

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Caio Escote Azedo

**AVALIAÇÃO DO USO DE *BUILDING INFORMATION MODELING*
(BIM) EM OBRAS DE INFRAESTRUTURA URBANA:
ESTUDO DE CASO DE LOTEAMENTO URBANO**

Florianópolis

2018

Caio Escote Azedo

**AVALIAÇÃO DO USO DE *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM) EM
OBRAS DE INFRAESTRUTURA URBANA:
ESTUDO DE CASO DE LOTEAMENTO URBANO**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil

Orientadora: Prof^ª. Dr. Liseane Padilha Thives, Dr^ª.

Florianópolis

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da
biblioteca Universitária da UFSC.

Azedo, Caio
AVALIAÇÃO DO USO DE BIM EM OBRAS DE INFRAESTRUTURA
URBANA: ESTUDO DE CASO DE LOTEAMENTO URBANO / Caio Azedo
; orientador, Liseane Padilha Thives, 2018.
71 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Infraestrutura. 3. BIM. 4.
Loteamento. I. Padilha Thives, Liseane. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil.
III. Título.

Caio Escote Azedo

**AVALIAÇÃO DO USO DE BIM EM OBRAS DE INFRAESTRUTURA URBANA:
ESTUDO DE CASO DE LOTEAMENTO URBANO**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 30 de novembro de 2018.

Prof.^a Lia Caetano Bastos, Dr.^a.

Coordenadora de TCC

Banca Examinadora:



Prof.^a Liseane Padilha Thives, Dr.^a

Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Alexandre Hering Coelho, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Eng.^o Vitor Nunes da Rosa

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais, avós e colegas de classe.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à minha família, especialmente meus pais, por todo apoio e confiança depositados em mim durante toda minha vida.

A minha avó Saleti e meus avós Josefa e Lázaro por todo suporte, amor e carinho.

A todos os meus amigos que fizeram parte da construção desses seis longos anos de graduação que chegam ao fim.

A minha querida orientadora Liseane por toda ajuda disponibilizada durante esse último ano.

A todos os meus colegas das empresas Terra Vista Engenharia e Odebrecht que me possibilitaram aprender muito e crescer profissionalmente, em especial à primeira, onde realizei meu estágio obrigatório e me permitiram o desenvolvimento deste trabalho.

Se acreditarmos apaixonadamente em algo que ainda não existe, nós o criamos. O não-existente é aquilo que não desejamos suficientemente. (Níkos Kazantzákis, 1965)

RESUMO

O crescimento dos centros urbanos levou à substituição das moradias familiares, antes caracterizadas por casas, por edifícios. A preferência de grande parte é residir na proximidade de escolas e trabalho, que em geral estão localizados na região central das cidades. Porém, como resultado do crescimento econômico, demográfico e expansão física das cidades, parte da população foi obrigada a migrar para áreas mais afastadas do centro. Nestes locais há o predomínio de moradias constituídas por casas em loteamentos urbanizados. A construção de um loteamento é realizada por diversas etapas, como o desenvolvimento de projetos, aprovações em prefeituras e a obra. No entanto, observa-se uma defasagem em relação à tecnologia disponível atualmente no método de confecção dos projetos e na comunicação com o cliente que leva a problemas na execução, o que indica uma necessidade da otimização dos processos envolvidos. A tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) se apresenta como forma de minimizar esses problemas. O presente trabalho visa avaliar os benefícios e empecilhos do uso do BIM em obras de infraestrutura urbana, com foco em obras de loteamentos residenciais. O setor de infraestrutura ainda é atrasado no sentido da adoção de novas tecnologias se comparado com o setor de obras verticais. Para tanto, foi realizado um estudo de caso de um loteamento, de forma a verificar a viabilidade do uso da tecnologia BIM em obras deste tipo. Como resultado, o estudo mostrou que há atualmente, no mercado, tecnologias que podem ser facilmente implementadas e que no longo prazo podem trazer melhorias para a indústria da construção civil no Brasil, reduzindo o retrabalho, especialmente no tocante à adequação dos projetos durante a execução da obra.

Palavras-chave: Infraestrutura. *Building Information Modeling* – BIM. Loteamento. *AutoCad* Civil 3D.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Integração de todas as fases de um empreendimento com o BIM	20
Figura 2 – Tempo de implementação médio do BIM nos principais mercados mundiais da construção.....	24
Figura 3 – Mapeamento dos processos e etapas da Estratégia de desenvolvimento do BIM no Brasil.....	29
Figura 4 – Modelo simulado de um projeto de infraestrutura no Infracore	32
Figura 5 – Exemplo de modelo 3D de redes de infraestrutura urbana feito em BIM	36
Figura 6 – Fluxograma do método	39
Figura 7 – Localização da obra.....	41
Figura 8 – Planta Urbanística com a indicação das ruas, detalhamento das quadras, lotes e áreas específicas.....	43
Figura 9 – Planta de levantamento topográfico – sem escala – área a ser loteada, ruas e ribeirão nos fundos do terreno	45
Figura 10 – Planta de terraplenagem – sem escala – indicação dos eixos da RUA A e RUA B	46
Figura 11 – Perfil Longitudinal RUA B – sem escala – Indicação das cotas do projeto e terreno original e informações geométricas	47
Figura 12 – Visualização em CAD do projeto de terraplenagem – malha triangular com elevações.....	48
Figura 13 – Tabela de dimensionamento das tubulações através do método racional	50
Figura 14 – Planta do projeto de drenagem – sem escala – indicação das tubulações e estruturas, assim como das cotas e inclinações	51
Figura 15 – Perfil longitudinal de drenagem RUA B – sem escala – visualização em perfil das tubulações e estruturas, indicação das cotas e inclinações	52
Figura 16 - Planta do projeto de esgoto – sem escala – indicação das tubulações e estruturas, assim como das cotas e inclinações	54
Figura 17 - Perfil longitudinal de esgoto da RUA B – sem escala – visualização em perfil das tubulações e estruturas, indicação das cotas e inclinações	55
Figura 18 – Configurações do desenho no Civil 3D	58
Figura 19 – Ferramenta Parcel Layout Tools do Civil 3D	59
Figura 20 – Tabela Civil 3D – informações dinâmicas de área e perímetro	59

Figura 21 – Relatório descritivo gerado no Civil 3D do LOTE 11- informações de coordenadas, ângulos e comprimentos dos segmentos dos lotes	60
Figura 22 – Modelo 3D da superfície de terraplenagem	61
Figura 23 – Quantitativo das tubulações em arquivo de texto	62
Figura 24 – Quantitativos das tubulações em Excel.....	62
Figura 25 – Visualização 3D das redes de drenagem e esgoto modeladas no Civil 3D.....	63
Figura 26 – Tabela de interferências	64
Figura 27- Tubulação da Rede de esgoto (em branco) atravessando estruturas e tubulação da rede de drenagem (em cinza)	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção.

BIM – *Building Information Modeling*.

CAD – *Computer Aided Design*.

CAU – Conselho de Arquitetura e Urbanismo

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção.

CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IFC - *Industry Foundation Classes*.

GIS – *Geographic Information System*

LaBIM-PR – Laboratório de BIM do Paraná

NBS – *National Building Specification*.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo geral	16
1.1.2	Objetivos específicos.....	16
1.1.3	Justificativa	17
1.1.4	Estrutura do trabalho	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	<i>Building Information Modeling (BIM)</i>.....	19
2.1.2	Comparação com o modelo tradicional.....	20
2.1.3	Benefícios do uso do BIM	22
2.1.4	Aspectos relacionados com a migração do BIM no Brasil.....	23
2.1.5	Estratégia BIM BR.....	27
2.1.4	<i>Softwares BIM para Infraestrutura</i>	30
2.2	Infraestrutura Urbana	32
2.3	Obras de Loteamentos	36
3	MÉTODO E MATERIAIS	39
3.1	Método	39
3.2	Materiais.....	41
3.2.1	Área de Estudo.....	41
3.2.2	Projetos.....	41
4	RESULTADOS.....	57
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	67
	REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, até a década de 1970, grande parte das edificações destinadas à moradia as cidades se constituíam de casas. Com o crescimento e urbanização acelerada das cidades, as casas foram sendo substituídas por edifícios, em geral nas proximidades da área central. Porém, como resultado do crescimento econômico, demográfico e expansão física das cidades, uma parte da população migrou para áreas de subúrbio, especialmente em loteamentos urbanizados.

Desta forma, o crescimento físico foi concretizado através de loteamentos, conjuntos habitacionais, zonas indústrias e diversos equipamentos urbanos. Esta situação é denominada de renovação urbana, ou seja, quando há a substituição de construções existentes por outras mais adequadas às necessidades pretendidas, que resulta no deslocamento dos locais, mas com as mesmas atividades anteriormente desempenhadas. (ZMITROWICZ E NETO, 1997)

Um dos mecanismos definidos legalmente para expansão urbana é o parcelamento de áreas através de loteamentos. Loteamento é definido como a divisão de uma grande área de terra em lotes menores destinados à edificação, sendo seu responsável o loteador, que pode ser tanto uma pessoa física, como uma empresa privada, um órgão público ou uma cooperativa. De qualquer forma, para que se dê início à venda dos terrenos e da obra é necessária inicialmente a aprovação de um projeto na prefeitura e também da licença ambiental (PORTO ALEGRE, 2018).

Para que seja construído o loteamento de uma área são necessárias diversas etapas, como o desenvolvimento de projetos, aprovações em prefeituras e a obra propriamente dita.

Dentre os projetos necessários para a aprovação da obra encontram-se o urbanístico, de paisagismo, arborização viária, sinalização viária (vertical e horizontal), pavimentação, rede de drenagem de águas pluviais, rede de esgoto, rede de água, rede elétrica e terraplenagem.

Em geral, em prefeituras de pequeno porte não estão estabelecidas normas específicas em relação a esse tipo de projeto, a exigência é de seguir o plano diretor (caso exista) e as normas de órgãos específicos quanto aos projetos técnicos como estrutural, elétrico, água e esgoto, de pavimentação e drenagem, entre outros.

Sales (2017) indica que, principalmente, nos períodos de recessão enfrentados no Brasil, é relevante a necessidade de aperfeiçoar os processos produtivos. Essa prática está ligada diretamente à sobrevivência e desenvolvimento das organizações e, apesar de idealmente ser um processo contínuo, nos dias atuais é uma preocupação ainda maior das empresas.

Em relação à elaboração de projetos relacionados à infraestrutura, como de drenagem e terraplenagem, tem-se observado um grande “retrabalho”. Os motivos são diversos, seja por conta de pessoal não especializado, pelo desconhecimento de ferramentas computacionais, seja pela inexistência de um projeto executivo.

Há ainda uma defasagem no método de confecção dos projetos e na comunicação com o cliente que leva a problemas na execução, o que indica uma necessidade da otimização dos processos envolvidos. A tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) se apresenta como uma das maneiras que poderiam contribuir para minimizar esses problemas.

BIM, que significa *Building Information Modeling*, ou modelagem da informação da construção, é uma tecnologia que permite, a partir da criação de modelos digitais detalhados da construção, uma melhor análise, gerenciamento e controle em relação aos métodos tradicionais de projeto. Esses modelos combinam a geometria, que no caso estudado são as plantas e demais projetos, com tecnologias de base de dados para que sejam criados modelos inteligentes e interativos.

Este estudo tem como fim analisar os processos atuais de projetos, planejamento e execução de obras de loteamentos em uma empresa de engenharia através do acompanhamento de projetos em andamento e também do estudo de obras passadas para que se possa apresentar uma solução de otimização através da metodologia BIM.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é apresentar soluções técnicas por meio do BIM para a execução de obras de infraestrutura urbana em loteamentos residenciais.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são os seguintes:

- Estudar os conceitos e aplicações da metodologia BIM;
- Aplicar a metodologia BIM em um estudo de obra de loteamento com foco em sua infraestrutura;
- Identificar os principais benefícios e dificuldades em relação à implantação da metodologia BIM no estudo de obras de infraestrutura urbana;

- Avaliar o uso da metodologia BIM para a otimização de processos em obras de infraestrutura urbana.

1.1.3 Justificativa

O parcelamento de solos através de loteamentos é um importante meio para uma expansão urbana bem organizada. É um processo complexo e multidisciplinar que impacta diretamente a organização futura de um local. Essa complexidade, somada com a indecisão dos clientes, faz com que ocorra muito retrabalho até mesmo nos projetos executivos e em campo. Devido à larga escala dos empreendimentos e os prazos muitas vezes curtos, há dificuldade em encontrar as incongruências nos projetos com os métodos tradicionais antes da execução.

De acordo com Zmitrowicz e Neto (1997), “a evolução da cidade corresponde a modificações quantitativas e qualitativas na gama de atividades urbanas e, conseqüentemente, surge a necessidade de adaptação tanto dos espaços necessários a essas atividades, como da acessibilidade desses espaços, e da própria infraestrutura que a eles serve.”

Apesar de existirem alguns casos pontuais de sucesso no Brasil, o uso de BIM em obras horizontais ainda é muito pouco difundido. Até mesmo em países mais desenvolvidos como Reino Unido, Estados Unidos e França seu uso em obras verticais é muito mais comum do que em obras de infraestrutura, onde ainda pode-se observar um andamento mais lento na adoção dessa nova tecnologia.

Esse trabalho visa demonstrar e analisar os benefícios que a metodologia BIM pode apresentar em relação aos métodos tradicionais de projeto, não só pela melhor visualização com base nos modelos 3D, mas também pelas informações que podem facilmente ser retiradas de forma automática.

1.1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho foi estruturado em cinco capítulos como segue.

O primeiro capítulo, Introdução, apresenta o cenário do estudo, os principais conceitos abordados, os objetivos principais e específicos e a justificativa para a realização do trabalho.

No segundo capítulo, Revisão Bibliográfica, é feito o embasamento do trabalho com base em pesquisas em artigos acadêmicos, teses e dissertações dos temas abordados.

No terceiro capítulo, Materiais e Métodos são apresentados os projetos utilizados para o desenvolvimento desse trabalho e como se deu o procedimento da modelagem BIM.

No quarto capítulo, Resultado, a partir de um estudo de caso é demonstrado como o BIM pode auxiliar no desenvolvimento de projetos de infraestrutura urbana.

No quinto capítulo, Considerações Finais e Recomendações, são apresentadas as conclusões acerca do trabalho e as sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão de literatura aborda tópicos em relação à tecnologia *Building Information Modeling* (BIM), como os conceitos relacionados, e uma comparação dessa metodologia de trabalho com os métodos tradicionais de projeto. Apontam-se quais benefícios traz e qual o estado de utilização desse método atualmente no Brasil e no mundo. Posteriormente infraestrutura urbana, seus conceitos e importância, assim como sua relação com o BIM são considerados. Por fim o tópico de obras de loteamentos urbanos completa os assuntos abrangidos.

2.1 *Building Information Modeling* (BIM)

A Especificação Nacional de Edifícios do Reino Unido define *Building Information Modeling* (BIM) como um processo para criar e gerenciar informações sobre um projeto de construção em todo o ciclo de vida do projeto. Um dos principais resultados desse processo é o modelo de informação da construção, ou seja, a descrição digital de todos os aspectos do ativo construído. Este modelo baseia-se em informações montadas de forma colaborativa e atualizadas nas principais etapas de um projeto. A criação de um modelo de informações de construção digital permite que os projetistas do edifício aperfeiçoem suas ações, resultando em um maior valor de toda a vida útil do ativo (NBS, 2016).

A Coletânea “Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras” (CBIC, 2016), define BIM como um conjunto de políticas, processos e tecnologias que combinados, geram uma metodologia para gerenciar o processo de projetar uma edificação ou instalação, e ensaiar seu desempenho, e gerenciar as suas informações e dados, utilizando plataformas digitais (baseadas em objetos virtuais), através de todo seu ciclo de vida.

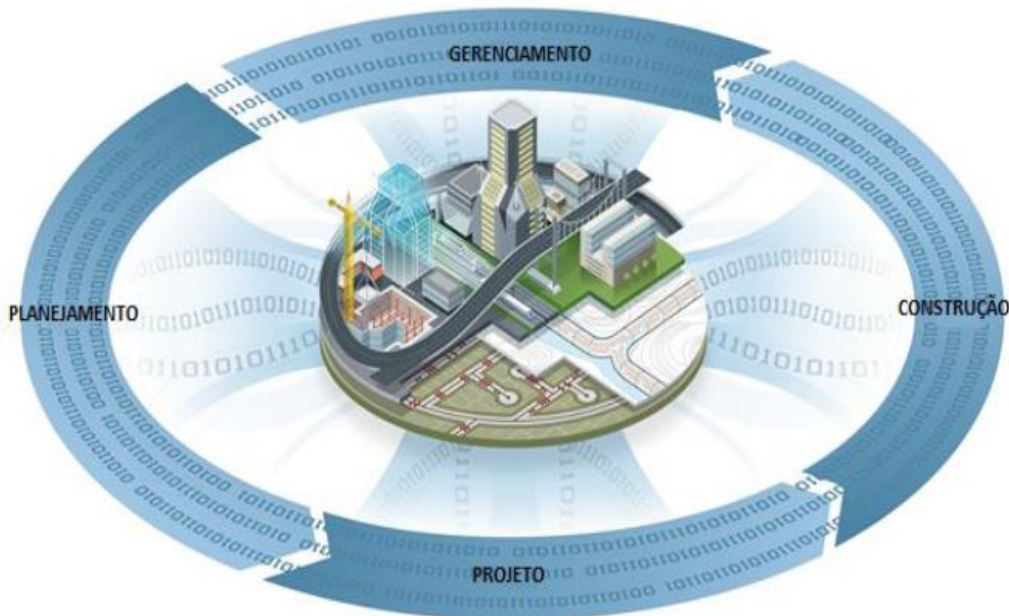
A Administração de Serviços Gerais dos Estados Unidos – GSA – *United States General Services Administration*, descreve BIM como sendo “o desenvolvimento e uso de um modelo digital de dados, não apenas para documentar o projeto de uma construção, mas também para simular a construção e operação de uma nova construção ou de uma instalação já existente que se deseje modernizar. O modelo de informações de construção resulta de um conjunto de dados referentes aos objetos, que são representações inteligentes e paramétricas dos componentes da instalação. A partir desse conjunto de dados, vários usuários podem extrair visões apropriadas

para a realização das suas análises específicas e o embasamento dos seus correspondentes feedbacks que possibilitam a melhoria da concepção do projeto”.

Para o Laboratório BIM do Paraná (LaBIM PR, 2017), a Modelagem da Informação da Construção é uma metodologia de trabalho baseada em processos colaborativos, que envolvem profissionais de diversas disciplinas como arquitetura, engenharias e tecnologia da informação através do uso de diferentes plataformas tecnológicas. Também se ressalta a importância do nível de informação definido em cada processo de modelagem de um empreendimento que requer a definição precisa das informações, bem como a localização das mesmas, para que quando extraídas, independentemente de formato, essas informações sejam consistentes para os usos predeterminados. Além disso, vale observar que a parte da *informação* da sigla BIM é a mais importante do processo.

A Figura 1 mostra as fases do empreendimento integradas pelo BIM, começando pelo planejamento, até a fase de projeto, construção e gerenciamento da obra.

Figura 1 – Integração de todas as fases de um empreendimento com o BIM



Fonte: Brandão (2014)

2.1.2 Comparação com o modelo tradicional

O modelo atual de desenvolvimento de projetos é através do CAD – *Computer Aided Design* ou Desenho Assistido por Computador (em português), principalmente. Esse processo baseia-se apenas em documentos, representações em plantas, cortes, vistas ou, no melhor dos

casos, em desenhos de perspectivas e detalhes, não permitindo a correta visualização e a perfeita compreensão do que estava sendo projetado. A concepção de uma edificação ou instalação projetada é apenas mental e depende da experiência de quem “lê” o projeto, combinando as informações documentadas e fragmentadas em diferentes desenhos. A modelagem 3D possibilita a visualização exata do que está sendo projetado, por mais complexa que seja a instalação ou edificação, além de oferecer funcionalidades para a detecção automática de interferências entre objetos (CBIC, 2016).

Burgess (2018) reitera que como parte do processo construtivo, uma gama de documentos precisa ser compartilhada entre clientes, projetista e empreiteira, incluindo desenhos e cronogramas. Tradicionalmente, essa informação é trocada através do papel, enquanto o BIM oferece como alternativa um espaço virtual de compartilhamento de dados que permite que todas as partes interessadas em um projeto colaborem e dividam informações. O BIM permite que dados essenciais do produto sejam incorporados em imagens 3D que podem ser usados para gerenciamento de projetos, com potenciais ganhos em eficiência.

Os *softwares* BIM podem ser usados para testar virtualmente potenciais dificuldades de construção, o que significa evitar um retrabalho em campo que geram um custo muito elevado e que dificilmente são encontradas através dos processos tradicionais de projeto. Os modelos também podem ser usados para gerar relatórios de quantidades, como janelas, portas, peças de redes de tubulações, enquanto tradicionalmente seria necessário fazer a contagem manual destes itens a partir de desenhos.

Outra vantagem em relação ao modelo atual é que o modelo 3D oferece uma visualização aceitável do espaço de trabalho, enquanto o planejamento 4D oferece uma compreensão simplificada de vários requisitos ao longo do ciclo de vida do projeto. Isso é particularmente útil para as partes interessadas diretamente responsáveis pela execução do trabalho de manutenção da obra. Com o BIM é possível vincular dados de fabricantes, dados de construção e comunicações em apenas um *software*.

Os gerentes de obra podem usar o BIM para coordenar operações diárias e preparar cronogramas de manutenção. Um aspecto fundamental de qualquer sistema de visualização em tempo real é facilitar atualizações interativas e automatizadas. A ineficácia nesse processo elimina os benefícios da aplicação dessa tecnologia. Mesmo uma taxa de atualização inconsistente torna o monitoramento e a navegação do projeto mais desafiador, fazendo com que os membros da equipe encontrem dificuldades. Portanto, as ferramentas BIM devem

fornecer atualizações regulares em tempo real, com visualização suficiente para permitir uma colaboração eficaz entre os membros da equipe.

2.1.3 Benefícios do uso do BIM

Nesta seção compilou-se os resultados de algumas pesquisas, principalmente de Bradley et al. (2016), Fanning et al. (2015) e Ghaffarianhoseini et al., (2017) que indicaram quais os principais benefícios do uso do BIM, assim como de alguns relatórios de mercado.

A representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação permite que os usuários transfiram dados e especificações de projeto entre diferentes aplicativos de *software*, tanto dentro de uma organização quanto mais amplamente em uma equipe multidisciplinar. Como as informações são armazenadas como um banco de dados no BIM, qualquer alteração de dados necessária durante o processo de design pode ser logicamente realizada e gerenciada durante todo o ciclo de vida do projeto.

As ferramentas BIM fornecem plataformas otimizadas para modelagem paramétrica, permitindo novos níveis de visualização espacial, construção de simulação de comportamento, gerenciamento efetivo de projetos e colaboração operacional dos membros da equipe de Arquitetura e Engenharia (GHAFARIANHOSEINI et al., 2017).

A incorporação de informações no modelo realizado em BIM vai desde geometria, relações espaciais, análise de luz, informações geográficas, quantidades e propriedades de materiais de componentes de construção, especificação, classificação de incêndio, acessórios, acabamentos até custos. Esses recursos, por sua vez, permitem que projetistas e engenheiros acompanhem os relacionamentos entre os componentes modelados e seus respectivos detalhes de manutenções futuras. Embora os benefícios do BIM sejam mais claros para o projetista, eles podem se tornar explícitos para outros integrantes do projeto, como proprietários, contratados, subcontratados (GHAFARIANHOSEINI et al., 2017).

Para habilitar totalmente a colaboração entre usuários de ferramentas BIM, padrões de troca foram desenvolvidos. O estabelecimento destas normas sob a forma de *Industry Foundation Classes* (IFC) para os objetos de construção foi liderado pela *buildingSMART*. A definição operacional de uma IFC é “uma especificação neutra e aberta que não é controlada por um único fornecedor ou grupo de fornecedores”. As IFCs foram um passo importante na organização do processo de desenvolvimento do BIM, que contribuiu para possibilitar e sistematizar a interoperabilidade entre usuários do AEC BIM por meio do fornecimento de

modelos padrão englobando rica semântica e informação geométrica dos componentes do projeto (GHAFARIANHOSEINI et al., 2017).

Está incluso também no BIM o fornecimento de uma plataforma colaborativa para diferentes partes interessadas envolvidas em um ciclo de vida do projeto. Proprietários, projetistas, empreiteiros e gerentes de construção podem usar o BIM para realizar projetos de construção com mais eficiência do que nunca. Além disso, ferramentas inovadoras de tecnologia da informação (TI) e tecnologia da informação e comunicação (TIC) são fatores importantes na pedagogia da AEC. Da mesma forma, espera-se que o BIM seja utilizado para a integração do conhecimento, a fim de melhorar a educação da AEC.

O BIM também foi identificado como tendo benefícios econômicos significativos. O retorno sobre investimento (ROI) é um valor-chave a ser considerado em tal questão. No contexto do BIM, várias análises relataram altos resultados de ROI, com indicações que cerca de 67% dos usuários do BIM avaliaram como positivo esse quesito (FANNING et al., 2015). A importância da validação de projetos assistida por BIM é reconhecida. Pesquisas confirmaram que o impacto do BIM na prevenção de atrasos no cronograma tem a maior influência no aumento do ROI, ao passo que as prevenções de retrabalho baseadas na validação e avaliação iniciais do modelo também são um fator determinante (GHAFARIANHOSEINI et al., 2017).

Os usuários do BIM descreveram os benefícios a curto e longo prazo do uso do BIM. O impacto mais importante de curto prazo do BIM foi minimizar os erros de documentação. Isso foi seguido pelo uso do BIM como ferramenta de marketing para o negócio. Menos rotatividade de pessoal também foi vista como benefício de curto prazo do uso do BIM. Menos reclamações contratuais e custos reduzidos de construção são considerados como benefícios de longo prazo. A manutenção de negócios recorrentes com clientes antigos também é um grande benefício do BIM (BRADLEY et al., 2016).

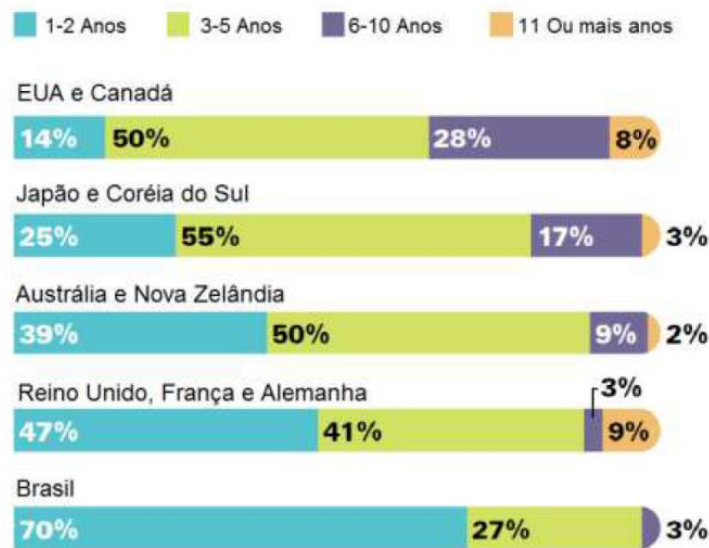
2.1.4 Aspectos relacionados com a migração do BIM no Brasil

De acordo com Andrade (2016) o *Building Information Modeling* (BIM) tem trazido importantes mudanças tecnológicas para área da construção. Há o potencial de mudar a cultura dos agentes de toda a cadeia produtiva do setor, pois sua utilização requer novos métodos de trabalho e novas posturas de relacionamento entre arquitetos, projetistas, consultores, contratantes e construtores. O desafio para a adoção dessa plataforma tecnológica é promover

condições de viabilidade para reunir um conjunto de informações multidisciplinares sobre o empreendimento, desde a concepção até a fase de uso e manutenção.

Em 2014, a revista McGraw Hill Construction publicou um relatório sobre o valor de negócio do BIM nos maiores mercados da construção civil do mundo. A partir do estudo é possível observar que nos países desenvolvidos o BIM é utilizado há algum tempo, enquanto no Brasil, sua implementação é bastante recente. A Figura 2 ilustra a diferença no tempo de aplicação do BIM entre algumas regiões do mundo.

Figura 2 – Tempo de implementação médio do BIM nos principais mercados mundiais da construção



Fonte: Adaptado de McGraw Hill *Construction* (2014).

A indústria da construção no Brasil está entre as maiores do mundo, sendo responsável por 2% da indústria global. A adoção dos conceitos e ferramentas BIM em uma indústria tão grande pode levar a um impacto significativo nos três seguintes objetivos: melhorar a eficiência e sustentabilidade de projetos e da construção civil no geral, melhorar a previsibilidade de resultados de projeto e o retorno de investimentos e aumentar as exportações e estimular o crescimento econômico. Nesse contexto, os agentes que elaboram e executam políticas no Brasil procuram desenvolver iniciativas para aumentar a difusão do BIM no setor de construção. (Kassem e Amorim, 2015).

De acordo com Ferreira (2017), o ingresso de novas tecnologias na indústria da construção pode trazer diversos benefícios em termos de economia de recursos e de tempo. Há no Brasil atualmente um grande dilema: continuar à deriva ao encontro do futuro ou ativamente

buscar adaptá-lo à sua maneira. Nesse sentido, a autora indicava ainda que o país precisaria de uma mudança de postura para se alinhar aos avanços das indústrias de outros países.

Há ainda uma grande dificuldade para completa introdução da plataforma no Brasil, a padronização dos critérios de aceitação de projetos, obras e serviços. A consolidação do BIM depende da interligação de todos os profissionais envolvidos nos processos, tanto por parte das empresas quanto das instituições públicas.

É necessário que o Governo Federal esteja envolvido nesse processo como facilitador, e estudiosos defendem que também esteja presente junto ao processo regulatório, como Bueno (2015) observa:

A ideia de normatização e padronização deve ser uma constante de obrigatoria preocupação para o Governo. As regras precisam ser claras e factíveis para o perfeito entendimento das contratadas na busca por normatização de procedimentos e diretrizes construtivas. O que existe é um amontoado de legislações de difícil consulta e nenhum lugar compilando e explicando as normativas existentes e nem desenvolvendo as que estão faltando (BUENO, 2015).

O apoio da indústria, em um país com grande dimensão territorial como o Brasil, é essencial às políticas de implementação e desenvolvimento do BIM. Assim como nos Estado Unidos, os níveis de desenvolvimento interestaduais, devido às políticas internas de cada Estado, podem tornar-se discrepantes de região para região. O desenvolvimento da indústria e a padronização dos produtos facilitará a uniformização dos estímulos comerciais, inclusive aos relacionados a criação de novos *softwares* (FERREIRA, 2017). Ainda há, porém, algumas dificuldades por parte das empresas no processo inicial do uso do BIM como Catelani (2016) indica:

Quando a empresa tem muita atividade, não encontra tempo para rever processos, treinar gente e melhorar a eficiência. Se o empresário enxerga o amanhã, entende que é o melhor momento para se preparar e se tornar mais eficiente. Até porque o futuro será muito mais competitivo. Será mais fácil fazer uma mudança agora do que quando o mercado retomar a aceleração (Catelani 2016).

Kassem e Amorim (2015) indicam ainda que apenas nos processos licitatórios públicos há legislação específica, inexistindo regulação federal, estadual ou municipal sobre a prestação destes serviços no nível privado, à exceção da legislação que define as atribuições profissionais (relativa ao sistema CONFEA/CREA e CAU) e de alguns regulamentos citados adiante, voltados à prestação de serviços para órgãos públicos. A notável exceção é o Caderno BIM, ou Termo de Referência para desenvolvimento de projetos com o uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM), elaborado pelo Governo Estadual de Santa Catarina e publicado em março de 2014, como parte da documentação de licitação para elaboração do projeto de um hospital.

Através desse Caderno BIM foi que Santa Catarina se tornou o primeiro estado brasileiro, através da Secretaria de Saúde, órgão da Administração Direta, a lançar editais para contratação de projetos em BIM. A tecnologia foi utilizada na análise de quesitos técnicos ligados à qualidade e ao desenvolvimento de projetos utilizando o *software Solibri*. A iniciativa foi considerada inovadora na medida em que permite a desburocratização a automatização via *software* da análise de requisitos técnicos em processos de licitação por técnica e preço.

Em 2011 o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes – DNIT, autarquia federal que executa obras de infraestrutura rodoviária, ferroviária, e hidroviária, já reconhecia os benefícios do uso da metodologia BIM no projeto e construção de estradas, declarando que uma das metas do órgão para promover a otimização de processos dentro do mesmo seria a implantação da metodologia BIM em seu ambiente de trabalho:

De acordo com o DNIT (2011), as mudanças em andamento incluem a aquisição de ferramentas de projetos, equipamentos de *hardware* e *software*, como os modernos BIM que possibilitam, por exemplo, a análise tridimensional. Desta forma é possível agregar valor ao planejamento por meio da simulação das condições de contorno do empreendimento em ambiente computacional, aumentando a precisão no que tange à construção de cronogramas e orçamentos. Finalmente, pode facilitar e tornar mais eficiente à tramitação de projetos e a execução de obras de engenharia. Os novos programas adquiridos vão assegurar mais agilidade na tomada de decisões e transparência às ações do órgão.

O primeiro projeto piloto para implantação do BIM no DNIT foi no programa 'PROARTE', para recuperação e reabilitação de obras de arte especiais que fazem parte da malha rodoviária federal, sob a responsabilidade do órgão. O PROARTE faz parte e foi incluído na lista de projetos pilotos definidos pela Estratégia de adoção e exigibilidade do BIM no âmbito do Governo Federal, que será explicada a seguir (DNIT, 2018).

Há um exemplo também de desenvolvimento BIM no Brasil no Estado do Paraná, o LaBIM-PR. Para garantir o sucesso da implementação, no âmbito da Secretaria Estadual de Infraestrutura e Logística do Paraná, esse laboratório desenvolveu uma metodologia BIM estruturada em seis pilares considerados pré-requisitos para o desenvolvimento e incorporação do BIM aos processos institucionais dos órgãos vinculados à secretaria. São considerados os seguintes pré-requisitos (LABIM, 2018):

- Meta de Governo: o BIM necessita de alinhamento com as políticas do Governo do Estado. A ideia de implantação dessa metodologia precisa ser uma meta idealizada e definida pelo governo vigente;
- Mudança de paradigma: a metodologia BIM promove uma mudança de paradigma que demanda um acultramento interno, com a capacitação dos técnicos que utilizarão essa nova metodologia de trabalho, assim como a reorganização dos procedimentos adotados;
- Colaboração: o uso do BIM exige trabalho em equipe promovendo um ambiente colaborativo;
- Etapas bem definidas: os processos internos devem ser bem definidos para que a metodologia possa ser aplicada em consonância com os objetivos previamente estabelecidos;
- Normatização dos procedimentos: o uso do BIM requer a elaboração de guias com diretrizes de modelagem para orientação das empresas prestadoras de serviços.
- Processo vivo: o BIM envolve um processo dinâmico que não deve ser engessado para estar em um processo contínuo de evolução.

2.1.5 Estratégia BIM BR

Em 2015, Bueno (2015) indicou a necessidade da participação ativa do governo federal na fomentação do uso do BIM:

É preciso ter a pró-atividade de dar o primeiro passo e adotar o BIM como obrigatório para os projetos do Governo Federal, com a mesma adoção lenta e gradual que foi feita em Singapura. O Governo precisa assumir que as tecnologias atuais com BIM são viáveis de serem implantadas e adotadas pela Administração Pública, para adotá-la de forma mais eficiente no investimento e implantação de obras de

infraestrutura de qualidade e com sua implementação dentro dos orçamentos e cronogramas inicialmente previstos. (BUENO, 2015)

O primeiro passo, por parte do Governo Federal em relação a políticas de incentivo para a adoção do BIM, é datada 2016, quando foi assinado pelo Ministro Liam Fox (Reino Unido) e pelo Ministro Marcos Pereira, um MOU – *Memorandum Of Understanding* que estabeleceu a cooperação entre os dois países para apoiar a iniciativa de desenvolvimento de uma estratégia para implantação e disseminação do BIM no Brasil (DNIT, 2018).

Em 2017 o Governo Federal lançou a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM – Estratégia BIM BR, com o intuito de incentivar o desenvolvimento do setor de construção, trazer mais economia para as compras públicas e maior transparência aos processos licitatórios, além de contribuir para a otimização de processos de manutenção e gerenciamento de ativos (DNIT, 2018).

Ainda em foi criado em 2017 o Comitê Estratégico de Implementação do *Building Information Modelling* – CE-BIM cuja responsabilidade é estabelecer uma estratégia de alinhamento das ações e iniciativas do setor público e do privado, impulsionar a utilização do BIM no país, promover as mudanças necessárias e garantir um ambiente adequado para seu uso (DNIT 2018).

A Estratégia BIM BR tem por finalidade promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e sua difusão no país. Foram definidos os seguintes nove resultados esperados com a adoção da estratégia (DNIT, 2018):

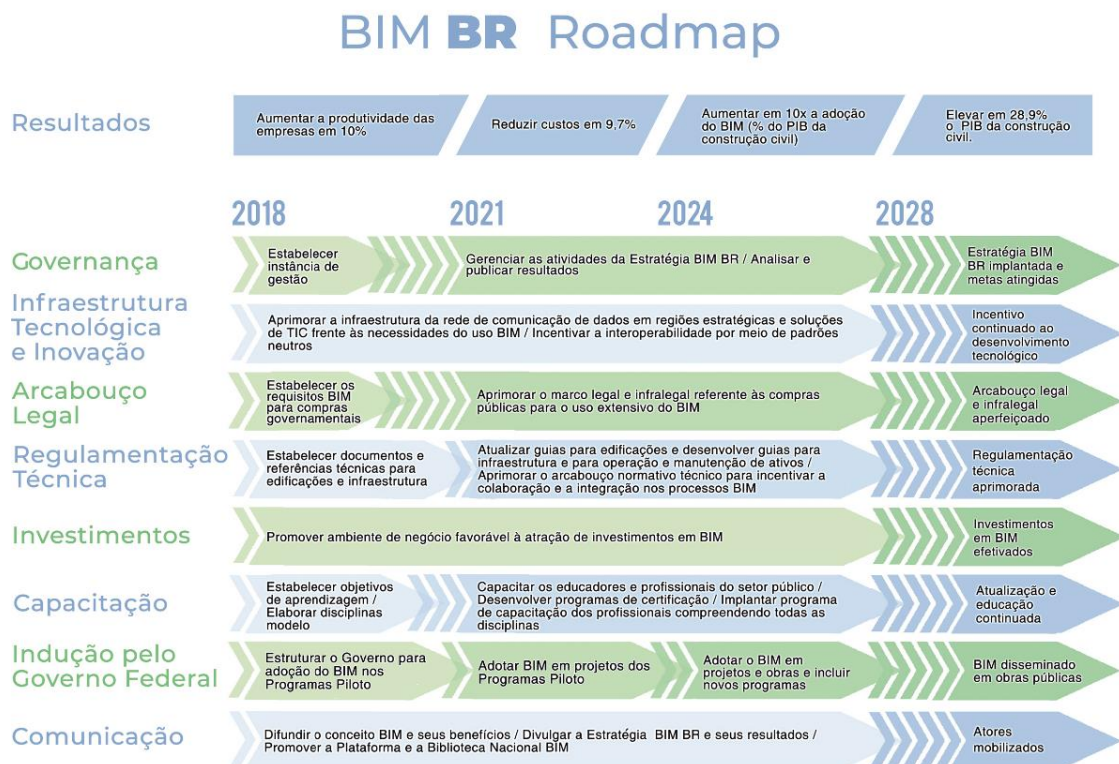
- Assegurar ganhos de produtividade ao setor de construção civil;
- Proporcionar ganhos de qualidade nas obras públicas;
- Aumentar a acurácia no planejamento de execução de obras proporcionando maior confiabilidade de cronogramas e orçamentação;
- Contribuir com ganhos em sustentabilidade por meio da redução de resíduos sólidos da construção civil;
- Reduzir prazos para conclusão de obras;
- Contribuir com a melhoria da transparência nos processos licitatórios;
- Reduzir necessidade de aditivos contratuais de alteração do projeto, de elevação de valor e de prorrogação de prazo de conclusão e de entrega da obra;
- Elevar o nível de qualificação profissional na atividade produtiva;
- Estimular a redução de custos existentes no ciclo de vida dos empreendimentos.

Também foram definidos nove objetivos específicos (DNIT, 2018):

- Difundir o BIM e seus benefícios
- Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM
- Criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM
- Estimular a capacitação em BIM
- Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e contratações públicas com uso do BIM
- Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para a adoção do BIM
- Desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM
- Estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM
- Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM

A Estratégia BIM BR foi dividida em três fases, representadas na Figura 3.

Figura 3 – Mapeamento dos processos e etapas da Estratégia de desenvolvimento do BIM no Brasil



Fonte: DNIT (2018)

A primeira fase, com início em 2021, estará focada em projetos de arquitetura e de engenharia para construções novas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a disseminação do BIM. Nesta fase, será proposta a exigência do BIM na elaboração dos modelos de arquitetura e de engenharia referentes às disciplinas de estrutura, de hidráulica, de AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado) e de elétrica, na detecção de interferências e na revisão dos modelos de arquitetura e de engenharia, na extração de quantitativos e na geração de documentação gráfica, a partir desses modelos.

A segunda fase, a partir de 2024, deverá contemplar algumas etapas que envolvem a obra, como o planejamento da execução da obra, para construções novas, reformas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância. Desse modo, será proposto que o BIM seja aplicado, no mínimo, nas atividades previstas na primeira fase e, de modo adicional, na orçamentação, no planejamento da execução de obras e na atualização do modelo e de suas informações como construído.

A terceira fase, a partir de 2028, abrangerá todo o ciclo de vida da obra ao considerar atividades do pós-obra. Nesta fase, o BIM será aplicado, no mínimo, nas construções novas, reformas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de média ou grande relevância, nos usos previstos na primeira e na segunda fase e, além disso, nos serviços de gerenciamento e de manutenção do empreendimento após sua conclusão.

2.1.4. Softwares BIM para Infraestrutura

Autodesk Civil 3D

O *software* AutoCAD Civil 3D oferece suporte à modelagem de informações de construção (BIM) para projetos aprimorados de engenharia civil e documentação para construção (AUTODESK, 2018). O *software* integra dados de topografia, geoprocessamento, redes de tubulação, movimentação de terras, de forma paramétrica, o que auxilia os profissionais de Engenharia Civil, desenhistas e técnicos no desenvolvimento de projetos de loteamentos, rodovias, pontes, aeroportos, dentre outros elementos de infraestrutura.

Por ser um *software* BIM, é possível criar um modelo 3D da obra onde os objetos são atualizados automaticamente com cada modificação feita no projeto. Com esse modelo inteligente é possível obter um maior grau de precisão e confiabilidade no projeto. Há também a vantagem de retirada automática de quantitativos tanto de elementos como peças de tubulação como de levantamentos de corte e aterro. Como a visualização dessas quantidades pode ser dinâmica, é possível fazer estudos preliminares muito mais precisos.

Autodesk InfraWorks

O *InfraWorks* é um software voltado para arquitetos em projetos de planejamento urbano e para engenheiros civil em projetos de infraestrutura, sendo utilizado principalmente da fase conceitual do projeto, facilitando estudos de alternativas de projetos e a troca de informações entre as partes interessadas. Ele traz o projeto para o contexto real onde será construído, através da integração das tecnologias BIM e GIS em um modelo 3D, ou seja, permite a visualização da área da obra e de seus entornos através de um modelo 3D.

Além disso, o *software* é uma plataforma de planejamento e projeto que permite aos engenheiros transmitir de maneira rápida e fácil a intenção preliminar do projeto em um ambiente contextual do mundo real, aumentando a adesão das partes interessadas e a tomada de decisões da equipe. Ele aproveita a capacidade automatizada e rica de construção de modelos 3D com tecnologia baseada na *Web* para fornecer aos engenheiros de infraestrutura a ferramenta de projeto conceitual mais atraente do setor.

Alguns benefícios para os projetistas no uso *InfraWorks* são: a rapidez e facilidade em transmitir intenção de projeto preliminar em um ambiente contextual do mundo real. Comunicação e colaboração sem esforço com partes interessadas internas e externas ao longo do ciclo de vida do projeto. Acesso e integração com eficiência de dados de várias fontes em um modelo altamente preciso. O *InfraWorks* inclui ferramentas para projeto conceitual, ponte, rodovia e drenagem.

Em projetos de loteamentos, o *Infraworks* é interessante para a representação urbanística do projeto. O modelo 3D permite que o cliente visualize qual será o resultado após a execução da obra, facilitando a tomada de decisões e evitando futuras alterações no projeto.

A Figura 4 ilustra um exemplo de modelo 3D de uma obra de infraestrutura projetado no *Infraworks*.

Figura 4 – Modelo simulado de um projeto de infraestrutura no *Infracworks*



Fonte: Brandão (2014)

2.2 Infraestrutura Urbana

A palavra infraestrutura é de origem do século XX na França e derivada da junção do prefixo infra, anatomia inferior, abaixo ou sob a parte de um corpo; e estrutura, substantivo que denota as relações entre as partes ou elementos de algo complexo, ou um edifício ou objeto construído a partir de diversas partes. A definição de infraestrutura remete a estruturas e instalações físicas (estradas, redes de energia elétrica, redes de saneamento etc.) necessárias ao funcionamento da sociedade ou de uma corporação (OXFORD DICTIONARY OF ENGLISH, 2010, tradução VOSGUERITCHIAN 2015).

Infraestrutura urbana é conceituada por diversos autores como um conjunto ou sistema de instalações, equipamentos e serviços, públicos ou não, necessários ao desenvolvimento das cidades, podendo ser analisados a partir de aspectos sociais, econômicos e institucionais. Zmitrowicz e Neto (1997) indicam que a infraestrutura urbana deve promover condições adequadas de moradia, trabalho, saúde, lazer e segurança quando se pensa no aspecto social. Quanto ao aspecto econômico, que se deve pensar no desenvolvimento das atividades produtivas, na forma de produção e comercialização dos bens e serviços. Entende-se também que a infraestrutura urbana deve assegurar que as atividades político-administrativas possuam os elementos necessários para seu desenvolvimento.

Os elementos que compõem a infraestrutura urbana podem ser divididos nos seguintes seis subsistemas (ZMITROWICZ E NETO, 1997):

- a) **Subsistema Viário:** consiste das vias urbanas, pavimento, calçadas, canteiros. Devem-se adequar a topografia local e priorizar deslocamentos rápidos e fáceis. É o mais caro dos subsistemas, corresponde a mais de 50% do custo total de urbanização (MASCARÓ, 1997), ocupa grande parte do solo urbano (entre 20 e 25%). Na sua concepção devem-se levar em conta as melhores condições técnicas e econômicas, um desenho racional dos quarteirões, praças e logradouros públicos, sua ligação sem conflitos ou interferências com as vias de maior escala e também as limitações de tráfego. As vias urbanas atuais constituem-se basicamente de três partes: o leito carroçável, que é destinado ao trânsito de veículos e que nele estão acoplados os dispositivos de drenagem superficial; os passeios, que são destinados ao trânsito de pedestres; as ciclovias, que são destinadas ao trânsito de bicicletas. A configuração dessas três partes é usualmente definida no plano diretor de cada cidade;
- b) **Subsistema de Drenagem Pluvial:** tem como principal função garantir o escoamento das águas provenientes das chuvas que afetam as áreas urbanas, assim assegurando o trânsito público e a proteção das edificações, evitando a formação de inundações. Esse subsistema é composto por duas partes: a drenagem superficial (ruas pavimentadas, guias e sarjetas) e as redes de tubulações e seus sistemas de captação. O dimensionamento e traçado desse subsistema devem levar em conta as características topográficas, do subsistema viário à qual a rede será conectada e também dos atributos hidrológicos do local;
- c) **Subsistema de Abastecimento de Água:** é o sistema responsável pelo provimento de água para a população, que pode ser esta potável ou não de acordo com o grau de tratamento e fonte de coleta da mesma. Esse subsistema é formado pelas seguintes partes: captação, adução, recalque, tratamento e distribuição, sendo esta última a parte mais importante e presente quando se pensa na infraestrutura urbana dos municípios;
- d) **Subsistema de Esgotos Sanitários:** é formado por tubulações específicas para a coleta do esgotamento sanitário, tanto residencial quanto comercial e industrial. Essas canalizações usualmente possuem ordem crescente de vazão, e por consequência escoamento e diâmetro, na seguinte ordem: ligações prediais, coletores secundários, coletores primários, coletores tronco. Além da rede de tubulações, fazem parte do sistema também os dispositivos de tratamento do esgoto. Em sua concepção, deve-se levar em conta que esse sistema é um complemento necessário ao subsistema de abastecimento de água, de forma que a rede coletora, em teoria, devia estar presente para garantir a salubridade dos ambientes urbanos, destinando os resíduos para o tratamento adequado;

- e) Subsistema Energético: constituído principalmente por dois tipos de energia: a elétrica e a de gás. A rede elétrica pode ser tanto aérea quanto subterrânea, enquanto a rede de gás é necessariamente subterrânea e necessita de um maior cuidado devido à sua periculosidade;
- f) Subsistema de Comunicações: formado pelas redes telefônicas, de TV a cabo e de internet. É o subsistema que mais se desenvolveu nas últimas décadas, responsável pela conexão digital da população. As redes desse subsistema são formadas principalmente por condutores metálicos e fibra ótica, seguindo especificações similares às do sistema de energia elétrica.

Além disso, também pode ser feita a classificação em função dos elementos que compõem os subsistemas (ZMITROWICZ E NETO, 1997) conforme o seguinte:

- a) Nível aéreo - No Brasil, neste nível usualmente encontram-se as redes de distribuição de energia, telefonia, TV a cabo e internet. Principalmente devido ao custo de implantação mais baixo, é a escolha mais frequente em novos projetos de urbanização. Problemas usuais nesse nível são frequentes manutenções devido às intempéries (ventos e raios principalmente) e a interferência com árvores, veículos e pessoas;
- b) Nível de superfície - Neste nível, se encontram os elementos do sistema viário, calçadas para pedestres, ciclovias, canteiros e outras formas de vias de tráfego (trilhos de trens de superfície, pistas de BRT, mas isso são casos mais específicos), além de também os elementos de drenagem superficial como meios-fios, sarjetas, bocas-de-lobo e canais. Esse nível comumente representa a maior parcela do conjunto dos elementos de infraestrutura, portanto é importante que se dê devida atenção a eles;
- c) Nível subterrâneo - este nível é composto pelos elementos profundos do sistema de drenagem pluvial, as redes de água, esgoto, gás canalizado e eventualmente de energia elétrica e telecomunicações, assim como, em grandes centros urbanos, parte do subsistema viário (metrô, túneis) e passagens subterrâneas para pedestres. Há grande dificuldade de organização nesse sistema principalmente por cada rede ser gerida por diferentes órgãos, o que resulta em congestionamento e interferência de redes devido à não existência de um cadastramento ou modelo real da situação de campo. Não é usual nos planos diretores das cidades a existência de exigências em relação à localização das redes.

O uso do BIM no domínio da infraestrutura é um assunto que cresce rapidamente em conjunto com o conceito tradicional de BIM. As pesquisas em infraestrutura BIM estão focadas

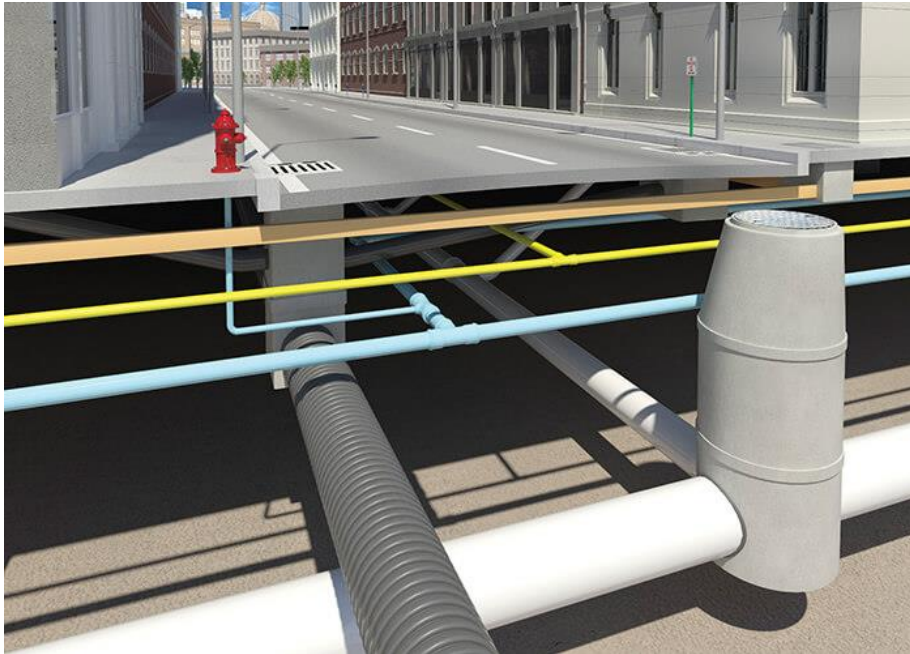
principalmente na integração do GIS, seu uso em rodovias e pontes e no processo geral de implementação (BRADLEY, 2016). O uso em obras de infraestrutura urbana se dá a partir de uma derivação dos conceitos estudados nessas áreas.

Alguns aspectos são muito semelhantes às contrapartes do BIM no setor de edifícios, como o processo de revisão do projeto, a metodologia de colaboração e, até certo ponto, a coordenação das obras que podem ter uma abordagem semelhante a do BIM do setor da construção vertical. A principal diferença vem com a consideração dos benefícios: a modelagem em edifícios é muito baseada em componentes e oferece vantagens na detecção de interferências, clareza de informações e recursos visuais durante o estágio de projeto. Em contraste, no caso de um projeto de rodovias, há uma necessidade mínima de detecção de interferências e modelagem extensiva durante o estágio de projeto, além de que a visualização avançada não agrega muito valor.

A vantagem em projetos de infraestrutura vem da coordenação e integração visual de dados “não gráficos” no modelo, sendo usada com mais eficiência durante a fase de pré-construção e construção, conectando informações coletadas em campo, gerando modelos de informações de projetos precisos e ricos em dados para serem transferidos aos agentes operacionais em um formato que possa ser integrado automaticamente ao conjunto de dados da rede. Como acontece com qualquer abordagem BIM, a eficácia e utilidade dos dados gira em torno da capacidade de especificar quais dados coletar, quem irá coletá-los e como serão utilizados, juntamente com o fornecimento de tecnologias para capturar e transferir os dados entre as partes participantes.

Na Figura 5 é possível observar um exemplo de modelagem de infraestrutura urbana, com a integração de redes com a estrutura do pavimento.

Figura 5 – Exemplo de modelo 3D de redes de infraestrutura urbana feito em BIM



Fonte: Archdaily (2018)

2.3 Obras de Loteamentos

A Prefeitura de Porto Alegre, RS, define loteamento como a divisão de uma grande área em lotes menores destinados à edificação. É necessário que aja um responsável, que pode ser tanto uma pessoa física como uma empresa privada, um órgão público ou uma cooperativa. A Prefeitura de São Paulo, SP, ainda acrescenta que é necessária a abertura de novas vias de circulação, de logradouros públicos, ou de modificação de vias já existentes. Como será explicado no próximo item, as vendas das áreas loteadas só podem ocorrer após aprovação do projeto na prefeitura.

É importante lembrar que lote não é apenas uma fração de território, para que seja lote deve ser um terreno servido de infraestrutura urbana, ou seja, local adequado para receber uma edificação em futura ocupação do solo.

É fundamental a regulação pública da infraestrutura e dos serviços em rede no desenvolvimento urbano e regional, de modo que as potencialidades de determinada localidade em relação à sua capacidade de articulação para com o entorno e para com outras localidades do contexto urbano possam ser atingidas. (VOSGUERITCHIAN, 2015)

As políticas urbanas representam o conjunto das políticas e ações do poder público que incidem sobre os processos urbanos, a partir um conjunto de metas, diretrizes e procedimentos que orientam a ação do mesmo em relação a um conjunto de relações, necessidades ou demandas sociais que ocorrem em nível local e influenciam diretamente a vida cotidiana da

população que reside em aglomerados urbanos. Dessa forma, as políticas urbanas orientam as ações do poder público dirigido à organização e ordenação do território das cidades, à produção e distribuição de espaços, infraestruturas, serviços e equipamentos públicos, e à regulamentação das atividades e das construções públicas e privadas no espaço urbano. ‘Política urbana’ é definida na Constituição Federal de 1988 como a ‘política de desenvolvimento urbano executado pelo poder público municipal’, como parte da ordenação econômica e financeira do Estado. Nessa concepção, atribui-se aos municípios a competência da implementação dos objetivos da política urbana de ordenação das funções sociais da cidade e da propriedade e a garantia do bem-estar de seus habitantes.

Vosgueritchian (2015) diz ainda também que se deve atentar às demandas das populações urbanas, que englobam o âmbito da educação, habitação, transporte, saúde, segurança, assistência social, esporte, lazer, cultura, meio ambiente etc. Essas demandas dependem de uma complexa rede de infraestrutura urbana que inclua um eficiente conjunto composto pelos sistemas de infraestrutura anteriormente citados neste trabalho no item 2.2.

É no Estatuto da Cidade que se regulamenta o capítulo ‘Política Urbana’ da Constituição Brasileira, tendo como princípios o planejamento participativo e a função social da propriedade. O principal instrumento do Estatuto é o Plano Diretor Estratégico (PDE), obrigatório para municípios em regiões de conurbação ou com mais de vinte mil habitantes.

O Artigo 4 da Lei de Parcelamento de Solos Urbanos (Lei nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979) define os seguintes requisitos para loteamentos:

I - As áreas destinadas a sistemas de circulação, a implantação de equipamento urbano e comunitário, bem como a espaços livres de uso público, serão proporcionais à densidade de ocupação prevista pelo plano diretor ou aprovada por lei municipal para a zona em que se situem. (Redação dada pela Lei nº 9.785, de 1999).

II - Os lotes terão área mínima de 125m² (cento e vinte e cinco metros quadrados) e frente mínima de 5 (cinco) metros, salvo quando o loteamento se destinar a urbanização específica ou edificação de conjuntos habitacionais de interesse social, previamente aprovados pelos órgãos públicos competentes;

III - Ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias e ferrovias, será obrigatória a reserva de uma faixa não-edificável de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores

exigências da legislação específica; (Redação dada pela Lei nº 10.932, de 2004).

IV - A via de loteamento deverá articular-se com as vias adjacentes oficiais, existentes ou projetadas, e harmonizar-se com a topografia local.

§ 1o A legislação municipal definirá, para cada zona em que se divida o território do Município, os usos permitidos e os índices urbanísticos de parcelamento e ocupação do solo, que incluirão, obrigatoriamente, as áreas mínimas e máximas de lotes e os coeficientes máximos de aproveitamento. (Redação dada pela Lei nº 9.785, de 1999)

§ 2º - Consideram-se comunitários os equipamentos públicos de educação, cultura, saúde, lazer e similares.

§ 3o Se necessária, a reserva de faixa não-edificável vinculada a dutovias será exigida no âmbito do respectivo licenciamento ambiental, observados critérios e parâmetros que garantam a segurança da população e a proteção do meio ambiente, conforme estabelecido nas normas técnicas pertinentes. (Incluído pela Lei nº 10.932, de 2004).

§ 4o No caso de lotes integrantes de condomínio de lotes, poderão ser instituídas limitações administrativas e direitas reais sobre coisa alheia em benefício do poder público, da população em geral e da proteção da paisagem urbana, tais como servidões de passagem, usufrutos e restrições à construção de muros. Incluído pela Lei nº 13.465, de 2017).

Art. 5º. O Poder Público competente poderá complementarmente exigir, em cada loteamento, a reserva de faixa non aedificandi destinada a equipamentos urbanos.

Parágrafo único - Consideram-se urbanos os equipamentos públicos de abastecimento de água, serviços de esgotos, energia elétrica, coletas de águas pluviais, rede telefônica e gás canalizado.

A partir da Lei de Parcelamento de Solos, observa-se que, atualmente, a lei brasileira define claramente quais os requisitos para que seja feito o loteamento de uma área, que pode ser ainda mais restritivo dependendo de cada município.

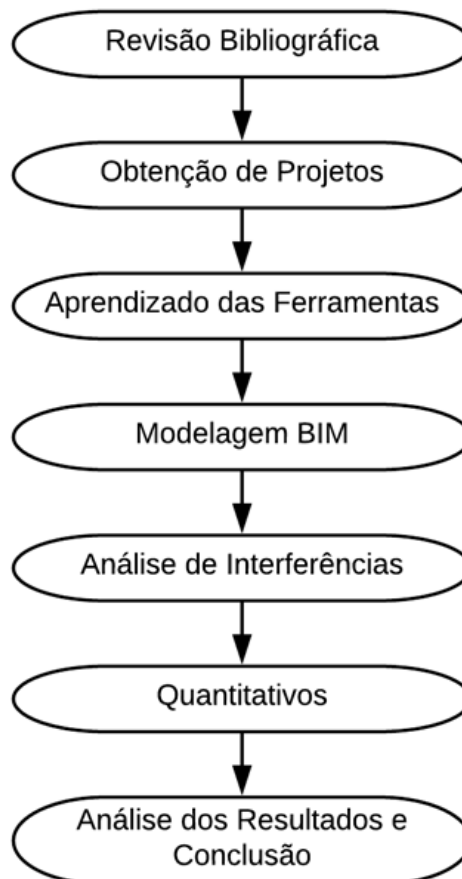
3 MÉTODO E MATERIAIS

3.1 Método

O método proposto teve como base o estudo de caso de um projeto de loteamento urbano. A partir de projetos de infraestrutura de uma obra de um loteamento, foram aplicadas ferramentas computacionais (*AutoCad*, *AutoCad Civil 3D* e *BIM*), de forma a avaliar quais benefícios e possíveis problemas no gerenciamento da obra. O retrabalho em escritório, bem como os atrasos prováveis em obra foi analisado considerando o uso ou não uso dessas ferramentas.

O método conta com sete etapas apresentadas no fluxograma, ilustrado na Figura 6 e descritas a seguir.

Figura 6 – Fluxograma do método



Fonte: Autor (2018)

ETAPAS DO MÉTODO:

Etapa 1 – Revisão Bibliográfica: nesta etapa foram coletados informações e conceitos constantes na literatura sobre a metodologia BIM que serviram de base para elaboração do

método. Adicionalmente foram feitas considerações no respeitante aos projetos de infraestrutura urbana de obras de loteamentos. Para isso, foram utilizados artigos acadêmicos e técnicos, livros, monografias, teses e dissertações. Grande parte do referencial teórico foi obtido por bibliografia em língua inglesa, principalmente no âmbito do BIM relacionado à infraestrutura, uma vez que, atualmente no Brasil, não há muitos trabalhos relacionados.

Etapa 2 – Obtenção dos projetos: os projetos do loteamento utilizados no estudo de caso foram cedidos por uma empresa de engenharia com vasta experiência em obras deste porte. A empresa disponibilizou para a obra do estudo de caso, os seguintes projetos e dados: (i) levantamento topográfico, (ii) plantas e perfis de drenagem, (iii) projetos de esgoto, (iv) projeto de terraplenagem; (v) arquivos, dados e quantitativos auxiliares aos projetos.

Etapa 3 – Aprendizado das ferramentas: considerando que na empresa, a ferramenta BIM, bem como o *AutoCad Civil 3D* não são de uso frequente, houve a necessidade prévia de estudar as funcionalidades e uso dos *softwares AutoCad Civil 3D*, do *Infraworks* e das ferramentas BIM da *Autodesk* para projetos de infraestrutura. Isso foi feito através de tutoriais disponibilizados no *YouTube* e também pela própria *Autodesk* em seu site.

Etapa 4 – Modelagem BIM dos projetos: os projetos foram disponibilizados pela empresa em formato de desenho (.dwg). Desta forma foi necessário realizar a modelagem em BIM de modo a ser possível exemplificar suas vantagens e funcionalidades. Os projetos foram modelados no *software Auto Cad Civil 3D*.

Etapa 5 – Análise das interferências nas redes: nesta etapa foram analisadas as interferências existentes nos projetos através de uma ferramenta do *Civil3D* e apresentadas soluções possíveis.

Etapa 6 – Avaliação dos Quantitativos: a partir dos projetos, das planilhas de cálculos e arquivos complementares, foi realizado o levantamento e conferência dos quantitativos das tubulações, das tabelas de coordenadas dos lotes e de localização das redes e suas respectivas estruturas.

Etapa 7 – Análise dos resultados: após a conclusão da etapa seis, foram analisados os possíveis benefícios técnicos do uso do BIM em projetos de loteamentos urbanos e sua infraestrutura, sendo feita uma análise crítica de suas vantagens e desvantagens.

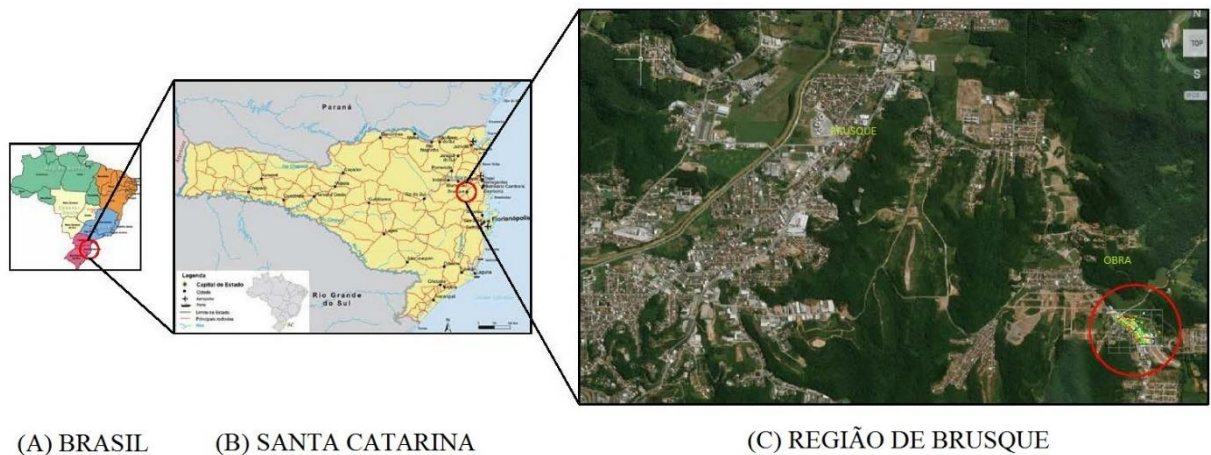
Nas considerações finais foram apresentadas as conclusões a respeito do estudo, bem como avaliadas as limitações do trabalho e sugeridas recomendações para trabalhos futuros.

3.2 Materiais

3.2.1 Área de Estudo

A obra escolhida para esse estudo de caso situa-se no município de Brusque, bairro Limeira, em Santa Catarina, como pode ser visto na Figura 7. A obra é composta por um terreno de área 67.755,00 m² subdividido em 72 lotes com área total de 27.338,75 m², área de preservação permanente (APP) com 14.116,16 m², área institucional com 4.379,10 m², área verde com 4.332,87 m² e faixa sanitária com 1.223,78 m². Essa divisão foi feita com base no Plano Diretor de Brusque, que define as diretrizes de uso e ocupação do solo urbano.

Figura 7 – Localização da obra



Fonte: Autor (2018)

3.2.2 Projetos

Todos os projetos do empreendimento foram elaborados pela empresa de Engenharia, que também é responsável pela etapa de execução da obra. O estudo de caso contempla quatro principais abordagens do projeto, sendo: urbanística, terraplenagem, drenagem e esgoto. Atualmente a empresa não aplica a metodologia BIM em seus projetos. Desta forma, os projetos disponibilizados, entre plantas e perfis, estão disponíveis em formato de desenho (AutoCAD .DWG).

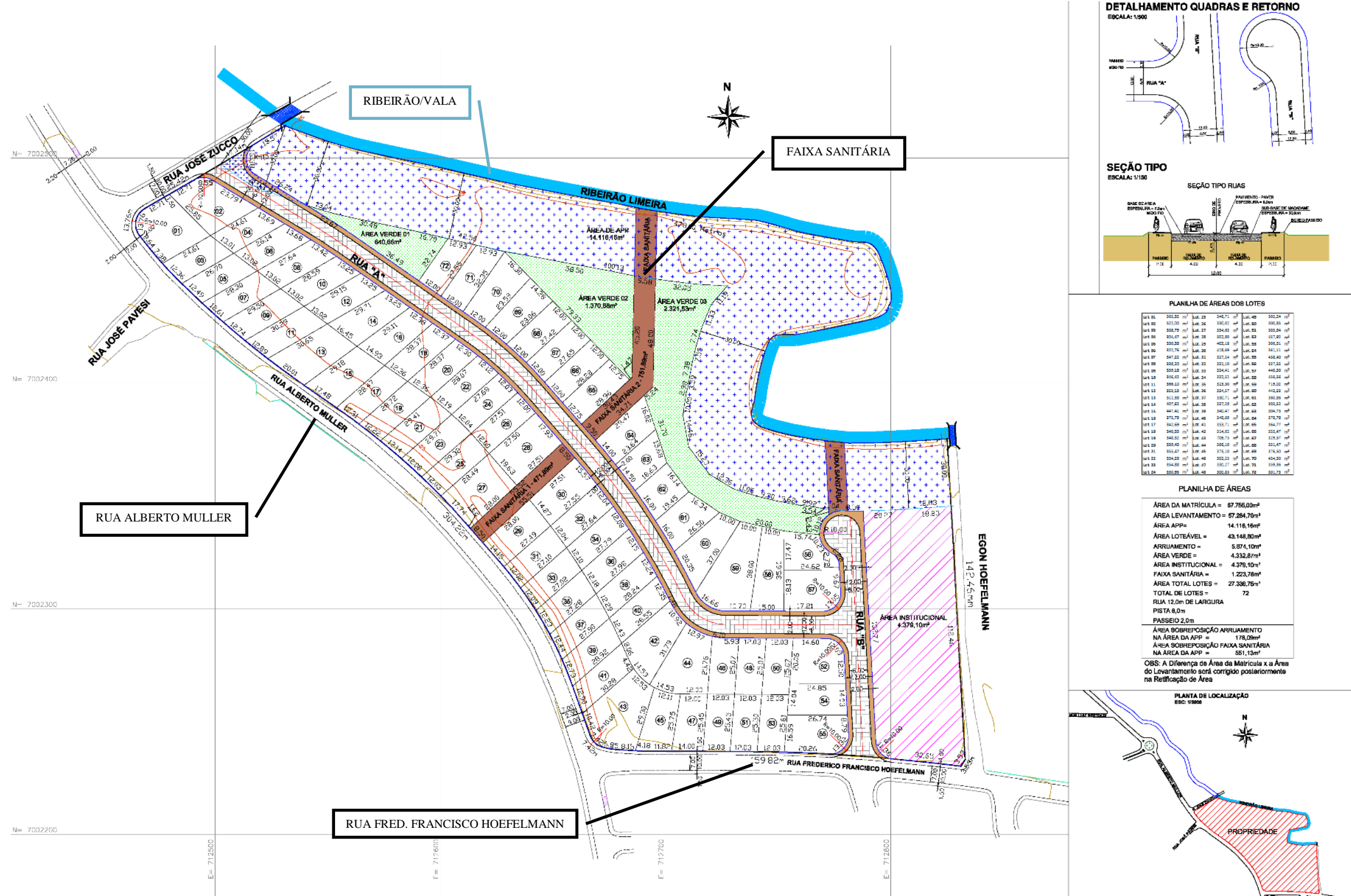
Projeto urbanístico

O projeto urbanístico é uma planta representativa do *layout* do loteamento, com a indicação dos lotes, ruas e das diferentes áreas que estão previstas no Plano Diretor da cidade.

Nesse caso, a base do projeto é o plano diretor de Brusque, que determina as dimensões mínimas dos lotes, áreas de preservação ambiental mínima, áreas de parques, praças (chamadas de área verde nos planos diretores) e também as dimensões mínimas das ruas. A Figura 8 apresenta a planta urbanística e a planilha de áreas do loteamento os detalhamentos das quadras, a seção tipo das ruas do projeto.

A matrícula do terreno que está registrada na Prefeitura do município possui uma área de 67.775,00 m². No entanto, na realidade foi levantada uma área de 57.264,76 m², com 43.148,60 m² de área de possível loteamento, a qual foi dividida em 72 lotes com média de 380 m², as áreas previstas no plano diretor são 14.116,16 m² de APP, 4.332,87 m² de Área Verde e 4.379,10 m² de Área Institucional.

Figura 8 – Planta Urbanística com a indicação das ruas, detalhamento das quadras, lotes e áreas específicas.



Fonte: Adaptado do Projeto Recebido (2018)

Projeto de terraplenagem e de drenagem

Os projetos de terraplenagem e drenagem foram realizados e necessários com o objetivo de terraplenar toda a plataforma do terreno e ainda, realizar melhorias para captação e condução das águas pluviais.

O terreno original encontrava-se aproximadamente na cota 25,00 que foi elevado com o serviço de terraplenagem para uma cota média de 25,50, resultando em aproximadamente 66.000 m³ de aterro.

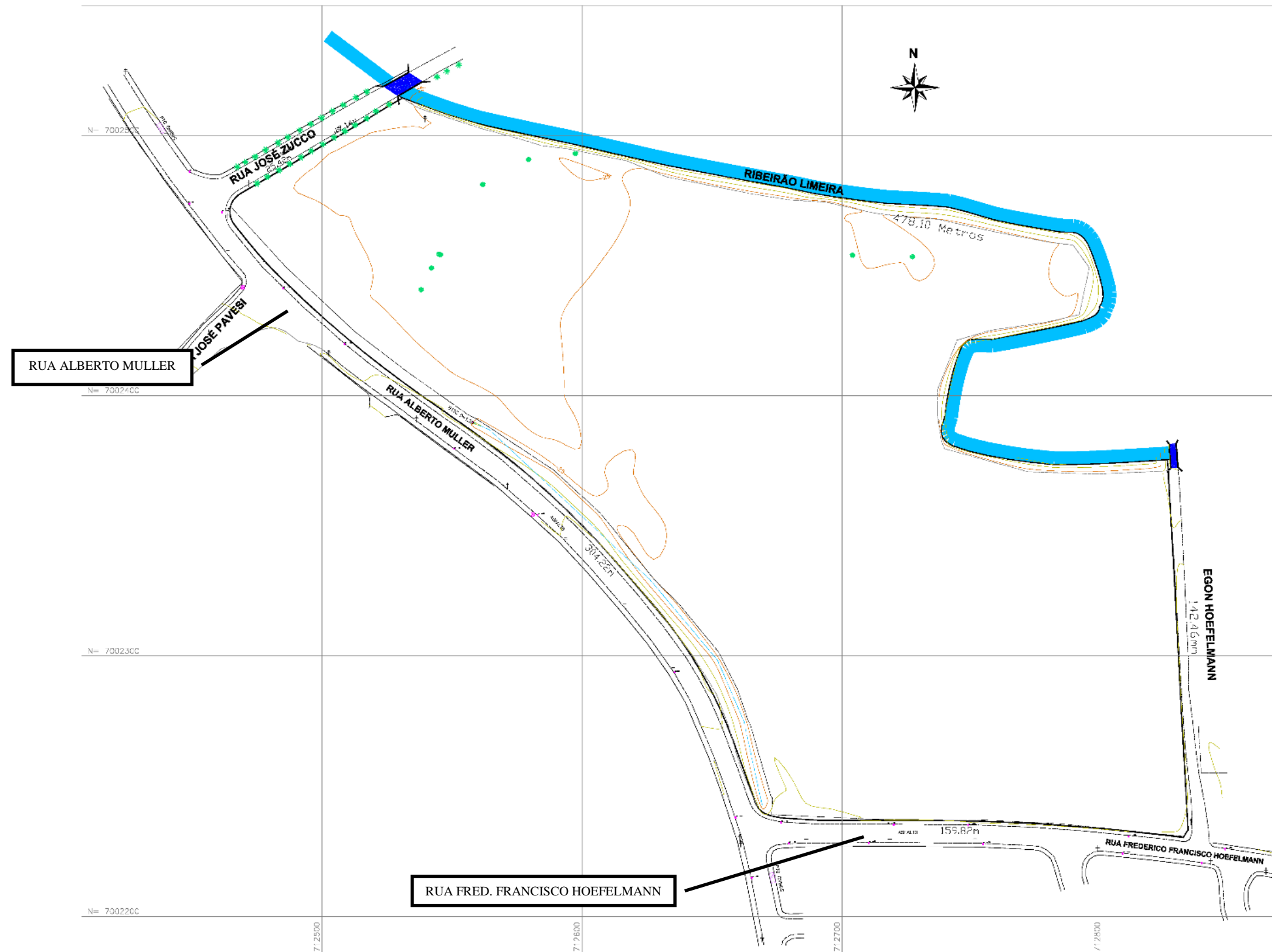
A exigência da Prefeitura do município, quanto à drenagem, foi que parte das águas provenientes da Rua Alberto Muller e deságuam na vala a céu aberto dentro do terreno, será encaminhada para a Rua Frederico Francisco Hoefelmann através de uma rede nova interligada por bocas de lobo. Outra melhoria incluída no projeto foi a implantação de uma caixa de ligação e passagem nova entre a rede que vem da Rua José Pavesi e a Rua Alberto Muller, interrompendo a entrada de águas do terreno onde será implantado o Loteamento. Desta forma, com a terraplenagem do loteamento, foi criada uma rede nova em parte da Rua Alberto Muller e encaminhada para os fundos do terreno através de faixa sanitária.

Os projetos de terraplenagem e drenagem foram desenvolvidos com apoio dos elementos topográficos levantados na fase de estudos e na Instrução de Serviço IS-208 e demais especificações correlacionadas do Departamento Estadual de Infraestrutura– DEINFRA/SC, constantes no manual de “Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários” (2017).

Além disto, por meio do projeto de terraplenagem foram definidas as seções transversais em corte e aterro, e a determinação, localização e distribuição dos volumes dos materiais destinados a terraplenagem da área.

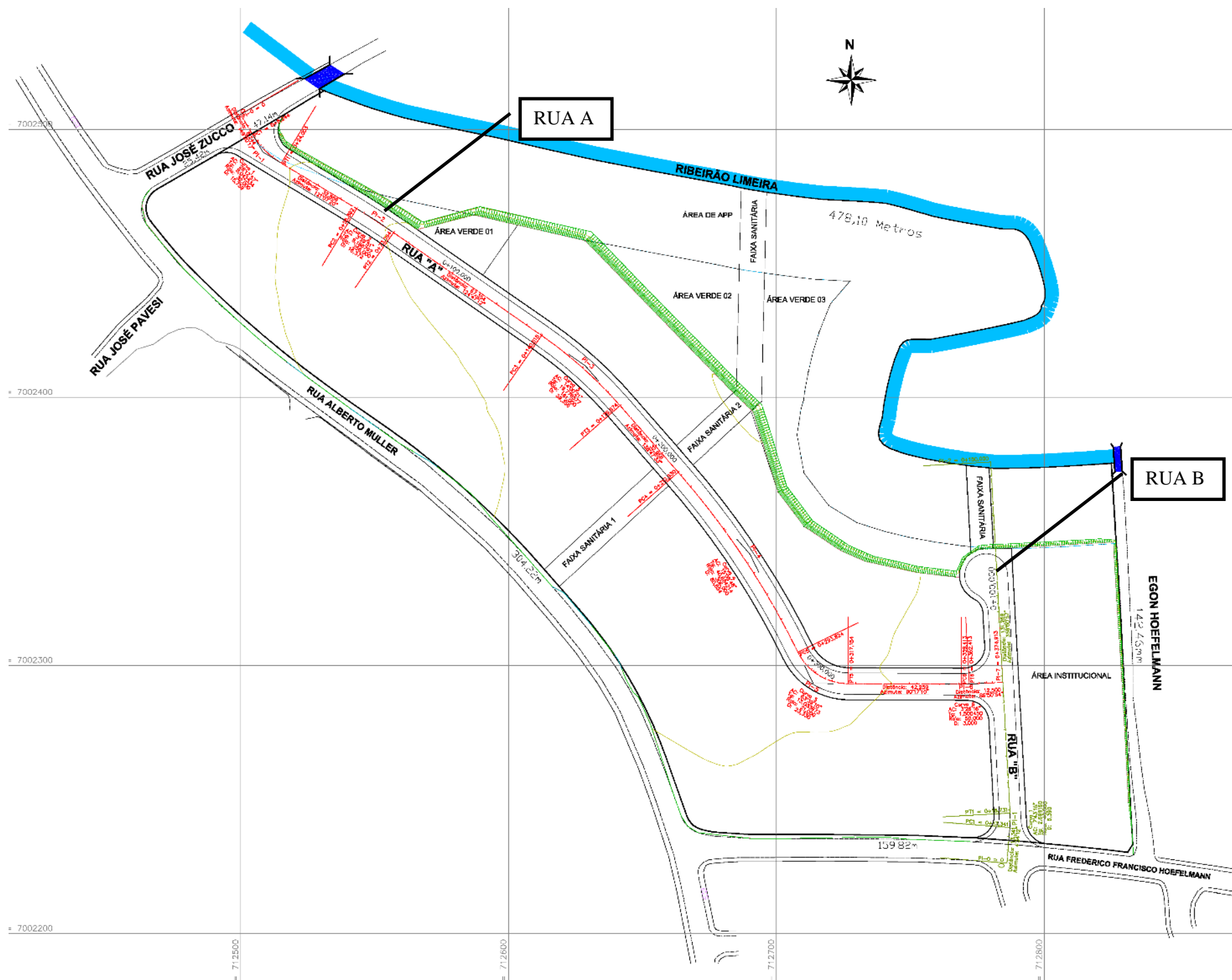
A empresa forneceu as plantas de levantamento topográfico e terraplenagem, que podem ser observadas na Figura 9 e na Figura 10 respectivamente, os perfis longitudinais (como por exemplo, o da RUA B, representado na Figura 11), e o modelo 3D de terraplenagem em arquivo AutoCAD, feito em *software* não compatível com BIM, que pode ser observado na Figura 12.

Figura 9 – Planta de levantamento topográfico – sem escala – área a ser loteada, ruas e ribeirão nos fundos do terreno



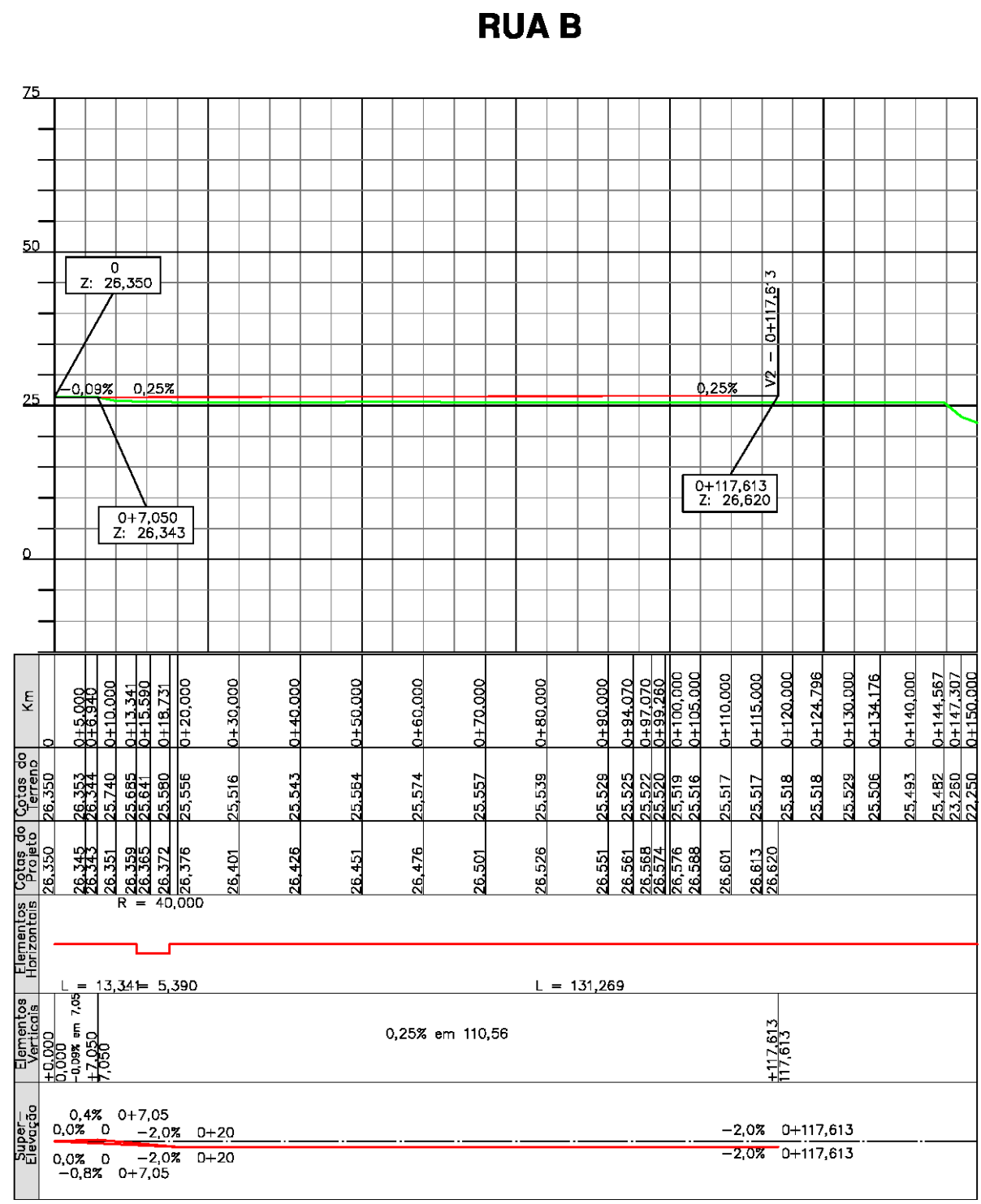
Fonte: Adaptado de projeto recebido da empresa (2018)

Figura 10 – Planta de terraplenagem – sem escala – indicação dos eixos da RUA A e RUA B



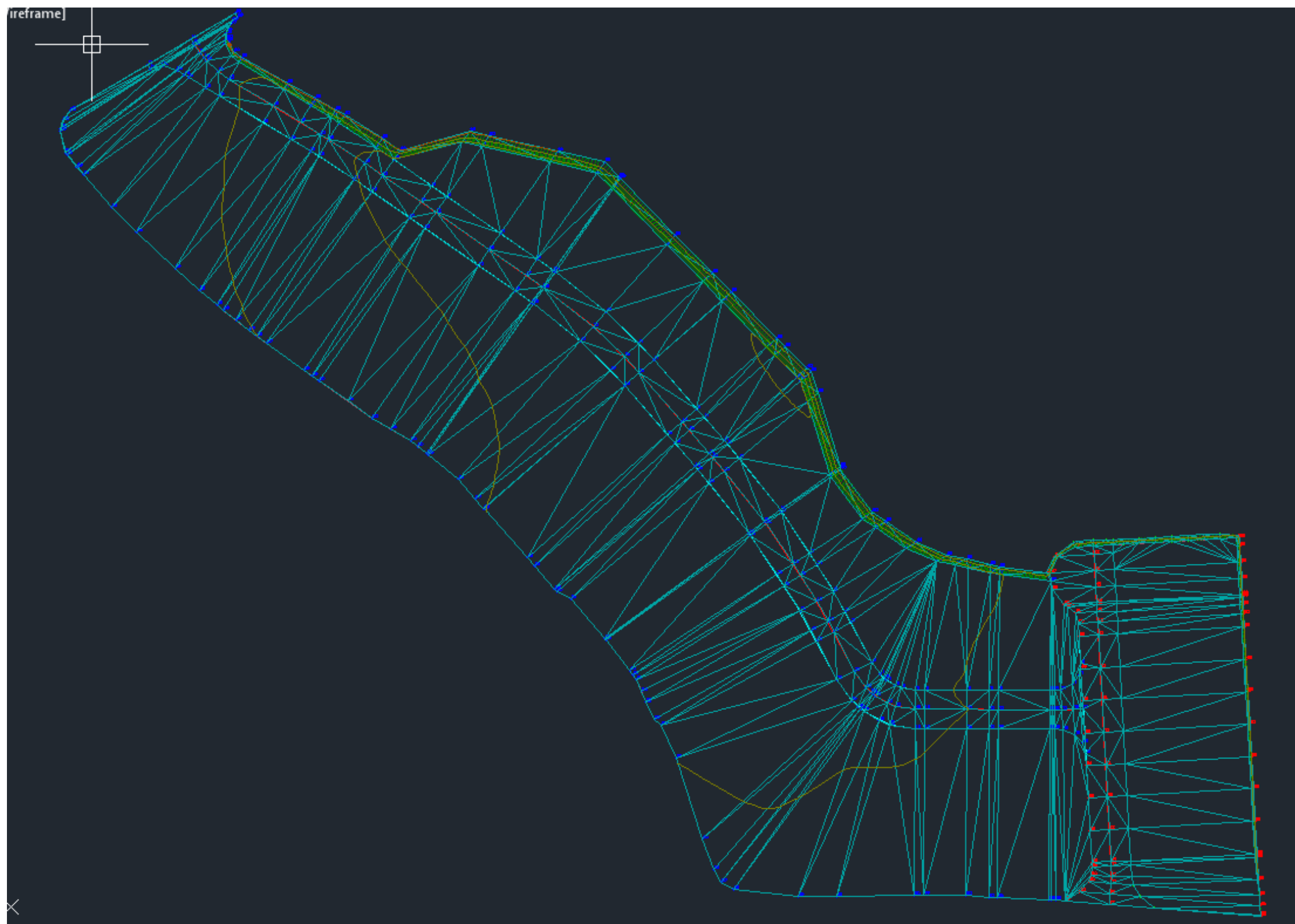
Fonte: Adaptado do projeto recebido da empresa (2018)

Figura 11 – Perfil Longitudinal RUA B – sem escala – Indicação das cotas do projeto e terreno original e informações geométricas



Fonte: Adaptado do projeto recebido da empresa (2018)

Figura 12 – Visualização em CAD do projeto de terraplenagem – malha triangular com elevações



Fonte: Gerado pelo autor (2018)

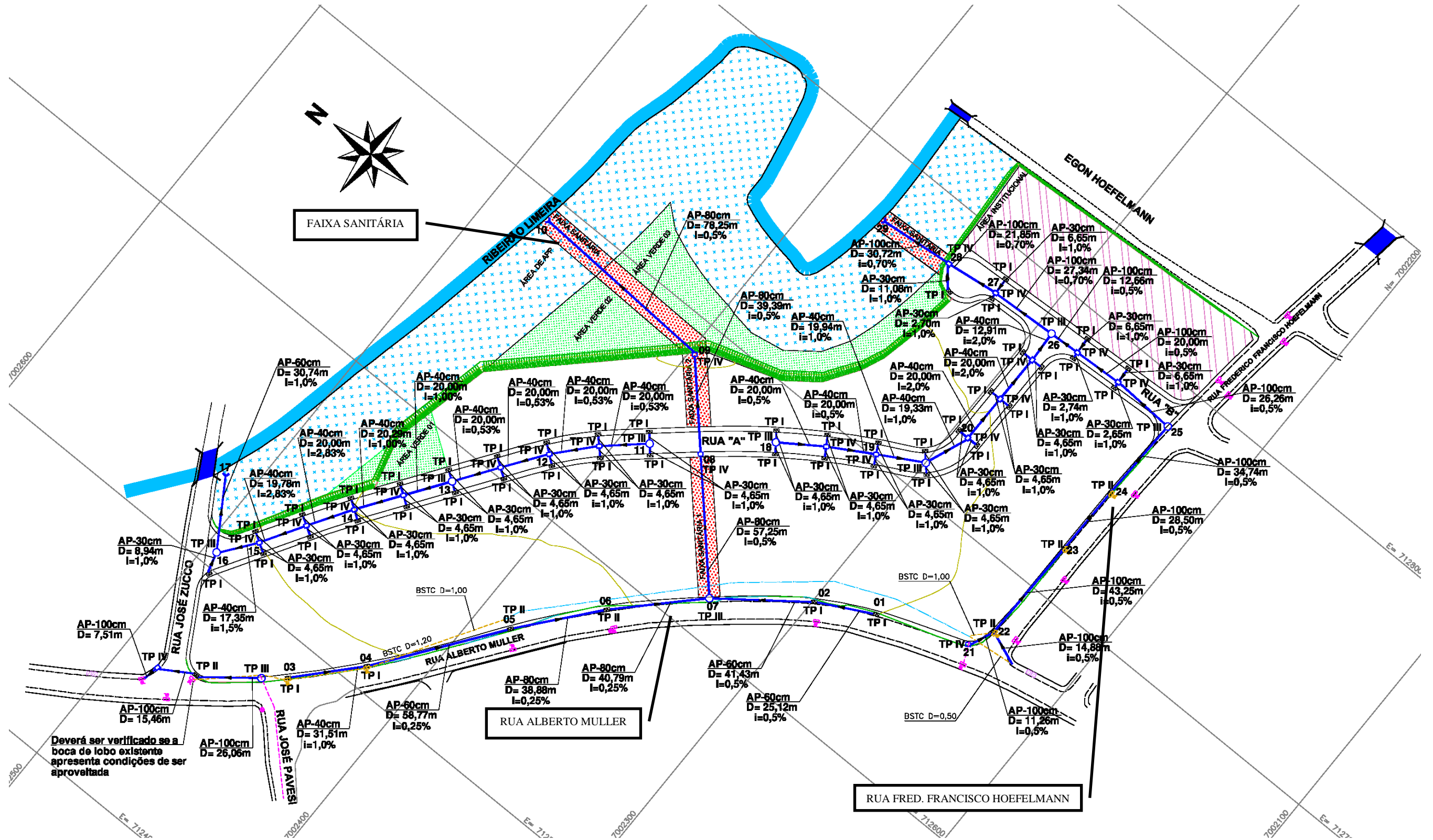
O sistema de drenagem proposto tem por objetivo conduzir as águas provindas da precipitação através de galerias existentes e projetadas nas ruas existentes e projetadas no loteamento. Os dispositivos de drenagem superficial e as galerias foram projetados a partir do estudo hidrológico realizado pela empresa e posteriormente cada tubulação foi dimensionada pelo método racional, como pode ser visto na Figura 13. Foi fornecida a planta baixa, os perfis com as tubulações e as plantas de detalhes tipo. Na Figura 14 está apresentada a planta baixa do projeto de drenagem e na Figura 15, o perfil longitudinal da RUA B.

Figura 13 – Tabela de dimensionamento das tubulações através do método racional

		25		GALERIA										
Trecho	Extensão (m)	Área "A" (Km ²)	tc (min)	i (mm/h)	C	Qp (m ³ /s)	I (m/m)	D (mm)	Dcom(mm)	Vp (m/s)	Coef. n.: 0,013			
											tp (min)	Observações		
1 - 2	25,12	14.701,36 x106	10,00	165,00	0,51	0,344	0,0050	550	600	1,536	0,273	GALERIA		
2 - 7	41,43	14.701,36 x106	10,27	165,00	0,51	0,344	0,0050	550	600	1,536	0,450	GALERIA		
3 - 4	31,51	8.348,07 x106	10,00	165,00	0,51	0,195	0,0100	391	400	1,658	0,317	GALERIA		
4 - 5	58,77	8.348,07 x106	10,32	165,00	0,51	0,195	0,0025	507	600	1,086	0,902	GALERIA		
5 - 6	38,88	24.341,87 x106	11,22	165,00	0,51	0,569	0,0025	757	800	1,316	0,492	GALERIA		
6 - 7	40,79	24.341,87 x106	11,71	165,00	0,51	0,569	0,0025	757	800	1,316	0,517	GALERIA		
7 - 8	57,25	39.043,23 x106	10,72	165,00	0,51	0,913	0,0050	794	800	1,861	0,513	GALERIA		
8 - 9	39,39	39.043,23 x106	11,23	165,00	0,51	0,913	0,0050	794	800	1,861	0,353	GALERIA		
9 - 10	78,25	39.043,23 x106	11,59	165,00	0,51	0,913	0,0050	794	800	1,861	0,701	GALERIA		
11 - 12	40,00	2.992,09 x106	10,00	165,00	0,51	0,070	0,0053	300	400	1,207	0,552	GALERIA		
12 - 13	40,00	5.670,29 x106	10,55	165,00	0,51	0,133	0,0053	381	400	1,207	0,552	GALERIA		
13 - 14	40,29	8.230,63 x106	11,10	165,00	0,51	0,192	0,0100	389	400	1,658	0,405	GALERIA		
14 - 15	39,78	9.846,61 x106	11,51	165,00	0,51	0,230	0,0150	385	400	2,030	0,327	GALERIA		
15 - 16	17,35	10.506,51 x106	11,84	165,00	0,51	0,246	0,0200	374	400	2,345	0,123	GALERIA		
16 - 17	30,74	11.701,44 x106	11,96	165,00	0,51	0,274	0,0100	444	600	2,172	0,236	GALERIA		
18 - 19	40,00	3.836,92 x106	10,00	165,00	0,51	0,090	0,0050	332	400	1,172	0,569	GALERIA		
19 - 20	39,27	6.551,62 x106	10,57	165,00	0,51	0,153	0,0100	357	400	1,658	0,395	GALERIA		
20 - 26	52,91	9.456,12 x106	10,96	165,00	0,51	0,221	0,0200	360	400	2,345	0,376	GALERIA		
21 - 22	11,26	66.167,57 x106	10,00	165,00	0,51	1,547	0,0050	967	1000	2,159	0,087	GALERIA		
22 - 23	43,25	66.167,57 x106	10,09	165,00	0,51	1,547	0,0050	967	1000	2,159	0,334	GALERIA		
23 - 24	28,50	71.991,32 x106	10,42	165,00	0,51	1,683	0,0050	998	1000	2,159	0,220	GALERIA		
24 - 25	34,74	71.991,32 x106	10,64	165,00	0,51	1,683	0,0050	998	1000	2,159	0,268	GALERIA		
25 - 26	58,92	71.991,32 x106	10,91	165,00	0,51	1,683	0,0050	998	1000	2,159	0,455	GALERIA		
26 - 27	27,34	85.378,87 x106	11,34	165,00	0,51	1,996	0,0070	999	1000	2,555	0,178	GALERIA		
27 - 28	21,85	85.378,87 x106	11,52	165,00	0,51	1,996	0,0070	999	1000	2,555	0,143	GALERIA		
28 - 29	30,72	85.378,87 x106	11,66	165,00	0,51	1,996	0,0070	999	1000	2,555	0,200	GALERIA		
		1.008,31												
		D400 (mm)	341,11											
		D600 (mm)	156,06											
		D800 (mm)	254,56											
		D1000 (mm)	256,58											
		TOTAL	1.008,31											

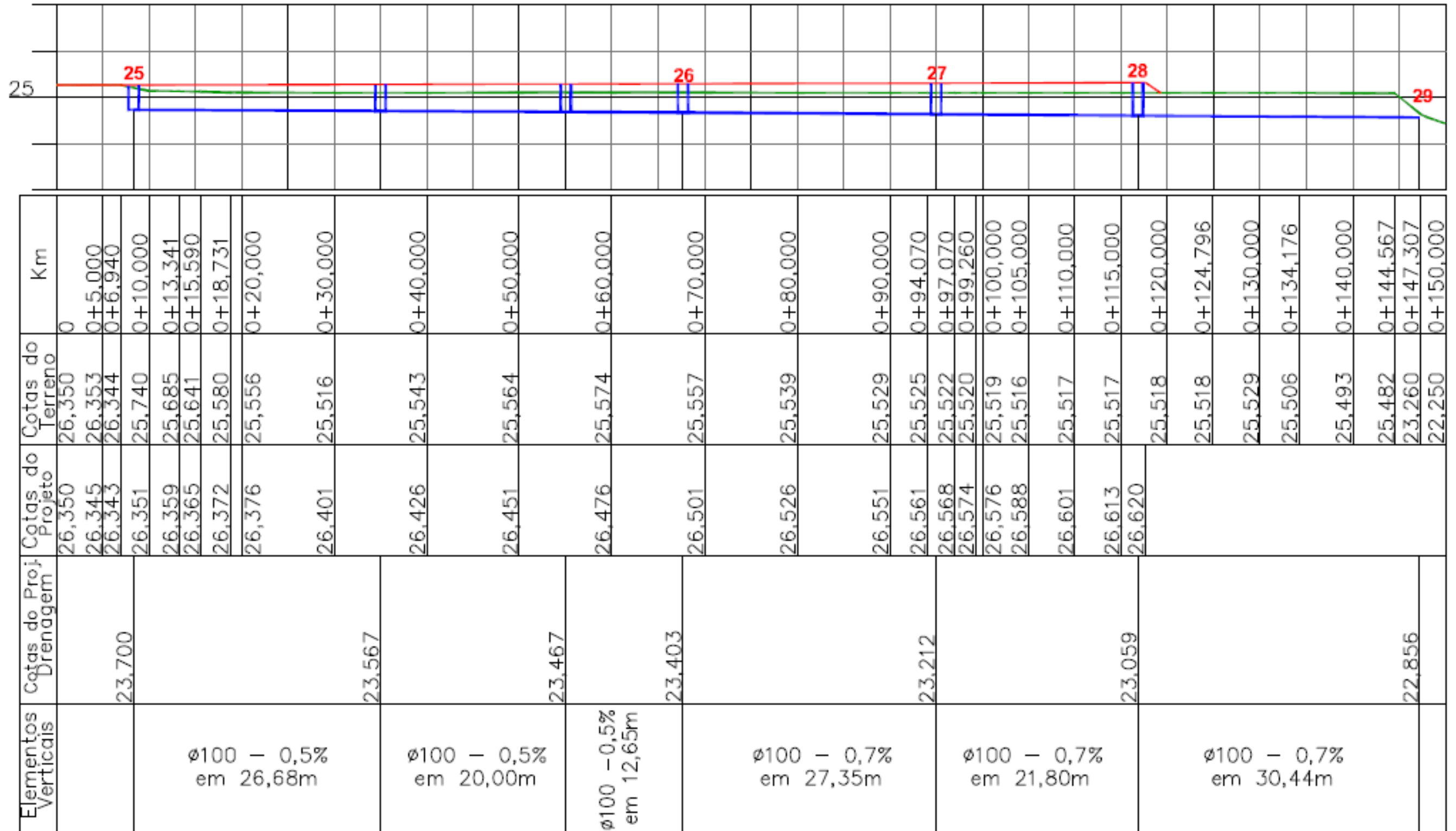
Fonte: Adaptado do memorial descritivo (2018)

Figura 14 – Planta do projeto de drenagem – sem escala – indicação das tubulações e estruturas, assim como das cotas e inclinações



Fonte: Adaptado do projeto recebido da empresa (2018)

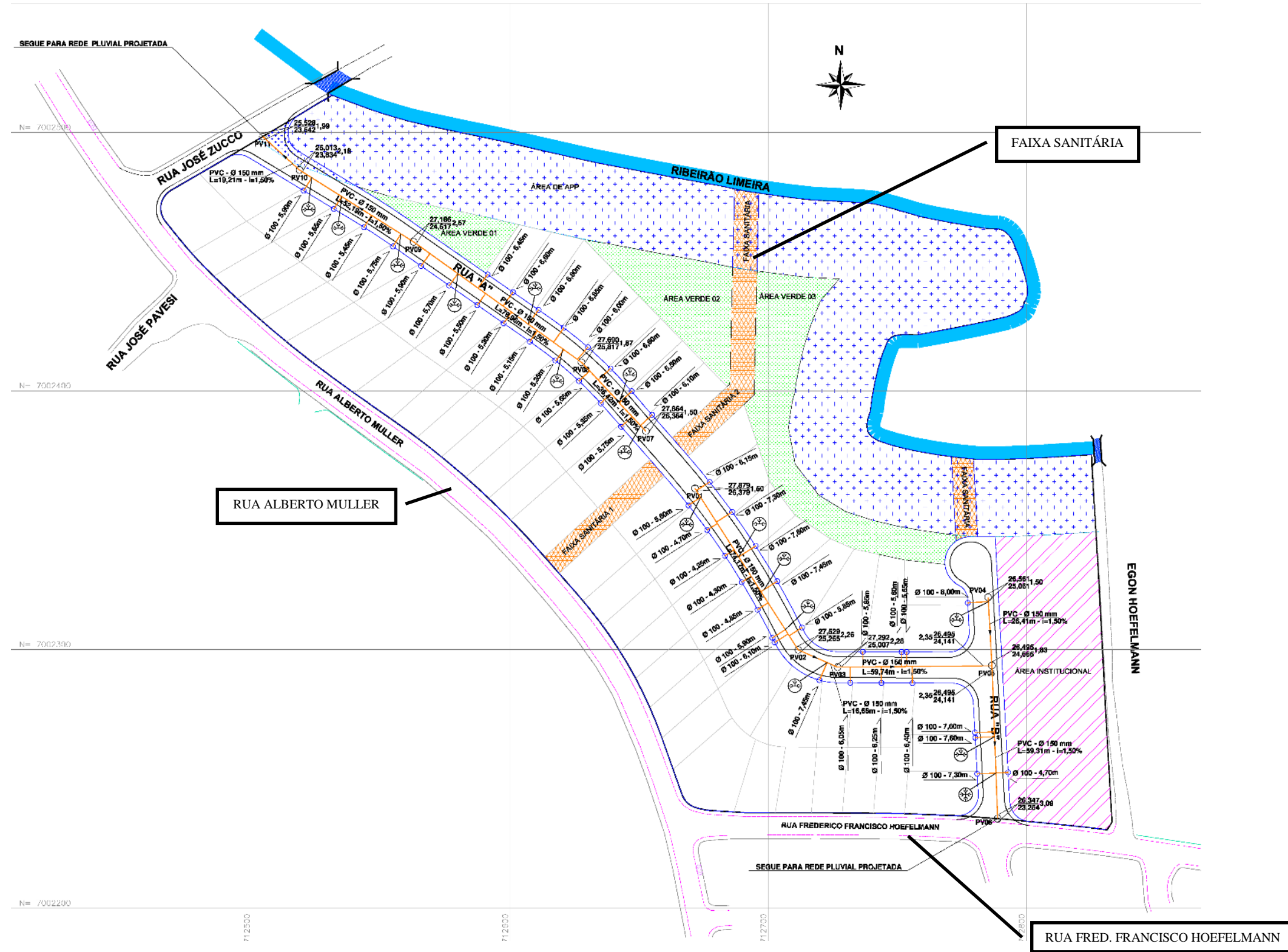
Figura 15 – Perfil longitudinal de drenagem RUA B – sem escala – visualização em perfil das tubulações e estruturas, indicação das cotas e inclinações



Fonte: Adaptado do projeto recebido da empresa (2018)

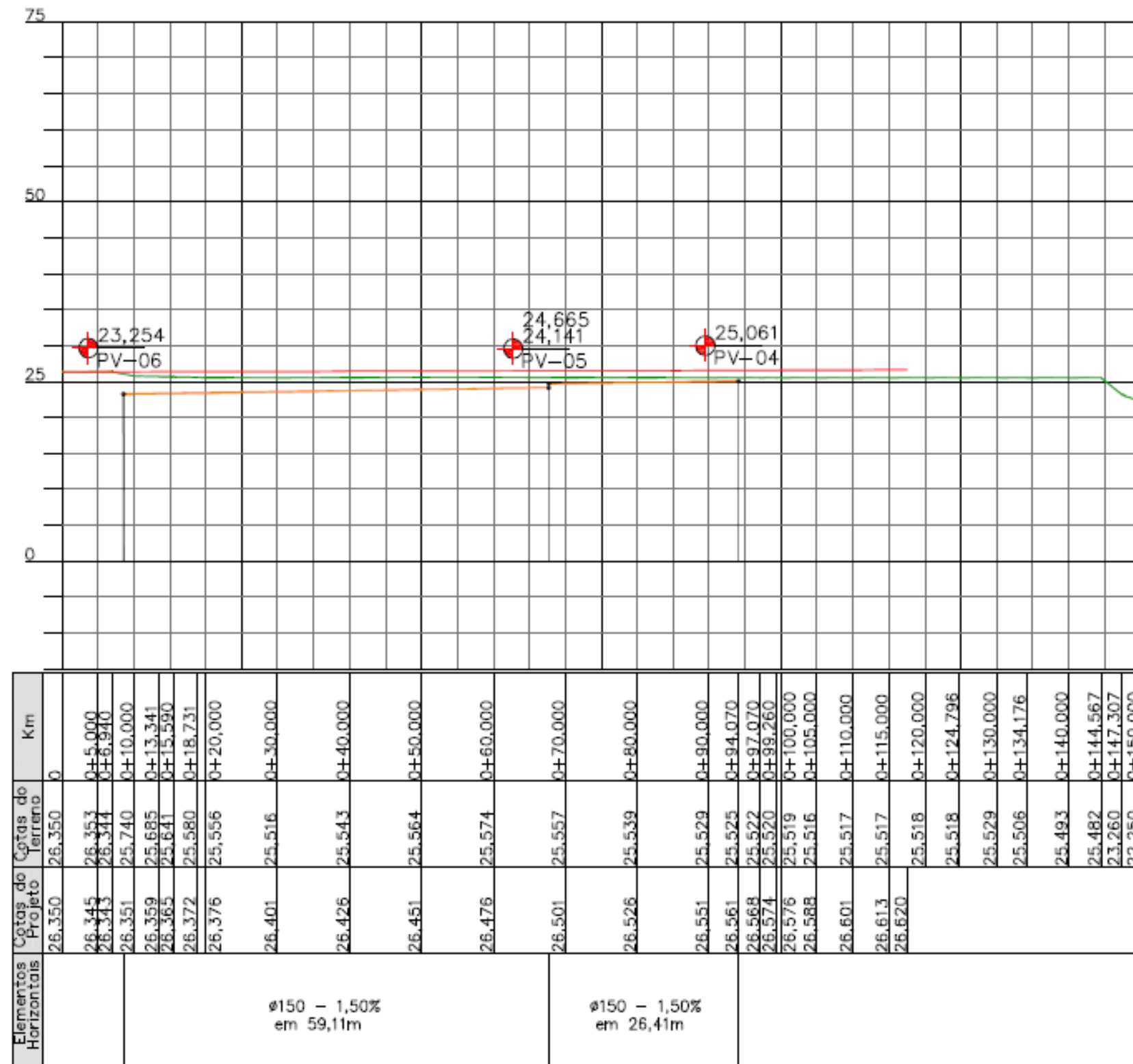
A rede coletora de esgoto projetada é simples, assentada pelo eixo da rua na Rua A e pelo terço oposto na Rua B, com profundidade mínima de 1,50 m. O diâmetro será de 100 mm nos arruamentos transversais e de 150 mm para a rede principal. A rede coletora será previamente ligada na rede pluvial projetada nas ruas Frederico Francisco Hoefelmann e José Zucco, por não haver atualmente rede pública nas proximidades locais. No entanto, a empresa informou que a rede de esgoto projetada para o loteamento passará a ser ligada na rede pública quando a mesma for construída - a Figura 16 mostra o projeto de esgoto onde se observa a localização das tubulações e poços de visita e suas respectivas cotas e inclinações e na Figura 17 o perfil longitudinal da RUA B.

Figura 16 - Planta do projeto de esgoto – sem escala – indicação das tubulações e estruturas, assim como das cotas e inclinações



Fonte: Adaptado do projeto recebido da empresa (2018)

Figura 17 - Perfil longitudinal de esgoto da RUA B – sem escala – visualização em perfil das tubulações e estruturas, indicação das cotas e inclinações



Fonte: Adaptado do projeto recebido da empresa (2018)

4. RESULTADOS

A análise dos resultados foi feita principalmente a partir da comparação do modelo atual de desenvolvimento de projetos na empresa com o método BIM proposto com o uso do AutoCad Civil 3D. Inicialmente são destacadas as principais dificuldades existentes no método atual e, posteriormente, explicadas as soluções e vantagens caso o uso do BIM fosse utilizado.

Observou-se que principal ponto fraco da rotina adotada pela empresa reside na falta de troca de informações entre os profissionais responsáveis por cada projeto e etapa para execução do loteamento.

Na rotina de elaboração dos projetos, cada pessoa é responsável por um projeto e não existe um meio ou modelo pré-definido para a comunicação e troca de informações ocorrerem. Trata-se de um trabalho individual e ainda, da forma como os projetos estão elaborados (formato de desenho), não há uma forma de integração entre esses, passível de toda a equipe acompanhar eventuais e costumeiras mudanças.

Neste caso, qualquer mudança realizada nos projetos, que estão todos interligados, precisa ser informada verbalmente entre os integrantes da empresa devido à falta de um sistema informatizado para este fim. Essa dependência ocasiona divergências e retrabalhos nos projetos, que aumentam os custos para a empresa.

Devido às escolhas dos clientes, muitas vezes não são feitos todos os estudos necessários do terreno, que diminuiriam as chances de ocorrências de problemas em obra que também causam retrabalhos. Essas mudanças em obra acabam sendo problemáticas pois são os projetos executivos, já aprovados nas prefeituras, que precisam de alterações, que quando não se usa o BIM é um processo lento e oneroso devido à grande quantidade de detalhes. Por exemplo, mudanças no serviço de terraplenagem na obra, ao serem indicadas nos projetos, afetam também os projetos das redes de infraestrutura, sendo necessário que se atualizem todas as cotas e perfis manualmente.

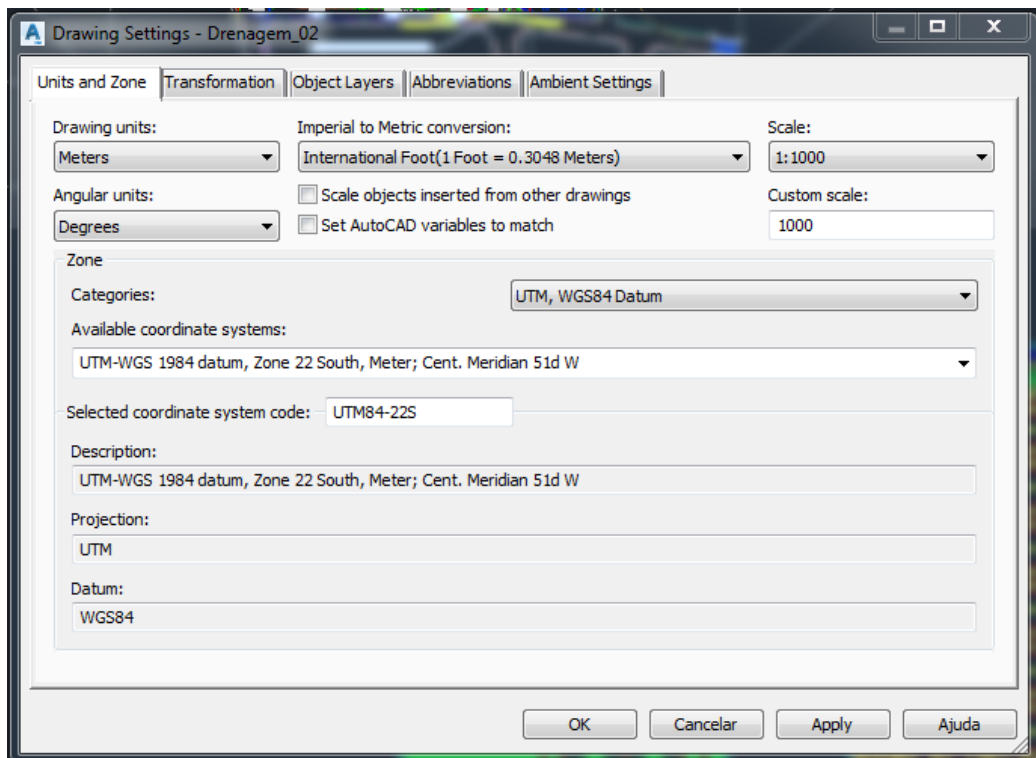
A elaboração dos projetos das redes de infraestrutura, tanto de drenagem quanto de esgoto, está totalmente interligada ao projeto de terraplenagem. As diretrizes e normas definem profundidades e inclinações mínimas que as tubulações devem possuir, e isso depende totalmente das cotas do projeto de terraplenagem. É um processo iterativo de adequação das tubulações e do terreno, que no método atual de projeto, depende de informações em arquivos separados que precisam ser atualizados a cada mudança feita, o que abre espaço para o erro humano.

Quanto ao projeto urbanístico, em sua elaboração em si, o processo de desenho é o mesmo no método atual e com o BIM. É na retirada das informações e elaborações dos relatórios para os órgãos responsáveis e prefeituras que se encontram as maiores dificuldades e gasto de tempo, devido a não existir uma forma dinâmica de calcular áreas, fazer tabelas, calcular azimutes de segmentos.

Em relação ao BIM, a modelagem dos projetos foi inicialmente feita no software da Autodesk Civil 3D 2018, pois como explicado anteriormente possui todas as ferramentas necessárias que desejamos nesse projeto.

Na modelagem BIM, uma informação que pode ser fornecida ao software é a localização geográfica da obra, editando a configuração do arquivo. Nesse caso, por estar localizado em Santa Catarina, foi escolhida a Zona UTM 22s do sistema WGS84. Essa possibilidade é interessante em relação ao uso do CAD convencional, uma vez que permite trabalhar diretamente sobre o mapa ou fotografia aérea, o que ajuda na criação de mapas de localização e entendimento dos arredores da obra, assim como a verificação dos elementos levantados pela equipe de topografia, que devem estar de acordo com a imagem. É possível visualizar essa ferramenta na Figura 18.

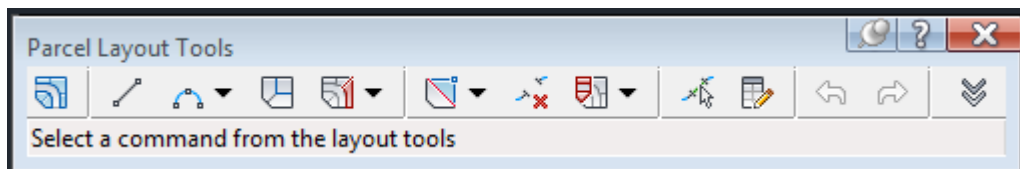
Figura 18 – Configurações do desenho no Civil 3D



Fonte: Autor (2018)

A modelagem da planta urbanística do Loteamento é feita com a ferramenta *Parcel Layout Tools*. Essa ferramenta permite considerar “parcelas de áreas” como objetos com informações. Na modelagem desse projeto, foram criadas parcelas a partir dos objetos já existentes no projeto urbanístico. Em relação aos lotes, a principal vantagem do uso do BIM é a possibilidade de retirada informações, através de tabelas ou relatórios, de sua área, direção e comprimento de todos os segmentos e curvas que compõem cada uma de maneira simples e dinâmica. Quando se trabalha apenas com CAD, esse processo, além de manual e demorado, gera dificuldades quando há necessidade de alterar o projeto. A ferramenta *Parcel Layout Tools* está representada na Figura 19.

Figura 19 – Ferramenta Parcel Layout Tools do Civil 3D



Fonte: Autor (2018)

A Figura 20 apresenta uma tabela das áreas dos lotes e a Figura 21 um relatório gerado a partir de um lote. É importante comentar a agilidade desse processo quando comparado ao método tradicional. Com as tabelas e relatórios previamente configurados, é possível gera-los com apenas um clique. As tabelas são dinâmicas, ou seja, qualquer mudança no desenho será atualizada automaticamente na tabela, evitando erros e retrabalho.

Figura 20 – Tabela de áreas – informações dinâmicas de área e perímetro

ÁREA DOS LOTES		
Nº LOTE	ÁREA (m ²)	PERÍMETRO (m)
61	360.86	76.290
62	303.52	70.220
63	304.76	72.447
64	379.77	83.119
65	364.77	82.738
66	335.47	79.932
67	329.57	79.060
68	331.48	79.488
69	378.51	83.933
70	434.50	90.239
71	359.36	84.819

Fonte: Autor (2018)

Figura 21 – Relatório descritivo gerado no Civil 3D do LOTE 11- informações de coordenadas, ângulos e comprimentos dos segmentos dos lotes

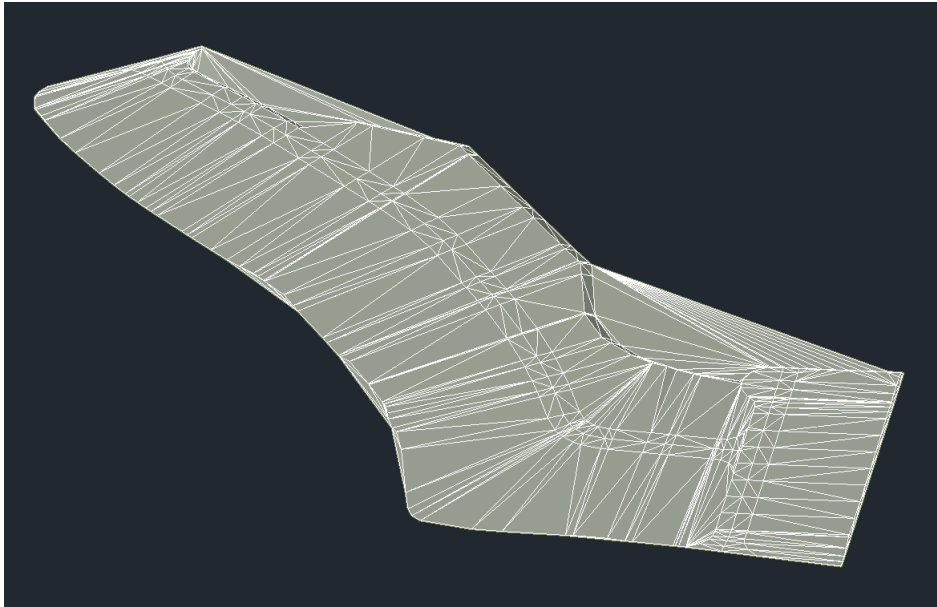
Descritivo do Lote 11

Esta descrição inicia-se no ponto alocado na coordenada N= 7002411.055 com a coordenada E= 712523.318 ;
Deste ponto segue em curva a direita, com um raio de 410.000 metros, apresentando um ângulo de 01° 48' 04.23", e cuja direção da corda possui N 51-30-21.448 W por uma distância de 12.888 metros ;
Segue com azimute 30-6-28.664 por uma distância de 30.291 metros até o próximo ponto ;
Segue com azimute 322-59-5.725 por uma distância de 13.024 metros até o próximo ponto ;
Segue com azimute 210-6-28.664 por uma distância de 30.652 metros até o próximo ponto que é ponto inicial deste Lote.
Perfazendo assim uma área de 366.093 m² ou (0.037 hectares) e um perímetro de 86.856m.

Fonte: Autor (2018)

Também é possível no BIM realizar a modelagem do terreno original, que é feita a partir dos dados de levantamento topográfico. Essa fase é importante, pois em um projeto de redes de infraestrutura em BIM todas as tubulações e estruturas precisam de uma superfície de referência. Isso serve para que se possam retirar as informações relacionadas às cotas verticais posteriormente. A seguir, com base no modelo 3D em CAD disponibilizado pela empresa, foi modelada a superfície de terraplenagem do loteamento, que nesse caso representará uma área de aterro. O resultado do terreno proposto pode ser observado na Figura 22. No caso desse projeto, as tubulações usaram essa superfície final de terraplenagem como referência de suas cotas.

Figura 22 – Modelo 3D da superfície de terraplenagem



Fonte: Autor (2018)

É possível fazer a comparação das superfícies de terraplenagem e aterro para determinar as quantidades de material. Essa comparação pode ser dinâmica, ou seja, é possível alterar a superfície e visualizar as alterações nos valores de corte e aterro automaticamente.

Com base nos eixos de terraplenagem, criaram-se alinhamentos, que no *software* são linhas de referência, das quais se podem tirar informações de estaqueamento e também é a partir deles que são criados os perfis longitudinais. A criação dos perfis é feita com a ferramenta “*Create Profile View*”, e com ela foram criados oito perfis, que permitem a visualização em corte das diferentes superfícies e também das tubulações e estruturas das redes.

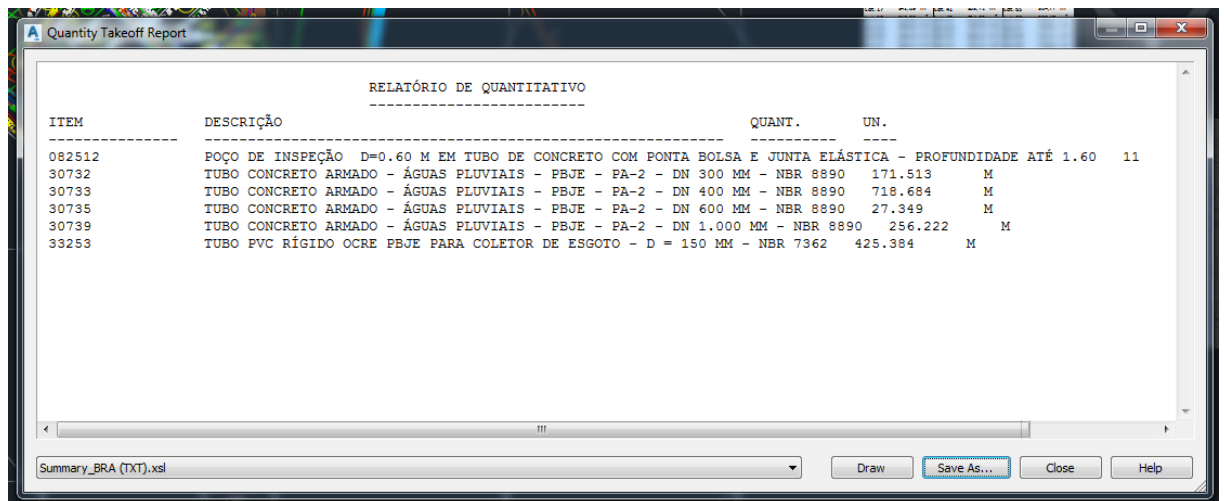
Foi utilizada a ferramenta “*Pipe Network Tools*” para a modelagem das redes de infraestrutura. A modelagem das redes de drenagem e esgoto é feita da mesma forma, com essa ferramenta. Definiram-se duas listas de partes (“*part list*” no *software*) das tubulações e estruturas que seriam necessárias no projeto, uma para as redes de drenagem e outra para a rede de esgoto. Em sua modelagem, as redes devem sempre seguir o sentido de montante a jusante, pois conforme o usuário “desenha” o *software* automaticamente insere a informação de declividade da tubulação. A partir dos parâmetros e regras definidos para cada tubulação e estrutura, e com base no projeto fornecido, foram desenhadas todas as redes. Com as redes desenhadas, é possível desenhá-las automaticamente nos respectivos perfis.

Esse processo dinâmico, onde as alterações feitas na planta se refletem no resto do projeto, ou seja, ao se alterar a planta, os perfis são modificados de acordo automaticamente,

facilita e centraliza o trabalho em um único arquivo. Diferente do trabalho em CAD, não é preciso calcular manualmente nenhuma cota, declividade ou comprimento, pois com o uso do BIM, todos os objetos já possuem essas informações.

Ainda é possível definir um *pay item* para cada tipo de tubulação e estrutura, a partir de uma lista de objetos pré-definida, que é uma característica que o *Autocad Civil 3D* permite dar aos objetos para que sejam quantificados. Com essa característica definida, é possível gerar tanto arquivos de texto como planilhas de maneira automática. Como exemplo, foram retirados os quantitativos das tubulações em formato de texto, como pode ser visto na Figura 23 e de planilha Excel, que pode ser observado na Figura 24:

Figura 23 – Quantitativo das tubulações em arquivo de texto

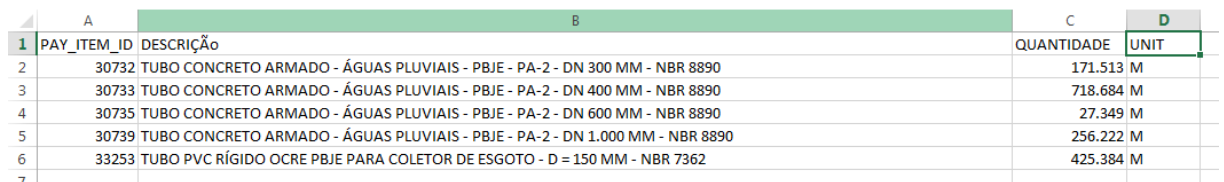


The screenshot shows a window titled 'Quantity Takeoff Report' with a text-based table. The table has four columns: ITEM, DESCRIÇÃO, QUANT., and UN. The data is as follows:

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.	UN.
082512	POÇO DE INSPEÇÃO D=0.60 M EM TUBO DE CONCRETO COM PONTA BOLSA E JUNTA ELÁSTICA - PROFUNDIDADE ATÉ 1.60	11	
30732	TUBO CONCRETO ARMADO - ÁGUAS PLUVIAIS - PBJE - PA-2 - DN 300 MM - NBR 8890	171.513	M
30733	TUBO CONCRETO ARMADO - ÁGUAS PLUVIAIS - PBJE - PA-2 - DN 400 MM - NBR 8890	718.684	M
30735	TUBO CONCRETO ARMADO - ÁGUAS PLUVIAIS - PBJE - PA-2 - DN 600 MM - NBR 8890	27.349	M
30739	TUBO CONCRETO ARMADO - ÁGUAS PLUVIAIS - PBJE - PA-2 - DN 1.000 MM - NBR 8890	256.222	M
33253	TUBO PVC RÍGIDO OCRE PBJE PARA COLETOR DE ESGOTO - D = 150 MM - NBR 7362	425.384	M

Fonte: Autor (2018)

Figura 24 – Quantitativos das tubulações em Excel



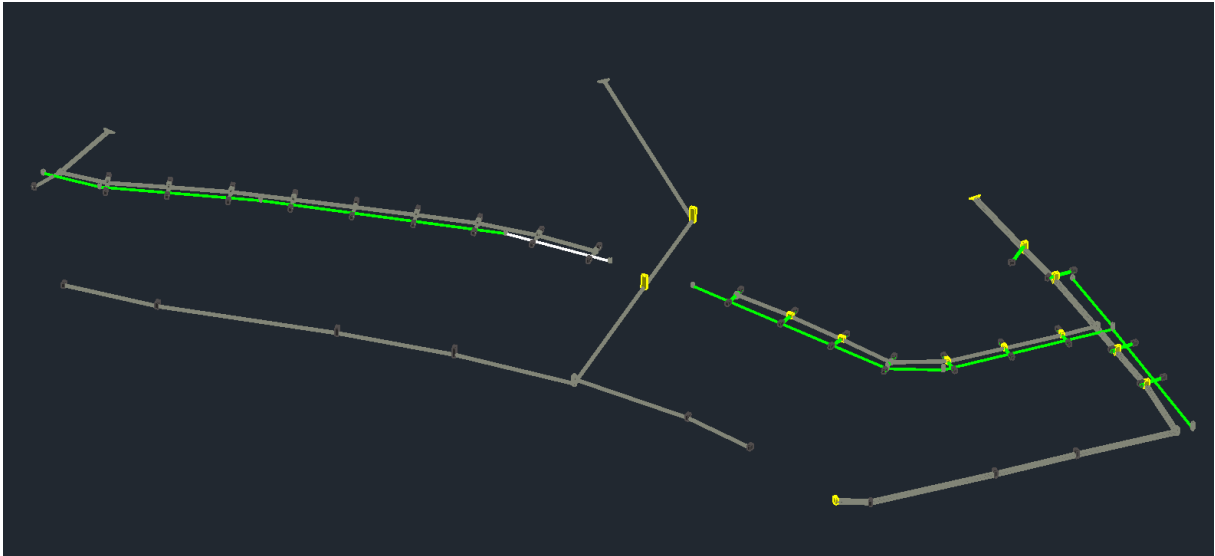
The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

PAY_ITEM_ID	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIT
30732	TUBO CONCRETO ARMADO - ÁGUAS PLUVIAIS - PBJE - PA-2 - DN 300 MM - NBR 8890	171.513	M
30733	TUBO CONCRETO ARMADO - ÁGUAS PLUVIAIS - PBJE - PA-2 - DN 400 MM - NBR 8890	718.684	M
30735	TUBO CONCRETO ARMADO - ÁGUAS PLUVIAIS - PBJE - PA-2 - DN 600 MM - NBR 8890	27.349	M
30739	TUBO CONCRETO ARMADO - ÁGUAS PLUVIAIS - PBJE - PA-2 - DN 1.000 MM - NBR 8890	256.222	M
33253	TUBO PVC RÍGIDO OCRE PBJE PARA COLETOR DE ESGOTO - D = 150 MM - NBR 7362	425.384	M

Fonte: Autor (2018)

O modelo 3D das redes pode ser visualizado na Figura 25.

Figura 25 – Visualização 3D das redes de drenagem e esgoto modeladas no Civil 3D



Fonte: Autor (2018)

Resumindo, algumas das principais vantagens do Civil 3D em relação a um programa CAD observadas foram:

- A facilidade de retirada de informações: o Civil 3D permite a geração de tabelas e relatórios de forma automática de todos os elementos que constituem os projetos;
- A atualização dinâmica dos elementos: qualquer mudança feita na geometria dos elementos é automaticamente alterada também nas tabelas, legendas, cotas, ou qualquer lugar que essa informação apareça, o que diminui o retrabalho e a chance de erro do usuário.

Para esse projeto também foi realizada uma análise de compatibilidade entre as redes de infraestrutura, através de uma ferramenta de análise de interferências disponível no próprio Civil 3D 2018. Como resultado dessa verificação, o programa informa uma lista com todos os locais onde, de acordo com os critérios de proximidade escolhidos, no caso, em situações que houvesse uma distância inferior a 0,5 m entre objetos de redes distintas, seria considerado que as redes apresentam interferências entre si, o que pode ser observado na Figura 26.

Figura 26 – Tabela de interferências

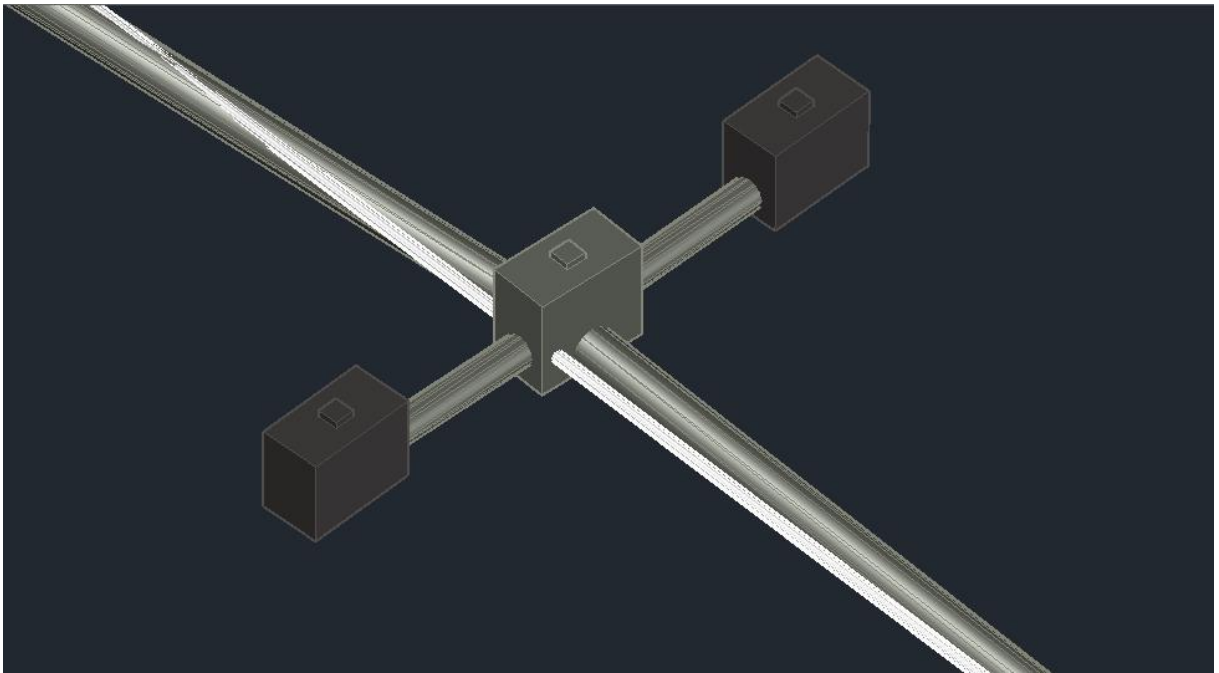
Status	Name	Descripti...	Style	Network ...	Network ...	Render ...	Location
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	31/ REDE ES	Tubo de co	ByBlock	(712518.46
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	30/ REDE ES	Tubo de co	ByBlock	(712562.55
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	29/ REDE ES	Tubo de co	ByBlock	(712627.43
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	10/ REDE - 1	ByBlock	(712506.80
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	Tubo de co	ByBlock	(712507.37
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	Tubo de co	ByBlock	(712513.10
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	9/ REDE - 1	ByBlock	(712520.24
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	8/ REDE - 1	ByBlock	(712536.96
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	7/ REDE - 1	ByBlock	(712553.90
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	Tubo de co	ByBlock	(712520.10
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	Tubo de co	ByBlock	(712520.40
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	Tubo de co	ByBlock	(712536.89
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	Tubo de co	ByBlock	(712537.18
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	Tubo de co	ByBlock	(712553.81
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	Tubo de co	ByBlock	(712554.14
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	Tubo de co	ByBlock	(712519.40
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	Tubo de co	ByBlock	(712528.66
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	Tubo de co	ByBlock	(712545.57
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	Tubo de co	ByBlock	(712558.32
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	6/ REDE - 1	ByBlock	(712570.66
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	5/ REDE - 1	ByBlock	(712587.19
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	4/ REDE - 1	ByBlock	(712603.32
✓	INTERFERÊNCIA		Standard	150 mm PV	3/ REDE - 1	ByBlock	(712619.55

Fonte: Autor (2018)

Nesse caso, devido a exigências da prefeitura local, houve erro de projeto e as redes foram traçadas uma por cima da outra, sendo possível observar que o programa indica muitas interferências.

Como se pôde perceber após a modelagem dos projetos, as redes de drenagem e esgoto foram ambas projetadas passando pelo eixo da Rua A, então em diversos trechos, como pode ser observado na Figura 27, as redes ocupavam o mesmo lugar. Como solução, as redes foram deslocadas para os “terços” opostos da rua, ou seja, eixos distantes 1/3 da largura da rua do eixo principal.

Figura 27- Detalhe mostrando tubulação da rede de esgoto (em branco) atravessando estruturas e tubulação da rede de drenagem (em cinza)



Fonte: Autor (2018)

Nesse ponto, é importante ressaltar as vantagens do BIM em relação aos métodos tradicionais de projeto: com o BIM, ao deslocar na planta os elementos das redes, essas mudanças automaticamente são atualizadas nos perfis, modelos de visualização 3D e tabelas, enquanto quando se trabalha com um programa de CAD comum, seria necessário fazer todas essas mudanças manualmente, incluindo todos os cálculos necessários para determinar profundidades, cota de topo, o que é um grande trabalho manual que demanda tempo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais objetivos desse trabalho foram alcançados, de modo que foram apresentadas soluções técnicas e as vantagens do uso do BIM para a elaboração de projetos de infraestrutura urbana com foco em loteamentos urbanos.

Os objetivos específicos também foram alcançados, a partir dos projetos recebidos foi elaborado o modelo 3D da obra e feitas às indicações de como podem ser retiradas as informações do mesmo, foram identificadas as vantagens e dificuldades de seu uso em relação aos métodos atuais de projeto e também como a previsão de interferências com o BIM pode evitar problemas futuros em obra.

As limitações do trabalho se deram no sentido de não ter sido possível quantificar monetariamente os ganhos do BIM para esse tipo de projeto, sendo apenas levado em conta pesquisas anteriores sobre o assunto. Também não foi possível avaliar o uso do BIM com maior complexidade, pois seria necessário mais tempo.

É importante ressaltar mais uma vez que o BIM não é apenas a modelagem 3D ou o uso de *softwares* com essa tecnologia. Para ser BIM, é necessário que se repense todas as etapas de projeto, de modo que se torne um processo integrado, com todos os participantes trocando informações.

Vale observar também que o bom uso da tecnologia BIM diminuiria o retrabalho que muitas vezes acontece devido à essa defasagem na troca de informações citada em vários pontos durante o trabalho. Com o BIM, além de facilitar a descoberta de inconsistências nos projetos, o tempo gasto para a realização de alterações é muito pequeno se comparado com o método atual, devido a toda integração do modelo e atualização automática.

Apesar das diversas vantagens citadas durante todo o trabalho, ainda se percebe uma dificuldade por parte das empresas em adotar o BIM principalmente pelo fato dos custos e tempo investido iniciais necessários serem elevados, além de representar uma mudança completa no paradigma de projetos. Seria necessário um investimento no treinamento dos funcionários, através de cursos e capacitações, pois para que o BIM seja implementado corretamente é necessário que todos na empresa estejam engajados com a metodologia.

Assim, é possível concluir que as dificuldades na transição de tecnologias acontecem principalmente devido às empresas não conseguirem balancear os ganhos de longo prazo com

os custos de curto prazo. Os exemplos de uso tanto no Brasil quanto no mundo são claros quanto às vantagens do BIM, em sua maioria as empresas indicam benefícios financeiros após o período inicial de implantação.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como recomendações para trabalhos futuros, é possível indicar que se estude a integração do BIM com sistema de informação geográfica de modo a facilitar o cadastramento das redes de infraestrutura; a avaliação do uso do BIM 4D no planejamento de obras de loteamentos urbanos; avaliar o uso e vantagens da metodologia BIM da elaboração dos projetos de movimentação de terras; avaliar o uso do BIM para manutenção e controle de elementos de infraestrutura urbana; estudar a utilização do BIM por parte dos órgãos governamentais com o intuito de otimizar os processos de aprovação de projetos.

REFERÊNCIAS

BRADLEY, Alex et al. BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 71, p.139-152, nov. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2016.08.019>.

BRANDÃO, Rogério de Almeida. **Avaliação do uso do BIM para o estudo de obras de infraestrutura viária**. 2014. 89 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências.. . Brasília, DF

BUENO, Will. **BIM – AS LIÇÕES DE SINGAPURA**. Disponível em: <<https://institutodeobraspublicas.wordpress.com/2015/10/21/bim-as-licoes-de-singapura/>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

BURGESS, G.; JONES, M.; MUIR, K. **BIM in the UK house building industry: opportunities and barriers to adoption**. Cambridge: University of Cambridge, 2018. 41 p. Cambridge Centre for Housing & Planning Research. Disponível em: <<https://www.cdbb.cam.ac.uk/Downloads/ResearchBridgeheadDownloads/BIMandUKHouseBuildingFinalReportforCDBB.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Fundamentos BIM - Parte 1: implantação do BIM para construtoras e incorporadoras**. Brasília: CBIC, 2016. 120 p. Disponível em: <https://cbic.org.br/arquivos/CBIC_Disseminacao_BIM_parte_1.pdf>. Acesso em: 19 nov 2018.

CATELANI, Wilton Silva. **Encontre seu modelo**. Revista Técnica, São Paulo, ano 24, n. 234, p.12-16, set. 2016. Entrevista a Nathalia Barboza.

DODGE DATA & ANALYTICS. **The Business Value of BIM for Infrastructure 2017**. Bedford: Dodge Data & Analytics, 2017. 64 p. (SmartMarket Report). Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/finance/us-fas-bim-infrastructure.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

DNIT. **Estratégia BIM BR**. 2018. Disponível em: <<https://www.dnit.gov.br/planejamento-e-pesquisa/bim-no-dnit/bim-no-dnit-1/estrategia-bim-br>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

FANNING, Blaine et al. Implementing BIM on Infrastructure: Comparison of Two Bridge Construction Projects. **Practice Periodical On Structural Design And Construction**, [s.l.], v. 20, n. 4, p.040140442-040140448, nov. 2015. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)sc.1943-5576.0000239](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)sc.1943-5576.0000239).

FERREIRA, Júlia Borges Pires. **ANÁLISE DO CENÁRIO DE IMPLANTAÇÃO DO BIM EM OBRAS E PROJETOS DE ARQUITETURA, ENGENHARIA, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO NO GOVERNO BRASILEIRO E ESTRANGEIRO**. 2017. 91 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

GHAFFARIANHOSEINI, Ali et al. Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 75, p.1046-1053, ago. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.083>.

KASSEM, Mohamad e AMORIM, Sergio R. Leusin. **Building Information Modeling no Brasil e na União Européia**. Ministério do desenvolvimento, indústria e comércio exterior (MDIC). Brasília, 2015.

LABIM-PR (Paraná). **O que é BIM**. 2017. Disponível em: <<http://www.bim.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=10>>. Acesso em: 20 set. 2018.

MANGON, Nicolas. **Minimizando a perda de dados entre o SIG e o BIM**. 2018. Traduzido por Eduardo Souza. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/901329/minimizando-a-perda-de-dados-entre-o-sig-e-o-bim>>. Acesso em: 20 set. 2018.

MASCARÓ, J. L. **Manual de loteamentos e urbanização**. 2ª ed. Porto Alegre: SAGRA : LUZZATTO, 1997.

MCGRAW HILL CONSTRUCTION. **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets**: Hou Contractors Around the World Are Driving Innovation Eith Building Information Modeling. Bedford: McGraw Hill Construction, 2014. 60 p. (SmartMarket Report). Disponível em: <http://images.marketing.construction.com/Web/DDA/%7B29cf4e75-c47d-4b73-84f7-c228c68592d5%7D_Business_Value_of_BIM_for_Construction_in_Global_Markets.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2018.

NBS. **National BIM Report 2017**. Newcastle Upon Tyne: RIBA Enterprises Ltd, 2017. Disponível em: <<https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-national-bim-report-2017>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

PARANÁ. Labim-pr. Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística. **CADERNO BIM**. Curitiba, 2018. Disponível em: <http://www.bim.pr.gov.br/arquivos/File/Caderno_BIM/CADERNO_BIM_2018_v2.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2018.

PORTO ALEGRE. PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. . **O que é um loteamento?** 2018. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/pgm/default.php?p_secao=529>. Acesso em: 10 set. 2018.

SALES, Luiz Felipe Dutra de Oliveira. **GESTÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE INFRAESTRUTURA URBANA PARA LOTEAMENTOS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS: PESQUISA-AÇÃO SOBRE A CIPASA URBANISMO**. 2017. 107 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão de Projetos na Construção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

VOSGUERITCHIAN, Andrea Bazarian. **INFRAESTRUTURA E PROJETOS DE REGENERAÇÃO URBANA**. 2015. 431 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.