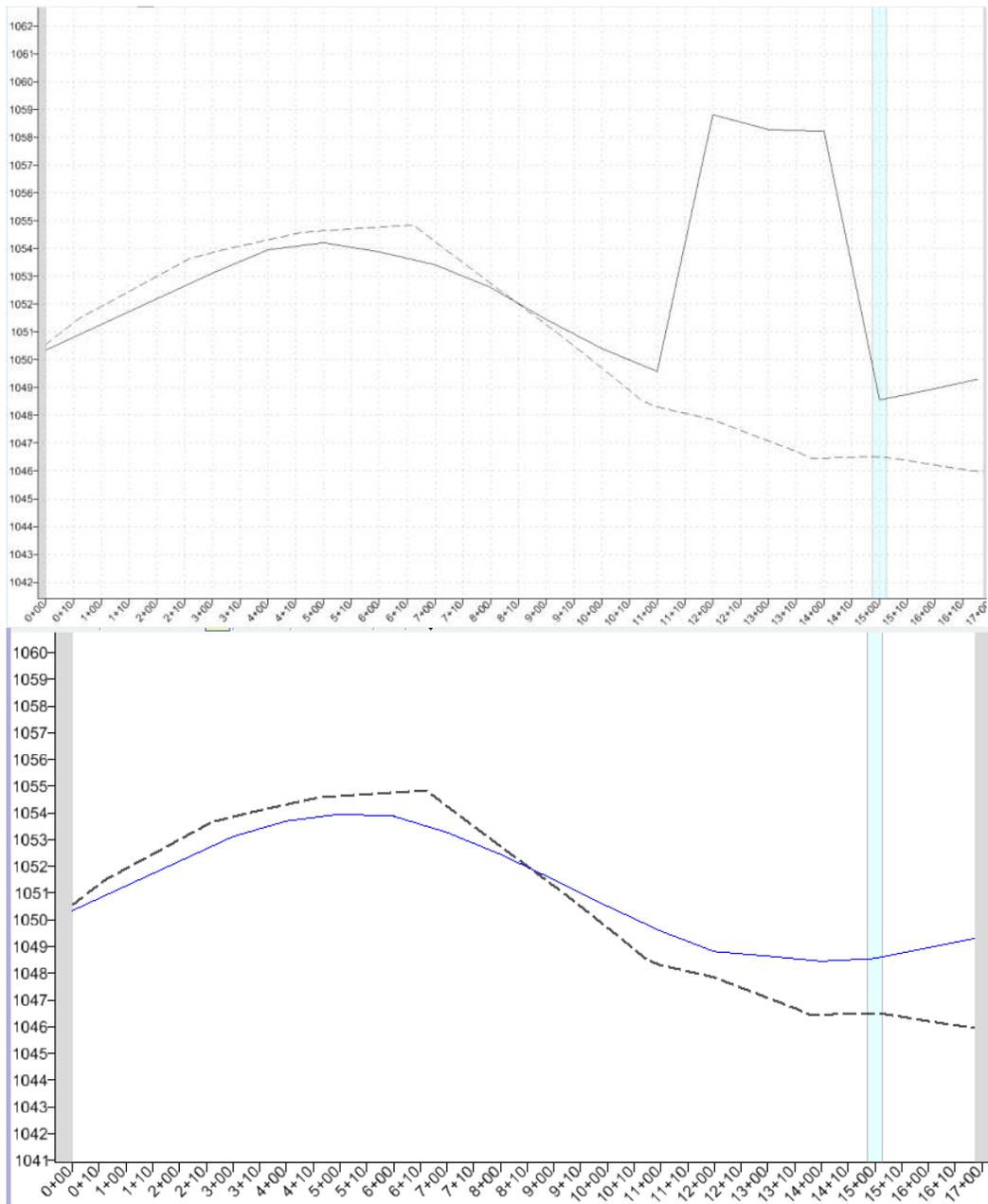
4.1. Modelagem

Ao traçar o alinhamento vertical, no perfil da rua J, foram detectados três erros de digitação nas cotas do projeto convencional, facilmente percebidos ao

comparar os dados com o perfil desenhado. As cotas foram corrigidas medindo as alturas no perfil no *AutoCad* e passadas corretamente para o *PowerCivil for Brazil*. Na figura 32 pode-se observar no perfil superior a grande diferença percebida no *software* devido às cotas erradas e logo abaixo o perfil com as devidas correções.

Na fase de modelagem das tubulações, foi percebido que algumas caixas de captação da drenagem estavam detalhadas em planta, porém não apareciam no perfil, apesar de serem contadas no quantitativo. Na relação de materiais do projeto de esgoto estava listada a existência de uma tubulação em ferro fundido (12 metros), porém a mesma não estava indicada na planta em projeto. Em conversa com o engenheiro responsável pelo desenho, foi explanado que a tubulação se referia a uma travessia em um córrego que havia sido esquecida de ser detalhada em planta. Portanto, apesar de não estarem detalhados em planta, esses erros foram irrelevantes para a comparação quantitativa visto que na relação de materiais os dados estavam computados corretamente.

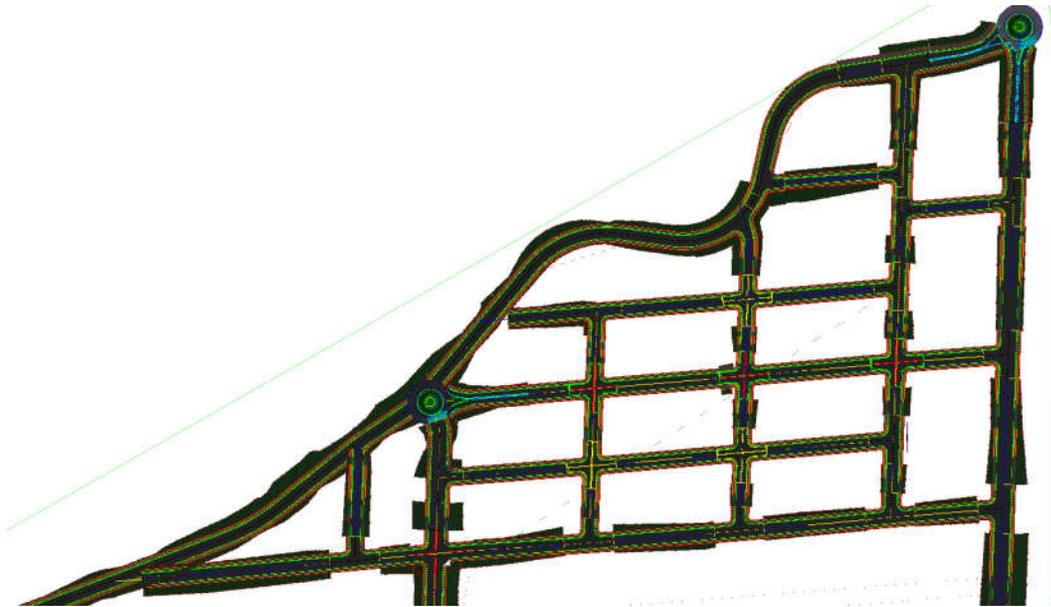
Figura 33 - Diferença entre cotas - Rua J.



FONTE: Autores (2016).

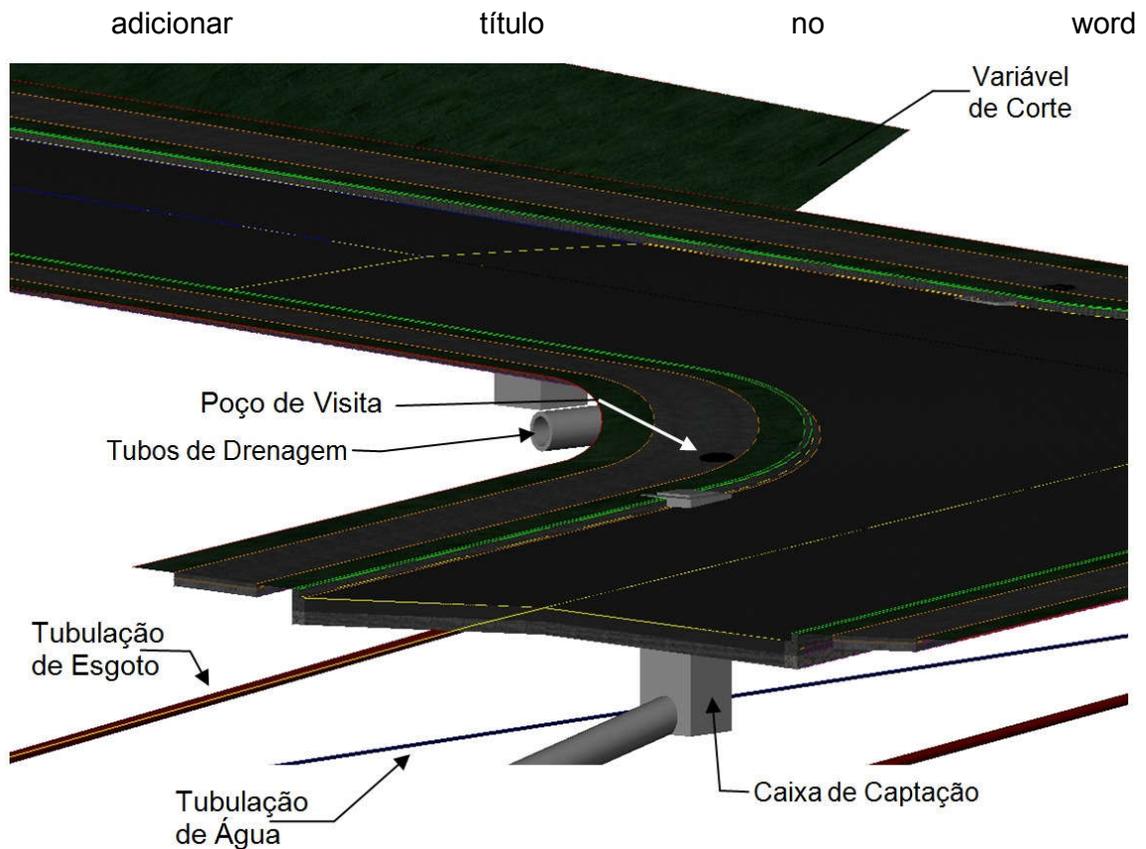
Na figura 34, na qual o terreno está omitido, mostra o resultado da modelagem tridimensional do loteamento, satisfazendo assim o objetivo geral proposto no tópico 1.1 deste trabalho. Nas laterais de cada via pode-se observar as configurações de corte e aterro, geradas automaticamente pelo *software*, de acordo com os pontos cotados e níveis estabelecidos para as ruas.

Figura 34 - Loteamento modelado no *PowerCivil*



FONTE: Autores (2016).

A figura 35 abaixo, demonstra a visualização em 3D das disciplinas modeladas, no encontro de duas vias a Rua A com a Rua João Fortkamp, observa as suas secções transversais, as camadas dos materiais de composição, junto com as tubulações de drenagem, água e esgoto, poço de visita, caixa de captação.



fonte: autores (2016).

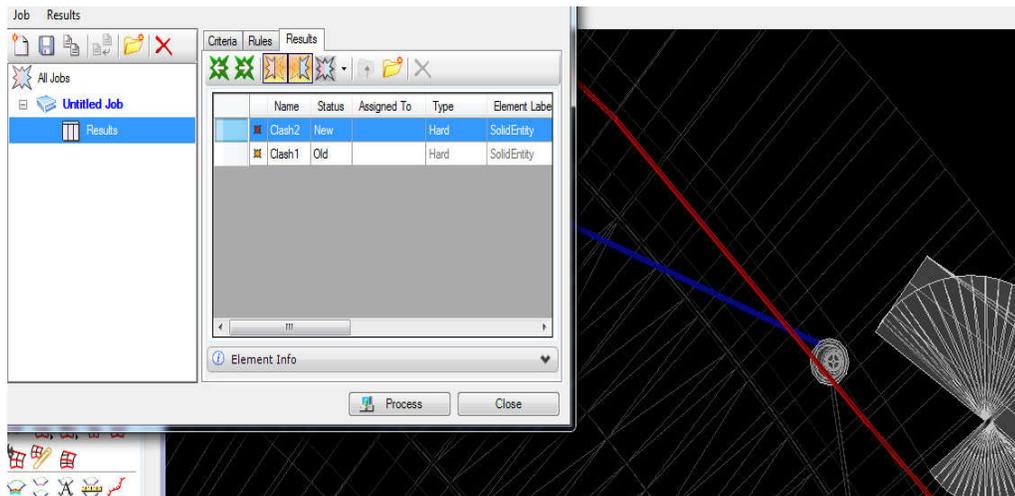
4.2. Clash Detection

As diversas disciplinas de projeto foram analisadas duas a duas para a execução do *Clash Detection*, da seguinte maneira:

- Rede de água x rede de esgoto;
- Rede de água x rede de drenagem pluvial;
- Rede de água x rede elétrica;
- Rede de esgoto x rede de drenagem pluvial;
- Rede de esgoto x rede elétrica;
- Rede de drenagem pluvial x rede elétrica.

Como já explicado anteriormente, durante a modelagem a localização de algumas caixas de captação/poços de visita/postes foram adaptadas pois visualmente já era possível perceber que haveria conflito entre elas. Sendo assim, foram detectados poucos conflitos. Na figura 35, pode-se observar um exemplo dos conflitos encontrados quando as redes de água e esgoto estavam em análise de detecção. Neste caso, foram identificadas duas interferências, sendo que a ilustrada na figura 35 mostra a rede de água (em vermelho) se chocando com o poço de visita da rede de esgoto (em azul).

Figura 35 - Interferências encontradas.



FONTE: Autores (2016).

4.3. Comparação quantitativa

Conforme descrito no tópico 3.5, a tabela 1 indica os quantitativos obtidos a partir do projeto *AutoCad* e memoriais comparando-os com os quantitativos extraídos do *PowerCivil for Brazil*. A última coluna demonstra a variação percentual obtida com a comparação.

Figura 36 - Comparação quantitativa.

Descrição	Unidade	Quantitativo Convencional	Quantitativo BIM	Variação Percentual
Corte	m ³	169798,12	178970,40	-5,40
Aterro	m ³	97852,30	131406,00	-34,29
Revestimento - CBUQ	t	13996,24	13294,80	5,01
Sub-base em rachão	m ³	18661,65	14272,20	23,52
Base em brita graduada	m ³	14653,07	24139,50	-64,74
Tubulação de drenagem	m	7192,00	6937,80	3,53
Tubulação de água	m	9438,00	8394,60	11,06
Tubulação de esgoto	m	7344,00	7290,70	0,73
"Tubulação" elétrica	m	8035,60	8215,30	-2,24

FONTE: Autores (2016).

Os percentuais negativos da tabela indicam que os cálculos convencionais estimaram uma quantidade de materiais relativamente menor do que os realmente necessários, causando prejuízos no decorrer do empreendimento. Nos percentuais positivos, os quantitativos do projeto convencional foram maiores do que os obtidos com o uso do BIM, da mesma forma causando prejuízos a obra.

Com relação aos percentuais que apresentaram pequena variação, ou seja, os valores obtidos com a modelagem foram próximos aos valores obtidos com o projeto feito de maneira convencional, mostram que o uso do BIM traz maior precisão nos quantitativos, evitando assim desperdício de materiais.

A diferença expressiva no percentual da base em brita graduada se dá pelo fato de que o quantitativo convencional só levou em conta a brita utilizada na pavimentação, enquanto que o quantitativo do BIM considerou a utilização de brita utilizada nas calçadas, ciclovias e pavimentação. A discrepância nos valores de corte e aterro ocorreu devido ao fato de que no projeto convencional foi utilizada uma única largura de via para fazer os levantamentos, e no BIM foi considerada cada rua individualmente, no seu tamanho real e observando o nível correto em relação ao terreno.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este tópico expõe as opiniões dos autores sobre o uso do *PowerCivil for Brazil*, comentando as facilidades e/ou dificuldades percebidas com o uso do *software* BIM com relação ao uso de *softwares* CAD.

Apesar de apresentar modelagem tridimensional, o *software* não permite que alterações sejam feitas diretamente na vista em 3D, solicitando que a vista 2D seja utilizada. Mas, ainda assim, alguns comandos na vista 2D exigem a seleção de elementos (como por exemplo superfícies) que só aparecem na vista 3D. A necessidade de trabalhar com duas vistas ao mesmo tempo tornam a área de trabalho pequena e poluída. Além disso, embora o programa apresente comandos para as outras disciplinas, o *PowerCivil for Brazil* é mais adaptado para projetos de rodovias. *A Bentley Systems recentemente lançou um software chamado SiteOps, específico para projetos de loteamentos, porém este não é disponibilizado na versão educacional. Acredita-se que o software citado poderia facilitar o trabalho e diminuir as dificuldades encontradas com o uso do PowerCivil for Brazil.*

Conforme Florio (2007) e (ANDRADE E RUSCHEL, 2009b), projetos requerem diversas revisões e modificações sendo que variações paramétricas propõem alternativas que continuam com as propriedades previamente determinadas – possibilitando a exploração de diversas possibilidades de projeto.

Verificou-se que a parametricidade fornecida pelo uso das *Civil Cells* agiliza de fato o processo de projeto, visto que estas se ajustam às elevações do terreno e mudanças automaticamente.

Um detalhe interessante notado durante a modelagem das tubulações é o fato do programa impossibilitar a utilização de tubos não relativos às caixas/poços de visita da disciplina determinada (exemplo: tubulação de esgoto em caixas de drenagem), evitando assim eventuais erros de projeto, especificações e quantitativos. Cabe ressaltar que todas as disciplinas de projeto podem ser vistas simultaneamente no modelo 3D, possibilitando uma detecção prévia visual de interferências enquanto se modela. Embora não seja objetivo deste trabalho, o *software* é capaz de realizar simulações de vazão a partir de dados pluviométricos inseridos de acordo com a região de estudo, complementando o trabalho técnico.

A extração de todos os perfis e seções transversais é feita de maneira automática no *PowerCivil for Brazil*, ao contrário do *AutoCad*, onde os desenhos precisam ser feitos manual e individualmente. Ou seja, a utilização do BIM facilita a execução de simulações (UNDERWOOD E ISIKDAG, 2009), permitindo assim prováveis melhorias de projeto. **Além disso, o software gera automaticamente as pranchas com os perfis de cada rua.** A colaboração de projeto é facilitada devido ao uso de arquivos como referência. Quando estes são modificados, automaticamente os projetos que o tem como referência são atualizados. Sendo assim, erros causados no projeto de uma disciplina devido a modificações em outras são evitados.

Os *softwares* BIM utilizados para edificações apresentam maior variedade de bibliotecas e funções disponíveis para o desenvolvimento de projetos, ao contrário do *software* escolhido para infraestrutura nos quais esses materiais são escassos. Para que o trabalho seja facilitado no *PowerCivil for Brazil* é possível criar elementos que são utilizados repetidamente (BENTLEY SYSTEMS, 2014), porém espera-se que com o avanço do uso do BIM para infraestrutura as bibliotecas prévias sejam aprimoradas, trazendo maior agilidade ao processo de projeto.

A extração de quantitativos proporcionada pelo uso do BIM gera uma estimativa de custos mais precisa e pode evitar imprevistos relacionados a custos durante a execução. A visualização dos projetos integrados e em 3D facilitou a visualização de elementos em conflito, porém a ferramenta de *Clash Detection* é de grande auxílio ao se considerar o tamanho do projeto.

Ter o projeto desenvolvido em BIM ainda traz a possibilidade de adicionar as variáveis tempo e custo, com o uso do BIM 4D e 5D. Desta maneira, pode-se acompanhar o avanço físico da obra e relacionar cada elemento a um custo, gerando cronogramas e orçamentos precisos e constantemente atualizados.

REFERÊNCIAS

AMANN, J. et al. **buildingSMART P6 Project Team**. buildingSMART, 2014.

ANDRADE, Max Lira Veras X. de; RUSCHEL, Regina Coeli. **BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências**. 2009b.

ANDRADE, Max Lira Veras X. de; RUSCHEL, Regina Coeli. **Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC**. Gestão & tecnologia de projetos, v. 4, 2009a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989. Disponível em: <file:///D:/Downloads/NBR+10844.pdf=>. Acesso em: 16/06/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1994. Disponível em: <<http://www.emiliaweb.com.br/site/wp-content/uploads/2012/10/Nbr-12218-Projeto-De-Rede-De-Distribuicao-De-Agua-Para-Abastecimento-Publico.pdf>>. Acesso em: 16/06/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1994. Disponível em:< <http://www.emiliaweb.com.br/site/wp-content/uploads/2012/10/Nbr-12218-Projeto-De-Rede-De-Distribuicao-De-Agua-Para-Abastecimento-Publico.pdf> =>. Acesso em: 06/04/16.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133: Execução de levantamento topográfico.** Rio de Janeiro, 1994. Disponível em: <<http://www.carto.eng.uerj.br/cdecart/download/NBR13133.pdf>>. Acesso em: 10/05/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649/1986: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário.** Rio de Janeiro, 1986. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.649-Projeto-de-Redes-de-Esgoto.pdf>>. Acesso em: 22/04/2016.

AUTODESK INC (2016). **AutoCAD Civil 3D com InfraWorks 360.** Disponível em: <<http://www.autodesk.com.br/products/autocad-civil-3d/features/collaboration/autocad-civil-3d-with-infraworks-360>>. Acessado em: 24 de junho de 2016.

AYRES FILHO, Cervantes. **Acesso ao modelo integrado do edifício.** Tese de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

AYRES, C.; SCHEER, S. **Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de projeto arquitetônico.** In: VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. 2007.

BARBOSA, Ana Claudia Monteiro. **A metodologia BIM aplicada a um caso prático: Construção de uma ETAR na Argélia.** Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2014.

BENTLEY SYSTEMS, 2013. **OpenRoads Technology.** Disponível em: <<https://www.bentley.com/en/about-us/news/2013/april/02/openroads-technology>>. Acesso em: 17 de agosto de 2016.

BENTLEY SYSTEMS, 2014. **Best Practice: Civil Cells. Copyright: Bentley Systems, Incorporated.** Disponível em: <http://www.bentleyuser.dk/sites/default/files/files/f9-best_practice_-_creating_civil_cells.pdf>. Acesso em: 23 de junho de 2016.

BENTLEY SYSTEMS, 2016. **Road Design and analysis software**. Disponível em: <<https://www.bentley.com/en/products/product-line/civil-design-software/powercivil-for-country>>. Acesso em: 23 de junho de 2016.

BENTLEY SYSTEMS, 2016. **Civil Design Software for Road Networks**. **Copyright: Bentley Systems, Incorporated**. Disponível em: <<https://www.bentley.com/en/products/brands/openroads>>. Acesso em: 23 de junho de 2016.

BERALDI, Lairce Castanhera; ESCRIVÃO FILHO, Edmundo. **Impacto da tecnologia de informação na gestão de pequenas empresas**. Ciência da Informação, Brasília, v. 29, n. 1, p. 46-50, 2000.

BERTEZINI, Ana Luisa. **Métodos de avaliação do processo de projeto de arquitetura na construção de edifícios sob a ótica da gestão da qualidade**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BRAGA, Alan do Carmo; CAMPOS NETO, Lúcio Souza. **Análise de um software para minimização de deficiências em projetos de infraestrutura**. Publicado na Revista Petra, v. 1, n. 2, p. 183-201, ago./dez. 2015.

BRASIL: Lei Federal nº 10.251, de 10 de julho de 2001 – Estatuto da Cidade. **Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 04/05/2016.

BRASIL: Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. **Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6766.htm>. Acesso em: 01/05/2016.

BRASIL: Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 20/05/2016.

BRASIL: Lei Federal nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996. **Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências**. Disponível em:

<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9427cons.htm>. Acesso em: 20/05/2016.

BRASIL: Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº237/97**. Brasília: Conselho Nacional do Meio Ambiente. 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>>. Acesso em: 20/05/2016.

BRUNELLI, Eduardo; SANTOS, Jefferson Barboza dos. **ETAPAS PARA IMPLANTAÇÃO DE LOTEAMENTO RESIDENCIAL**. Jundiaí-SP: Centro Universitário Padre Anchieta, 2013.

buildingSMART, 2007: **Specifications**. Disponível em: < <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications>>. Acesso em: 25/05/2016.

buildingSMART, 2013: **IFC Overview summary**. Disponível em: < <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview>>. Acesso em: 25/05/2016.

buildingSMART, 2015: **IFC alignment**. Disponível em: < <http://www.buildingsmart-tech.org/infrastructure/projects/alignment>>. Acesso em: 25/05/2016.

CAMPESTRINI, Tiago F. et al. **Entendendo BIM: uma visão do projeto de construção sob o foco da informação**. Curitiba: SINDUSCON, 2015.

CDHU, Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano. **Manual técnico de projetos**. São Paulo, 2008.

CILLA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS. **Loteamentos**. Disponível em: <www.cilla.com.br/loteamentos.php>. Acesso em: 18/10/2016.

COELHO, Sérgio Salles; NOVAES, Celso Carlos. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. 2008.

CONTI, Henrique. 2015. Acesso em: <<http://www.henriqueconti.com.br/single-post/2015/11/12/VEREADOR-HENRIQUE-CONTI-PV-PROP%C3%95E-PROJETO-DE-LEI-QUE-VISA-TORNAR-SUBTERR%C3%82NEA-TODA-A-REDE-DE-INFRAESTRUTURA-INSTALADA-EM-NOVOS-PARCELAMENTOS-DE-SOLO%E2%80%9D>>. Acesso em 18/10/2016.

CORRÊA, Fabiano Rogerio; SANTOS, Eduardo Toledo. **Na direção de uma modelagem da informação da cidade (CIM)**. In: Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção (TIC 2015), 7. Recife, 2015.

CRESPO, Cláudia Campos; RUSCHEL, Regina Coeli. **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto**. ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, v. 3, 2007.

CROTTY, Ray. **The impact of building information modelling: Transforming construction**. Routledge, 2013.

CPE TECNOLOGIAS. Disponível em: <<http://www.cpetecnologia.com.br/engenharia/software>>. Acesso em 18 de junho de 2016.

DALLARI, Adilson Abreu; FERRAZ, Sérgio (Coord.). **Estatuto da Cidade (Comentários à Lei Federal 10.257/2001)**. 3. Ed. São Paulo: Malheiros, 2010.

DI SARNO, D. C. L. **Elementos de Direito Urbanístico**. Barueri: Manole, 2004.

EASTMAN, Chuck et al. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Bookman Editora, 2008.

FABRICIO, Márcio Minto; MELHADO, Sílvio Burrattino. **Impactos da tecnologia da informação no conhecimento e métodos projetuais**. 2002.

FARIAS, Vanderlei de Oliveira; GOMES, Daniela; MUSSI, Andréa Quadrado (Org.). **Estatuto da cidade: os desafios da cidade justa**. Passo Fundo: Ed. IMED. 2011.

FARINHA, Marcel. C.R. **Exemplo De Compatibilização De Projetos Utilizando A Plataforma BIM (Building Information Modeling)**. Trabalho de Conclusão de

Curso (Graduação) – Engenharia Civil. Campo Mourão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.

FERREIRA, Sérgio Leal. **Da engenharia simultânea ao modelo de informações de construção (BIM): contribuição das ferramentas ao processo de projeto e vice-versa.** In: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. 2007.

FLORIO, Wilson. **Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura.** ENCONTRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, v. 3, 2007.

GOEINK, Weruska. **Como constituir um loteamento.** Construção Mercado, Edição 99, outubro/2009.

GOVERNO DE SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Planejamento. **Caderno de apresentação de projetos em BIM.** Santa Catarina: 2014.

GUIMARÃES, Pedro Paulino. **Configuração urbana: evolução, avaliação, planejamento e urbanização.** São Paulo: Prolivros, 2004.

JÚNIOR, Luiz Antonio Scavone. **Loteamento, loteamento fechado e loteamento irregular. São Paulo.** Disponível em: <<http://www.scavone.adv.br/loteamento-loteamento-fechado-e-loteamento-irregular.html>>. Acesso em 15/06/2016.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013.

MARQUES, Geraldo Luciano de O. **Pavimentação.** Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014.

MASCARÓ, Juan Luis. **Loteamentos urbanos.** Porto Alegre: L, Mascaró, 2003.

MASCARÓ, Juan Luis. Yoshinaga, Mário. **Infra-estrutura urbana.** Porto Alegre: L. Mascaró, J. Mascaró; 2005.

MCGRAW_HILL Construction. **The business value of BIM for infrastructure.** 2012.

MEDAUAR, Odete; ALMEIDA, Fernando Dias Menezes de (Coordenação). **Diretrizes Gerais. Estatuto da Cidade** – Lei 10.257, de 10.07.2001 – Comentários. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais Ltda. 2004.

PINI, Construção e Mercado. **Infraestrutura de loteamentos**. São Paulo, Edição 97, Agosto/2009. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/97/artigo298979-1.aspx>>. Acesso em 18/10/2016.

RADÜNS, Caroline Daiane. **BIM aplicado a obras de infraestrutura (Biim): mini e pequenas centrais hidrelétricas**. Passo Fundo: Universidade Passo Fundo, 2013.

REZENDE, Denis Alcides; CASTOR, Belmiro Valverde Jobim. **Planejamento estratégico municipal: empreendedorismo participativo nas cidades, prefeituras e organizações públicas**. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.

Ribeiro, D. C. **Avaliação da aplicabilidade do IPD em Portugal**. Porto: Faculdade de Engenharia do Porto, 2012.

SANTOS, E. **Building Information Modeling: você realmente sabe o que é?** In: VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, Mesa redonda. Curitiba - PR, 2007.

SCHREIBER, Guus et al. **Knowledge engineering and management: the CommonKADS methodology**. Cambridge/Massachusetts: MIT Press, 2002.

SEIL, Secretaria de Infraestrutura e Logística do Paraná. **Paraná terá controle digital de projetos e obras públicas até 2018**. Disponível em: <<http://www.infraestrutura.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=2886&tit=Parana-tera-controle-digital-de-projetos-e-obras-publicas-ate-2018>>. Acesso em: 11/06/2016.

SILVA, José Afonso. **Direito urbanístico brasileiro**. São Paulo: Malheiros, 1995.

SUZUKI, Rogério. **BIM e governo – oportunidade para o mercado brasileiro**. 2016. Disponível em: < <http://www.sindusconsp.com.br/bim-e-governo-oportunidade-para-o-mercado-brasileiro/>>. Acesso em: 11/06/2016.

TAKEDA, Tatiana. **Uso e ocupação do solo**. 2013. Disponível em: <http://www.jurisway.org.br/v2/dhall.asp?id_dh=12363>. Acesso em: 15/06/2016.

TUOMI, Iikka. **From periphery to center: emerging research topics on knowledge society**. Technology Review, Helsinki, v. 16, p. 1-63, Aug. 2001.

UNDERWOOD, Jason (Ed.). **Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies: Concepts and Technologies**. IGI Global, 2009.

VILLAÇA, Flávio. **Dilemas do plano diretor**. CEPAM. O município no século XXI: cenários e perspectivas. São Paulo: Fundação Prefeito Faria Lima–CEPAM, p. 237-247, 1999.

YONG, Chu Shao. Tecnologia de informação. **Revista de Administração de Empresas**, v. 32, n. 1, p. 78-97, 1992.

ZMITROWICZ, Witold; NETO, G. Angelis. Infra-estrutura urbana. **São Paulo: EPUSP**, 1997.