

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA ESCOLA POLITÉCNICA COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ROGÉRIO DE ALMEIDA BRANDÃO

AVALIAÇÃO DO USO DO BIM PARA O ESTUDO DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA

Salvador 2014

ROGÉRIO DE ALMEIDA BRANDÃO

AVALIAÇÃO DO USO DO BIM PARA O ESTUDO DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Emerson de Andrade Marques Ferreira

"Em vindo a soberba, sobrevém a desonra, mas com os humildes está a sabedoria" Provérbios 11:2.

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo, pelo apoio e por me dar a oportunidade de poder concluir mais uma importante etapa em minha vida.

Ao Prof. Dr. Emerson de Andrade Marques Ferreira, pelo desafio oferecido e por todo o apoio e orientação durante a execução deste trabalho.

Ao Prof. Júlio Pedrassoli pela ajuda fornecida durante a elaboração do estudo de caso deste trabalho.

Aos meus pais, meu irmão e toda a minha família pelo carinho e compreensão durante todo o decorrer deste curso.

A todos os professores e amigos que estiveram comigo durante o período da faculdade.

BRANDÃO, Rogério de Almeida. Avaliar a utilização do BIM para o estudo de obras de infraestrutura. 89f. il. 2014. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

RESUMO

Automação e inovação são conceitos que a engenharia e a indústria da construção têm buscado atualmente para evoluírem e se manterem competitivas no atual cenário em que se encontram. Este trabalho buscou avaliar o uso da metodologia BIM (Building Information Modeling) em uma obra de infraestrutura de uma via urbana em Salvador, Bahia. Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema, expondo os conceitos de BIM, das obras de infraestrutura e da aplicação da metodologia BIM nesse tipo de obra. Posteriormente foi realizado um estudo de caso sobre a aplicação desta metodologia em uma obra de uma via urbana localizada em Salvador, Bahia, e os benefícios que esta aplicação pode proporcionar a uma obra deste tipo. Para o desenvolvimento deste estudo de caso foram utilizados os softwares AutoCad Civil 3D e o Infraworks e com o uso deles foram identificados os benefícios gerados nas fases de projeto e estudo da obra, para a otimização no trabalho de levantamento de quantitativos da obra, na integração entre as metodologias GIS (Geografic Information System) e BIM neste tipo de obra e para a otimização no trabalho de cálculo de platôs e terraplenagem. Os resultados obtidos indicam um ganho de produtividade no trabalho, maior controle dos materiais empregados na obra, redução do tempo de execução de tarefas repetitivas e uma melhor visão geral do projeto da obra em sua real concepção geográfica e em 3D o que favorece tanto o seu estudo como sua execução.

Palavras-Chave: BIM, Obras de Infraestrutura, Levantamento de Quantitativos, Obra de uma Via Urbana.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Integração de todas as fases de um empreendimento com o BIM (AUTODESK,	
2014)	17
Figura 2 – Modelo simulando um projeto de infraestrutura feito com o BIM (AUTODESK	-,
2014)	18
Figura 3 - Modelo de uma obra de infraestrutura em 3D com visualização real do terreno	
(AUTODESK, 2014)	24
Figura 4 – Características das dimensões do BIM (Autor, 2014).	27
Figura 5 – Ponte estaiada sobre o Rio Negro – Amazonas (Camargo Corrêa, 2013)	32
Figura 6 – Construção do sistema de Monotrilhos localizado em São Paulo (PINI, 2013)	33
Figura 7 – Relação entre o desenvolvimento econômico versus o investimento em	
infraestrutura (MCKINSEY, 2013)	35
Figura 8 – Resultados da pesquisa feita sobre os benefícios da implantação do BIM em obr	ras
de infraestrutura (McGraw-Hill Construction, 2012)	39
Figura 9 – Projeto de terraplenagem feito com o uso da metodologia BIM (AUTODESK,	
2013)	41
Figura 10 – Análise de interferências para obras de infraestrutura com o BIM (AUTODES	K,
2013)	44
Figura 11 – As camadas e os tipos de dados contidos no GIS (Ministério dos Transportes,	
2014)	45
Figura 12 – Etapas para elaboração do estudo de caso (Autor, 2014)	49
Figura 13 – Localização do Corredor Transversal I, o objeto de estudo deste trabalho	
(Adaptado CONDER, 2014)	50
Figura 14 – Configurações cartográficas para a correta importação da superfície do terreno)
pelo Google Earth	51
Figura 15 – Importação da superfície topográfica pelo AutoCad Civil 3D 2012	52
Figura 16 – Superfície topográfica já importada pelo programa e pronta para a construção	do
modelo	52
Figura 17 – Ferramenta para a construção do alinhamento da via no software	54
Figura 18 – Alinhamento horizontal da via construído conforme o anteprojeto	54
Figura 19 – Construção do perfil longitudinal da via	55
Figura 20 – Os comandos Create Assembly e Subassembly, necessários para a construção	da
plataforma transversal da via	56
Figura 21 – Definição dos parâmetros de projeto da plataforma da via	57
Figura 22 – Modelo final da seção transversal da plataforma da via já construído com as	
especificações contidas no anteprojeto	57
Figura 23 – Comando "Create Corridor".	58
Figura 24 – Visualização do modelo final contendo todas as informações de projeto da via	em
2D	59
Figura 25 – Visualização de um trecho do modelo da via em 3D	60
Figura 26 – Visualização de outro trecho do modelo da via também em 3D	60
Figura 27 – O comando "QTO Manager" utilizado para se fazer a associação entre itens de	2
uma planilha de Excel a objetos do modelo	61

Figura 28 – O comando "Compute Quantity Takeoff".	63
Figura 29 – Quantitativos finais de Sub-base, Base, Meio-Fio e Calçada em concreto	
calculados automaticamente pelo programa	63
Figura 30 – O comando "Feature Line".	65
Figura 31 – Localização e delimitação do Lote A	65
Figura 32 – Informações sobre a "Feature Line" criada	66
Figura 33 – Todas as elevações fixadas em 40 metros	67
Figura 34 – O comando "Grading"	67
Figura 35 - Vista em 2D da terraplenagem já executada no Lote A	68
Figura 36 – Vista em 3D da terraplenagem já executada no Lote A	68
Figura 37 – Outra forma de visualização em três dimensões da terraplenagem já executa	da. 69
Figura 38 – O comando "Volume Dashboard"	69
Figura 39 – Quantitativos dos volumes de Corte e Aterro do Lote A	70
Figura 40 – Indicação das áreas do terreno onde houveram Corte e Aterro. A área em ve	rde
corresponde a área de aterro e a área em vermelho a de corte	70
Figura 41 – Visualização inicial de um modelo a ser criado no software Infraworks	72
Figura 42 – Imagem georeferenciada pelo software ArcGIS	74
Figura 43 – Definição do Sistema de Coordenadas no Programa	75
Figura 44 – Definição das Coordenadas Geográficas do Modelo no Infraworks	75
Figura 45 – Imagem georreferenciada já inserida no programa	76
Figura 46 – O comando Criar/editar recursos	77
Figura 47 – Comando para a criação de estradas no software	77
Figura 48 – Seleção do Estilo da Via	79
Figura 49 – Visualização em 3D do Modelo Criado	80
Figura 50 – Visualização em 3D do Modelo Criado	80
Figura 51 – Construção de um Viaduto no Modelo	81
Figura 52 – Vista do Viaduto em 3D	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Metodologia d	lo Trabalho	47
Quadro 2 – Coordenadas (Geográficas da Região do Projeto Baseadas no Sistema	UTM WGS-
84		76

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	12
1.2 JUSTIFICATIVA	12
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	15
2.1.1 CONCEITOS GERAIS	15
2.1.2 MODELO PARAMETRIZADO	19
2.1.3 INTEROPERABILIDADE	21
2.1.4 COMPARAÇÃO COM O MODELO ATUAL	22
2.1.5 O USO DO BIM EM OUTRAS DIMENSÕES	25
2.1.6 AS VANTAGENS DO USO DO BIM PARA ENGENHEIROS CIVIS	27
2.1.7 SOFTWARES UTILIZADOS	29
2.1.7.1 AUTOCAD CIVIL 3D	30
2.1.7.2 INFRAWORKS	30
2.2 OBRAS DE INFRAESTRUTURA	31
2.2.1 CONCEITOS GERAIS	31
2.2.2 A IMPORTÂNCIA DA INFRAESTRUTURA PARA O PAÍS	34
2.3 BIM APLICADO A OBRAS DE INFRAESTRUTURA	37
2.3.1 O USO DO BIM EM OBRAS DE INFRAESTRUTURA	37
2.3.2 APLICAÇÃO DO BIM À FASE DE TERRAPLENAGEM E MOVIMENTO DE TERRA	40
2.3.3 APLICAÇÃO DO BIM AO PROJETO DE ESTRADAS E PAVIMENTAÇÃO	41
2.3.4 USO DO BIM PARA ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS E PARA SISTEMAS I DRENAGEM URBANA	DE 43
2.3.5 A INTEGRAÇÃO ENTRE BIM E GIS	44
3. METODOLOGIA	46
4. ESTUDO DE CASO: A APLICAÇÃO DO BIM A UMA OBRA DE	
INFRAESTRUTURA VIÁRIA	48
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA	49
4.2 AUTOCAD CIVIL 3D PARA AS FASES DE PROJETO, ESTUDO DA OBRA E LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS	50
4.2.1 LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS	61

SUMÁRIO

4.3 AUTOCAD CIVIL 3D PARA O CÁLCULO DE PLATÔS E VOLUM	IES DE
TERRAPLENAGEM	64
4.4 INTEGRAÇÃO ENTRE BIM E GIS PELO INFRAWORKS	72
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
REFERÊNCIAS	

1. INTRODUÇÃO

O *Building Information Modeling* (BIM) ou Modelagem de Informação da Construção está se tornando cada dia mais conhecido no mercado de engenharia brasileiro e tem se consolidado cada vez mais nos mercados mundiais, principalmente nos países chamados de primeiro mundo. Pesquisas demonstram que obras que utilizam o conceito BIM possuem uma redução de: 22% no custo de construção, 33% no tempo de projeto e execução, 33% nos erros em documentos, 38% de reclamações após a entrega da obra ao cliente e 44% nas atividades de retrabalho (MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2012). Porém grande parte do avanço no conhecimento e uso dessa nova metodologia acontece no setor da construção civil e em particular construções verticais, sendo que para o setor de obras de infraestrutura e construção pesada tais como aeroportos, portos, rodovias, ferrovias, obras de saneamento, usinas hidrelétricas e nucleares, obras de arte, dentre outras, essa evolução ainda não é muito grande, ainda mais no mercado da engenharia nacional.

Neste trabalho será feita uma revisão bibliográfica sobre o *Building Information Modeling* (BIM), expondo a sua definição e conceitos assim como também será feita uma revisão bibliográfica sobre as obras de infraestrutura, o seu conceito e a importância dessas obras para o país. Serão abordadas também, as vantagens do uso do BIM para a otimização de obras de infraestrutura, fato que tem sido cada dia mais buscado pelas empresas do setor a fim de se tornarem cada vez mais rentáveis em um mercado com um grau de competição acirrado.

Desta forma, a inovação e a otimização de processos pode ser uma importante alternativa para as empresas de engenharia se destacarem no setor em que atuam. O BIM, nesse sentido, é encarado como um aliado das empresas do setor, sendo inclusive apontado como uma tendência para o mercado em um futuro próximo. Portanto, o presente trabalho visa contribuir no conhecimento dessa nova metodologia e mostrar como ela pode ser aplicada no setor específico das obras de infraestrutura rodoviária. Para isso além das revisões bibliográficas citadas acima, será realizado um estudo de caso sobre um trecho de uma via urbana a ser construída na cidade de Salvador, Bahia e nesse estudo será observado o uso da metodologia BIM em obras deste tipo.

1.1 OBJETIVOS

• Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o uso do BIM para o estudo de obras de infraestrutura viária.

• Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- ✓ Conhecer os conceitos e aplicações da metodologia BIM em obras de infraestrutura.
- ✓ Aplicar a metodologia BIM para o estudo de uma obra de infraestrutura viária.
- ✓ Identificar os principais benefícios que o uso da metodologia BIM traz para o estudo de obras de infraestrutura viária.
- ✓ Avaliar o uso da metodologia BIM para a otimização de processos dentro das obras de infraestrutura viária.

1.2 JUSTIFICATIVA

O BIM aponta hoje para o futuro da engenharia e arquitetura com a união de forma eficiente do setor de projeto, do setor de execução, juntos com os setores de orçamento, planejamento e controle de obras. Nas obras de infraestrutura esse aspecto não é diferente, todavia no Brasil não é muito comum o uso da metodologia BIM para o estudo e execução de obras de infraestrutura. O cenário atual aponta para um crescimento do uso dessa metodologia no setor para os próximos anos já que órgãos importantes do país já estão passando a exigir que as propostas nos processos licitatórios sejam elaboradas com o uso do BIM, como é o caso do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2011), por exemplo, que é um importante órgão regulamentador para o setor.

O objetivo principal deste trabalho é analisar como a metodologia BIM pode ser aplicada no estudo de obras de infraestrutura viária, já que hoje em dia no Brasil grande parte das empresas envolvidas tanto no processo licitatório como na execução deste tipo de obra, utiliza métodos antigos de análise e também os mesmos métodos para a elaboração do orçamento e planejamento da obra. Estes processos podem ser aprimorados com o uso da metodologia BIM que além de possibilitar uma visualização muito mais completa do projeto depois de pronto e com simulações de uso, também possibilita uma integração entre os setores de projeto, planejamento e orçamento em um só programa ou *software*, o que aperfeiçoa os processos no estudo de obras para licitação e elaboração de propostas.

Espera-se que o estudo de caso desenvolvido neste trabalho contribua para reforçar a possibilidade da utilização da metodologia BIM no estudo de obras de infraestrutura e construção pesada, possibilitando também às empresas construtoras participantes de processos de licitação a elaborarem o orçamento e planejamento da obra já em conjunto com o projeto utilizando-se da metodologia BIM como principal mecanismo neste processo. Assim os projetos de planejamento e orçamento terão uma conformidade maior com o projeto executivo o que irá gerar enormes ganhos para as empresas participantes no processo licitatório e de estudo das obras, assim também para os órgãos governamentais que irão ter uma forma muito mais prática e eficiente de analisar e verificar se o projeto atende às expectativas previstas inicialmente.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

No Capítulo 1 é realizada uma introdução dos conceitos a serem abordados assim como também são descritos os objetivos gerais e específicos contidos neste trabalho.

No Capítulo 2 são expostas revisões bibliográficas realizadas sobre os conceitos de modelagem de informação da construção e também sobre as obras de infraestrutura e sua importância para o país. Ao fim deste capítulo é feita uma pesquisa sobre a aplicação do BIM a obras de infraestrutura.

No Capítulo 3 é exposta a metodologia utilizada para a elaboração deste trabalho com uma descrição textual assim como também com o auxílio de um quadro resumo no qual estão contidos os objetivos gerais e específicos a serem alcançados com este trabalho, as ferramentas utilizadas para a realização desta pesquisa e por fim os resultados esperados.

No Capítulo 4 é apresentado o estudo de caso desenvolvido neste trabalho, com uma aplicação prática do uso do BIM para obras de infraestrutura viária, sendo apresentados dados de como o a modelagem de informação da construção tem efeito na fase de estudo, projeto e execução de uma obra de infraestrutura.

No Capítulo 5 é apresentada a discussão dos resultados obtidos com o estudo de caso realizado.

O Capítulo 6 contém a conclusão do trabalho com exposição dos resultados obtidos e com as considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Este tópico tem como finalidade apresentar os conceitos e as definições da Modelagem da Informação da Construção (BIM).

2.1.1 CONCEITOS GERAIS

A sigla BIM vem do inglês "*Building Information Modeling*" e pode ser traduzida para o português como: "Modelagem de Informação da Construção". Essa "Modelagem de Informação" é uma nova metodologia de trabalho que altera alguns paradigmas atualmente existentes na indústria da construção.

O "Building Information Modeling" (BIM) basicamente se constitui na criação de um modelo digital de um projeto por meio de um processo integrado que cobre todas as disciplinas envolvidas em um empreendimento, abrangendo, portanto todo o seu ciclo de vida (PINI, 2013). Este novo paradigma, desta forma, se opõe ao atual ciclo de processos existente atualmente na indústria da construção que é o de fragmentação de processos e execução destes por parte de equipes distintas que em alguns casos não têm contato entre si. No modelo atual de trabalho a concepção, o planejamento e a produção são executados em diferentes etapas e envolvendo pessoas distintas, o que dificulta a comunicação e eficiência de um processo gerando perdas. Para alterar este ciclo atual o BIM propõe a integração de todas essas atividades em um só processo. Abaixo serão expostos alguns conceitos e definições do *Building Information Modeling* (BIM):

- O BIM usa um modelo tridimensional (3D), em tempo real, e dinâmico que incrementa a produtividade das fases de projeto e execução de uma construção (EASTMAN et al. 2011).
- O BIM é um processo de geração e gerenciamento de dados de um empreendimento durante todo o seu ciclo de vida (HOLNESS, 2008).
- O BIM utiliza como base o conhecimento técnico da engenharia, a tecnologia da informação e o conceito de orientação de objetos para a criação de um modelo digital integrado e inteligente (HUANG, 2011).

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) pode ser definida como a combinação de processos como o de planejamento, gerenciamento, coordenação, de projeto (todos os níveis), e de visualização de todas as fases de uma construção desde a sua concepção até o produto final acabado. Os modelos de construção concebidos com a metodologia BIM são caracterizados por apresentarem (EASTMAN et al. 2011):

- Objetos com representação digital que podem ser manipulada de forma inteligente e integrada em programas que usam a metodologia BIM como forma de representação.
- Possuem uma forma de dados organizada que permitem serem visualizados de uma forma coerente.
- Componentes que incluem dados que descrevem como eles se comportam, que devem facilitar os processos de trabalho assim como também possíveis análises posteriores.
- Dados consistentes e não redundantes, de maneira que uma mudança em um dos seus componentes será representada em todas as visualizações associadas a eles.

De acordo com o órgão americano "*National Institute of Building Sciences* (NIBS)" O BIM deve ser visto como "Um aprimoramento nos processos de construção, planejamento, operação, projeto e manutenção utilizando uma informação padrão para cada unidade de construção, nova ou antiga, que contenha todas as informações apropriadas daquela obra em um formato que deve ser útil durante todo o seu ciclo de vida" (NIBS, 2007).

O "*Building Information Modeling*", portanto não é um programa específico, mas sim uma nova metodologia de trabalho. O BIM na verdade é "fundamentalmente um novo método de se criar, usar e compartilhar todos os documentos contidos no ciclo de vida de uma construção". (EASTMAN et al. 2011).

A Figura 1 ilustra a integração proposta pelo BIM em todas as fases de um empreendimento envolvendo o seu projeto, construção, gerenciamento e planejamento, com todos estes dados contidos em um só modelo.



Figura 1 - Integração de todas as fases de um empreendimento com o BIM (AUTODESK, 2014).

A forma de visualização de projeto do modelo atual de projeto está basicamente centrada no método de desenho em 2D o que em muitos casos dificulta a visualização e pode inclusive se tornar uma fonte de erro posteriormente. A metodologia BIM opera com a construção de modelos computacionais em 3D, o que facilita a visualização do projeto e o entendimento do mesmo por parte das diversas equipes envolvidas nele e também por parte do cliente. O BIM na realidade promove a elaboração do projeto em 3D e a simulação de uma situação real deste projeto o que facilita a compreensão do mesmo.

Entretanto, apesar da visão em 3D fazer parte desta nova metodologia, ela não se resume somente a isso. O BIM fornece um auxilio aos engenheiros para que eles possam prever o desempenho de um objeto antes mesmo dele ser construído; fornece ferramentas para que projetistas respondam rapidamente a qualquer mudança no conceito do projeto; Permite otimizar o projeto através de análise e simulação; Permite ainda que as equipes envolvidas no projeto possam extrair valorosas informações do modelo gerado a fim de facilitar uma tomada de decisão em um momento ainda inicial.

A Figura 2 ilustra uma forma de visualização em 3D de um projeto feito utilizando-se a metodologia BIM. Trata-se de um projeto de engenharia realizado por uma empresa da Noruega, próximo a capital do país, Oslo. Para a empresa a solução do BIM "ajudou a criar um modelo que simula o projeto de infraestrutura com o ambiente à sua volta o que oferece uma visualização do projeto de uma forma única e transmite a imagem de um projeto elaborado com alta qualidade de execução" (AUTODESK, 2014).



Figura 2 - Modelo simulando um projeto de infraestrutura feito com o BIM (AUTODESK, 2014).

O fato de existirem diversas equipes cuidando isoladamente de cada etapa do processo construtivo tem causado diversos transtornos e também é responsável pela geração de retrabalho na construção. Uma das principais consequências de se ter equipes diversas trabalhando em diferentes etapas do projeto ou até mesmo de todo o ciclo de construção é uma incompatibilização dos projetos, o que tem gerado retrabalho e em alguns casos até mesmo o aumento do prazo e do custo total da obra. Logo, em função deste tipo de problema encontrado atualmente, a indústria da construção tem procurado cada vez mais o auxílio tecnológico para achar soluções que venham a facilitar o fluxo de trabalho.

Neste sentido o BIM foi uma das soluções encontradas para tentar otimizar o processo de projeto e execução, a fim de se reduzir o retrabalho e assim consequentemente promover a redução de custos e prazo para as obras em geral. Soluções como estas trazem benefícios para os profissionais envolvidos nos processos, para as empresas construtoras e também para clientes ou órgãos contratantes de algum serviço.

Segundo o engenheiro civil Daniel Queiroz, responsável pelo setor de infraestrutura da empresa Autodesk no Brasil: "Dificilmente uma empresa projetista, hoje em dia, tem especialistas em todas as disciplinas. Então, a empresa que ganha o projeto acaba subcontratando algumas partes. E, quando se soma tudo isso, se tem um projeto muitas vezes com incompatibilidades". (O EMPREITEIRO, 2013). A utilização da metodologia BIM apresenta como vantagem a redução no número de incongruências de um projeto e também acelera a fase de revisão e análise dos projetos. A redução de incompatibilidades representa ganhos, sobretudo com custos e prazos, pois elas representam perdas para a empresa contratada. Nesse sentido a adoção da metodologia BIM e como consequência a substituição de papéis e PDFs por modelos 3D com informações detalhadas tem possibilitado o compartilhamento do projeto de forma ampliada e unificada e, portanto com mais eficiência o que se traduz em ganhos para as empresas do setor. O uso do BIM possibilita que o projeto seja visto como um todo, como um produto final acabado no computador, não apenas como partes de projetos isolados.

2.1.2 MODELO PARAMETRIZADO

A criação de um modelo digital parametrizado é a principal diferenciação de um modelo que usa a metodologia BIM (modelo inteligente) e de um desenho bidimensional CAD tradicional. Na verdade, o processo de criação de um modelo com parâmetros definidos é um requisito ao BIM.

O processo de parametrização implica em atribuir uma regra ou uma definição a certo objeto fazendo com que este não seja somente um simples desenho, mas algo que contém uma informação específica associada a ele. De acordo com (EASTMAN *et al.* 2011), estes parâmetros que podem ser atribuídos variam desde relações entre diferentes objetos, que inclusive promovem a automação de um modelo BIM já que permite que o sistema realize atualizações automáticas no modelo quando um objeto sofre alguma modificação, ou até mesmo podem ser informações não geométricas do mesmo objeto como por exemplo custo, desempenho e trabalhabilidade. Como já foi dito anteriormente, essa automação é um dos

grandes diferenciais apontados nos modelos BIM em comparação com os modelos comuns que não utilizam esta metodologia.

Portanto, os parâmetros associados a um objeto no modelo BIM definem o comportamento dele assim como também a sua interação com os outros objetos pertencentes ao mesmo modelo. De maneira geral os objetos paramétricos podem ser classificados como objetos que interagem com outros objetos (EASTMAN et. al 2011). No caso de uma obra de construção civil poderíamos citar como exemplo a modificação da altura de uma esquadria em relação à alvenaria de um pavimento. No caso de um modelo que não tivesse nenhum parâmetro vinculado ao objeto, a altura relativa da esquadria em relação à laje do pavimento seria fixa e, portanto, se modificássemos a posição dessa esquadria em relação ao piso, seria necessário também alterar posteriormente todos os outros objetos que tivessem ligação com a esquadria como, por exemplo, a própria alvenaria. Se o modelo fosse parametrizado essa mudança se daria de forma automática, pois podíamos associar à esquadria um vinculo com a alvenaria e desta forma o projeto de paginação de alvenaria seria adequado automaticamente à mudança na posição da esquadria analisada.

Um processo semelhante ocorre quando estamos analisando uma obra de infraestrutura elaborada com o uso da metodologia BIM. Como veremos posteriormente neste trabalho, os mesmos parâmetros citados no exemplo acima podem ser adicionados em um modelo criado no programa AutoCad Civil 3D, por exemplo, que será utilizado como objeto de estudo deste trabalho. No programa, com a função Civil 3D habilitada, existem parâmetros que podemos definir para que qualquer alteração feita posteriormente no modelo aconteça de forma automática. Desta forma, uma *polyline* específica adicionada ao modelo, não é encarada apenas como um objeto qualquer, mas como uma *polyline* que representa um alinhamento específico de uma via, ou até mesmo que define uma superfície de um terreno ou ainda uma *polyline* que define a crista de um talude específico com sua determinada posição X-Y definida e também com sua cota, inclinação e propriedades de materiais também definidas. Assim, qualquer alteração na inclinação de um talude, por exemplo, irá alterar os volumes de material (movimento de terra) a ele associados assim como também todos os outros elementos vinculados a ele como o platô de um terreno ou mesmo uma plataforma de uma rodovia.

Esses são os fatores fundamentais que diferenciam um modelo criado com a metodologia de Modelagem de Informação da Construção de um modelo criado nos moldes

tradicionais, na verdade, para estes últimos, mudanças como acima citadas acarretariam em um grande retrabalho por parte dos participantes no projeto e execução da obra pois iria ser necessário alterar também todos os objetos vinculados a um objeto modificado o que acarreta em perda de tempo e aumento no custo.

2.1.3 INTEROPERABILIDADE

Além da parametrização dos objetos contidos no modelo BIM, outra característica que define um modelo criado através desta metodologia é a troca de informações contidas nele entre diferentes *softwares*. A interoperabilidade entre diferentes programas é um dos principais conceitos da metodologia BIM. Segundo (EASTMAN, 2011) a interoperabilidade é a habilidade de promover o intercâmbio de dados entre diferentes *softwares* de uma forma eficiente que vise aprimorar a automação.

Desta forma, a capacidade de dois ou mais sistemas trocarem informações e de usarem estas informações que foram trocadas é fundamental para o estabelecimento da metodologia de Modelagem de Informação da Construção (AZEVEDO, 2009). Como foi dito anteriormente neste trabalho, o BIM visa cobrir todas as disciplinas contidas no ciclo de vida de um empreendimento e este conceito está baseado na interoperabilidade do modelo criado com essa metodologia.

Os *softwares* que utilizam a metodologia BIM, devem possuir a capacidade de trocar informações entre eles. Um projeto de engenharia envolve diversas equipes trabalhando em conjunto como, por exemplo, a equipe de arquitetura trabalha junto com a equipe de estruturas, que por sua vez trabalha com a equipe de fundações e com a equipe de instalações e assim por diante. Portanto, o fato dos *softwares* poderem realizar o intercâmbio de informações entre eles tem o objetivo de promover um melhor fluxo de trabalho e um melhor desempenho de um projeto realizado em equipe. A característica da interoperabilidade é, portanto, considerada como um requisito aos *softwares* baseados na metodologia BIM (EASTMAN, 2011).

2.1.4 COMPARAÇÃO COM O MODELO ATUAL

Historicamente as construções que conhecemos hoje (sejam elas obras de construção civil ou de infraestrutura) essencialmente foram desenvolvidas e projetadas com o uso do método tradicional de construção. Tipicamente existem centenas ou até mesmo milhar de desenhos em planta que estão envolvidos em um processo construtivo, sendo que cada um geralmente corresponde muitas vezes a uma parte específica de um projeto. Na verdade a indústria da construção vem buscando com o passar dos anos, formas para aperfeiçoar e otimizar o processo de projeto e execução de obras.

Em um passado não muito distante, praticamente todos os projetos produzidos mundialmente eram executados com o uso de papel, lápis e borracha. Dessa forma, qualquer mudança no projeto, por menores que fossem praticamente significavam recriar todo o desenho desde o seu rascunho outra vez. Se essa mudança repercutisse em outros documentos ou plantas, a empresa deveria ter alguém em seu quadro que fosse hábil o suficiente para redesenhar essa mudança ou se não fosse o caso, se fazia necessário o envio das mudanças para o projetista para que ele as efetuasse, o que demandava um grande espaço de tempo. Esse processo foi melhorado com o advento da tecnologia CAD (Computer Aided Design) que surgiu ainda de uma forma remota nos anos 1950 (SARCAR, 2008). Nos últimos anos a tecnologia CAD impactou significativamente o setor de projeto e construção, tornando o processo de desenho muito mais rápido e eficiente.

Todavia, mesmo com uma melhor automação do setor com o uso de computadores potentes e não mais o lápis e papel, a integração de diferentes equipes no setor da construção ainda é baixa, o que gera em muitos casos retrabalhos e perda de tempo do projeto como um todo. Usualmente, se faz necessário montar uma equipe de profissionais para juntar todos esses projetos e compatibilizá-los quando problemas são encontrados. Uma comunicação efetiva entre a equipe de projeto como estruturalistas, arquitetura, projetistas de instalações, projetistas de fundações entre outros, com a equipe de execução em campo é um desafio constante e muitas vezes esse processo de comunicação acaba gerando problemas que são difíceis de serem resolvidos.

Nesse contexto, o "*Building Information Modeling*" (BIM), vem criando uma revolução no método de resolver esses problemas geralmente encontrados na indústria da construção como um todo. O BIM envolve o uso de poderosos programas digitais que visam

integrar com eficiência os processos de projeto, construção (produção), e gerenciamento da construção. O BIM visa quebrar as barreiras entre as diferentes disciplinas envolvidas no projeto, promovendo a integração do conhecimento durante o todo o ciclo de vida do projeto, seja ele bem no início, na sua concepção até a sua entrega ao cliente no final da obra. O uso do BIM gera ganhos em construtibilidade e também diminui o tempo total das fases de projeto e construção.

A integração entre equipes e o compartilhamento do conhecimento é algo que difere bastante do modelo aplicado atualmente na engenharia e na indústria da construção. Nos moldes atuais um projeto preliminar é traçado logo no início do projeto, em seguida um projeto mais detalhado é elaborado e o processo de obtenção de documentos para execução da obra é iniciado. Cada passo é completado antes que o próximo se inicie e a colaboração é muito limitada. Este processo funcionaria bem até que inevitáveis mudanças fossem necessárias e consequentemente a atualização dos desenhos manuais (feitos via computador) também seria necessária e isso consome tempo e dinheiro.

Um projeto baseado na metodologia BIM não é desenhado com os métodos tradicionais, ao contrário ele é feito digitalmente com a criação de um banco de dados contendo os projetos em *softwares* BIM. Ao invés de termos que olhar em papéis distintos contendo diferentes desenhos, ou buscarmos em inúmeras pastas de arquivo por algum projeto específico, iremos buscar a informação no modelo da construção criado com a metodologia BIM. Este modelo será composto por todos os projetos necessários na fase construtiva e integrados para uma melhor visualização, compatibilização e entendimento. Uma vez localizado no modelo, a parte específica do projeto poderá automaticamente fornecer informações de seções, visualização em 3D, quantitativo e orçamento, cronograma de planejamento e até mesmo para uma fase posterior um cronograma ou informações para manutenção. Ainda, mesmo após uma modificação em algum projeto, as informações e também poupando tempo, já que no método tradicional seria necessário ser refeito não só o projeto inicialmente modificado mas também todos os outros que estivessem envolvidos com ele, assim como também os dados de quantitativo, orçamento e planejamento.

A Figura 3 ilustra um exemplo de um modelo em 3D, de uma obra de infraestrutura, criado com a metodologia BIM. Como dito acima, neste modelo criado, é possível se obter

informações de planejamento, orçamento, entre outras disciplinas envolvidas no desenvolvimento do empreendimento.



Figura 3 - Modelo de uma obra de infraestrutura em 3D com visualização real do terreno (AUTODESK, 2014).

Esse processo cria um valioso intercâmbio de informações entre membros da equipe de projeto e membro da equipe de produção nas obras. Um processo mais colaborativo e integrado é o resultado final do uso da metodologia BIM na construção. O modelo tradicional de processo na indústria da construção demonstra sinais de esgotamento e o BIM é uma nova possibilidade. Todavia, a implantação do BIM vai alterar as organizações e os procedimentos de negócios das empresas.

Atualmente, o BIM já está mais evoluído quando falamos em termos de obras civis, porém para a área de infraestrutura essa metodologia ainda não está muito disseminada entre os profissionais do setor. As obras de engenharia pesada geralmente estão muito interconectadas com o ambiente que ocupam, e nesse sentido o uso do BIM para o projeto seria muito proveitoso. Os sistemas de Georreferenciamento GIS (Geografic Information System), por exemplo, estão diretamente conectados com os *softwares* BIM o que facilita e muito os projetos deste tipo. As informações geográficas e topográficas, portanto já estão

ligadas com o projeto de engenharia neste tipo de plataforma, o que demonstra os benefícios da integração gerados pelo uso desta tecnologia.

2.1.5 O USO DO BIM EM OUTRAS DIMENSÕES

Como dito anteriormente o uso do BIM facilita o entendimento do projeto e também possibilita melhores formas de visualização do mesmo oferecendo ao usuário tanto o modo de vista tradicional em 2D (duas dimensões) como também uma visualização em 3D (três dimensões) da obra, possibilitando a alternância entre vistas, ângulos e perspectivas, o que facilita também a identificação de possíveis incompatibilidades que por ventura possam vir a surgir. Entretanto, o *"Building Information Modeling"* tem a capacidade de satisfazer as variadas dimensões que englobam o ciclo de vida de um empreendimento. Na verdade, modelos BIM podem representar diversas dimensões (nD) de informação de uma edificação (LEE et al., 2002).

A combinação do planejamento com a geometria do projeto, por exemplo, cria o que podemos chamar da quarta dimensão (4D) na modelagem de informação da construção. Portanto, a integração entre os processos de planejamento e o de projeto geram a animação em quarta dimensão oferecida pelo BIM. Isso significa que os elementos de projeto elaborados com o modelo virtual estão interligados com uma sequência cronológica estabelecida no mesmo programa. Qualquer mudança na fase no projeto implicaria em uma mudança nesta sequência, pois o planejamento da obra é conectado ao modelo virtual e parametrizado em 3D, permitindo a visualização da sequência construtiva e o cronograma da construção (EASTMAN, 2011).

A visualização em 4D permite que o usuário possa acompanhar índices de desempenho da construção como consumo de materiais e trabalho de subcontratados, criando também a melhoria geral de comunicação entre as equipes de projeto (O EMPREITEIRO, 2013). Ainda na fase de estudo da obra, a realização do planejamento pode ser feita através de uma análise do projeto executivo, avaliando os impactos daquele empreendimento no meio assim como também visando à melhoria do retorno financeiro do mesmo, o que evita, portanto, problemas na fase de execução. Já na fase de execução a dimensão 4D pode ser utilizada para ilustrar como a obra irá caminhar ao longo do tempo e suas características,

assim os detalhes de execução ficam consequentemente melhor compreendidos pela equipe de produção, gerando benefícios para a obra.

A quarta dimensão acrescida dos dados de custo e orçamento geram a quinta dimensão (5D) no modelo parametrizado, criado através de um *software* baseado na metodologia BIM. A construção em um modelo 5D permite aos arquitetos, engenheiros e gerentes de projeto terem uma visualização do progresso das atividades de construção e suas relações com o tempo e custo. O uso do BIM na quinta dimensão permite a integração entre o projeto geométrico e o custo, permitindo que qualquer mudança efetuada no projeto se reflita imediatamente no orçamento da obra, fazendo com que arquitetos e engenheiros trabalhem em um modelo dinâmico e integrado melhorando assim o desempenho das equipes de projeto. Desta forma, através da Modelagem da Informação da Construção, se torna possível a obtenção automática de quantitativos de materiais previamente inseridos no modelo, gerando informações que são utilizadas como base para a elaboração do orçamento da obra, assim como também um maior controle dos custos do empreendimento. Além de auxiliar também o setor de suprimentos através de um alto grau de detalhamento dos materiais a serem utilizados no empreendimento, evitando assim erros de quantificação e especificação.

O gerenciamento do ciclo de vida do empreendimento com a realização de sua manutenção, somado aos tópicos anteriores, compreendem a sexta dimensão (6D) no modelo da construção. A criação de um banco de dados integrado, com acesso em tempo real de todos os materiais, equipamentos, especificações, produtos, quantidades, custos, tornam o projeto vasto de informações que podem ser utilizadas nas fases posteriores, além de contribuir com a padronização do processo.

Ainda podemos citar a inclusão de aspectos como segurança e sustentabilidade como a sétima dimensão (7D) que pode ser exibida através do modelo parametrizado (BIM). Portanto, trata-se de um modelo bastante amplo que cobre vários aspectos contidos em todo o ciclo de vida de uma construção, desde a sua concepção até a sua desocupação final e desuso.

A Figura 4 faz uma síntese do que foi abordado acima sobre as dimensões do BIM demonstrado as suas aplicações a todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento que engloba o seu projeto, execução, operação/manutenção e sua desativação.

As Dimensões do BIM				
Características				
Dimensões Geométricas	2D	Projeto Geométrico em Duas Dimensões		
	3D	Execução e Visualização do Projeto Geométrico em Três Dimensões		
Dimensões de Gestão	4D	Combinação da Geometria com o Planejamento do Empreendimento		
	5D	Os Dados de Custo e Orçamento Incluídos no Modelo		
	6D	Gerenciamento do Ciclo de Vida do Empreendimento com o Controle de Sua Manutenção		
	7D	Segurança e Sustentabilidade do Empreendimento		

Figura 4 - Características das dimensões do BIM (Autor, 2014).

2.1.6 AS VANTAGENS DO USO DO BIM PARA ENGENHEIROS CIVIS

Ainda existem muitos desafios a serem superados para que o BIM passe a ser uma unanimidade na indústria da construção. O conceito de Modelagem da Informação da Construção ainda é algo novo dentre os profissionais que trabalham no setor. Muitos ainda o consideram um sistema complexo e delicado, e também há a resistência à mudança, o que é algo intrínseco ao ser humano e, portanto para ser vencida requer que os profissionais envolvidos no setor estejam com a mente aberta e dispostos a encarar novas tecnologias e novos métodos de trabalho. Todavia, apesar das dificuldades em sua implementação, os benefícios gerados através do BIM são excelentes e levam a engenharia a um novo patamar de otimização de processos e eficiência.

Para a engenharia civil, os benefícios trazidos pela metodologia BIM são numerosos, podendo ser usado tanto para a execução de projetos estruturais, compatibilização de projetos, execução em campo, para elaboração, execução e gerenciamento de projetos de infraestrutura, entre outros.

Para o caso de obras de infraestrutura tomando como exemplo o projeto de execução de uma via, que inclusive será tratado como objeto de estudo deste trabalho posteriormente, temos como impacto positivo imediato com a adoção da metodologia BIM para execução de

projeto, já que há aumento da eficiência e produtividade. A parte de projeto e documentação é relacionada de uma forma dinâmica o que reduz o tempo necessário para se avaliar alternativas de decisão. O custo necessário para executar mudanças no projeto também é reduzido o que pode ser decisivo em uma tomada de concorrência pública por preço, por exemplo. Além do ganho de eficiência e produtividade o BIM permite uma melhor visualização da rodovia incluindo uma simulação da realidade do projeto facilitando assim o entendimento do mesmo.

Até mesmo órgãos governamentais como o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes – DNIT, autarquia federal que executa obras de infraestrutura rodoviária, ferroviária, e hidroviária, tem reconhecido os benefícios do uso da metodologia BIM no projeto e construção de estradas, quando em seu relatório de prestação de contas do ano de 2011, declarou 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:

"As mudanças em andamento incluem a aquisição de ferramentas de projetos equipamentos de *hardware* e *software*, como os modernos BIM – *Building Information Modeling* que possibilitam, por exemplo, a análise tridimensional, agregando 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. Além de 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". (DNIT, 2011)

As inovações no órgão abrangem três itens: a aquisição e disponibilidade da metodologia BIM na contratação e gestão de projetos; implementação de recursos técnicos para dar mobilidade e flexibilidade às ações; e integração dos sistemas, para o compartilhamento da mesma fonte de dados por todos os envolvidos inclusive as projetistas e construtoras que vão executar as obras rodoviárias através de licitação. O órgão acredita ainda que a implementação da metodologia BIM permitirá reduzir o número de incongruências e acelerar a fase de revisão e análise de projetos (O EMPREITEIRO, 2013).

A necessidade da engenharia atual para automação de processos e redução de custos e prazos é a principal impulsionadora do desenvolvimento da metodologia BIM. A redução do retrabalho com a diminuição de conflitos e mudanças durante a fase de construção e o aumento da produtividade ainda na fase de projeto são qualidades importantes que favorecem a adoção desta nova metodologia de trabalho. Também, para se manterem competitivas em

um mercado de grande concorrência como é o setor da construção como um todo, as empresas buscam por inovação a fim de ganharem mais eficiência e margem de lucro nos seus projetos e obras, desta forma a adoção de metodologias como o BIM vem a contribuir para o alcance deste objetivo. Assim como também através da metodologia BIM é possível também por parte das empresas estatais aplicar de forma mais racional e econômica os recursos públicos envolvidos em um projeto.

A Modelagem da Informação da Construção, portanto faz com que a indústria da construção baseada nos modelos atuais se direcione em relação ao progresso e evolução. Os projetos atuais baseados em dezenas de folhas de papel, desenhos em 2D e planilhas isoladas, irão com o BIM, evoluir para um patamar onde terão um fluxo de trabalho integrado e interoperacional, gerando, por conseguinte uma maior comunicação entre as equipes e membros envolvidos nos processos. A comunicação via internet também é um fato a ser explorado assim como o compartilhamento do conhecimento por parte desses membros envolvidos no processo de tomadas de decisões é facilitado através de uma melhor forma de visualização do projeto em *softwares* 3D e também com *softwares* capazes de simular a vida real do projeto em programas de computador. Assim como também o processo de amostra do produto ao cliente também é facilitado o que gera uma agregação de valor ao produto final.

2.1.7 SOFTWARES UTILIZADOS

Para o desenvolvimento estudo de caso deste trabalho, que irá avaliar o uso do BIM em obras de infraestrutura rodoviária, foram utilizados os *softwares* AutoCad Civil 3D e o Infraworks. Ambos os *softwares* utilizam a metodologia BIM e são designados para o uso em obras de infraestrutura. A escolha destes *softwares* foi feita por conta da sua acessibilidade e também pelo fato da sua fabricante, a Autodesk, disponibilizar uma versão gratuita para estudantes dos mesmos com todos os recursos contidos na versão comercial. Abaixo serão expostas algumas características destes *softwares*.

2.1.7.1 AUTOCAD CIVIL 3D

O AutoCad Civil 3D é um *software* que utiliza a metodologia BIM e foi desenvolvido para ser usado em projetos de engenharia de obras de infraestrutura. Ele foi criado para ser utilizado por profissionais de engenharia civil, desenhistas e técnicos que irão trabalhar com projetos de transporte, desenvolvimento de loteamentos, projetos hidráulicos, projetos de portos, aeroportos, ferrovias, dentre outros (AUTODESK, 2014).

Com o uso do AutoCad Civil 3D é possível a criação de um modelo da obra em 3D, que se atualiza automaticamente com cada modificação feita no projeto. Neste modelo inteligente, é possível se fazer todo o projeto de uma obra de engenharia com alto grau de precisão e confiabilidade. Também se pode obter o levantamento de quantitativos de materiais do projeto, o cálculo de movimento de terra a ser realizado no projeto com seus respectivos volumes de corte e aterro, e dados sobre a alocação de materiais na obra. Desta forma, o desenho do modelo está completamente sincronizado com o projeto como um todo. O *software* ainda permite a análise de diferentes opções para o projeto, a análise de desempenho do projeto, assim como também gera uma documentação em plantas, vistas em 3D e dados de engenharia com alto grau de precisão. Por ser um *software* que usa a metodologia BIM, o modelo criado a partir deste programa pode ser exportado para outros *softwares* BIM.

Neste trabalho será analisado as funções do AutoCad Civil 3D para otimização de projeto, levantamento de quantitativos e para o cálculo de volumes e movimento de terra.

2.1.7.2 INFRAWORKS

O *software* Infraworks tem o objetivo de trazer o projeto de uma obra de engenharia para o contexto real onde ela será construída. Trata-se de um moderno programa de engenharia que integra as tecnologias BIM e GIS em um só modelo inteligente e em 3D. O *software* foi desenvolvido mais especificamente para ser utilizado em obras de infraestrutura (AUTODESK, 2014).

Portanto, o objetivo do programa é fazer com que o projeto passe a corresponder ao mundo real que está ao seu redor, ou seja, ao seu ambiente natural. Os dados obtidos através do GIS fornecem informações georreferenciadas do terreno ou região onde a obra será inserida, fornecendo, portanto as coordenadas geográficas e as cotas de elevação do terreno ou

região onde estará o empreendimento assim como também as informações de relevo, nascentes de rios, áreas alagadas, áreas ocupadas, zonas urbanas, e etc. Ou seja, as condições onde a obra realmente estará inserida.

Trata-se, porém de um programa de projeto preliminar, sendo necessário o aprimoramento deste projeto em um *software* mais específico para projeto como, por exemplo, o AutoCad Civil 3D. O *software* por usar a metodologia BIM permite a interoperabilidade entre diversos programas o que pode ser bastante útil para os profissionais da área. Pode-se por exemplo, através deste *software* importar um projeto de uma construção vertical feito no Revit, que é um programa de engenharia que utiliza o conceito BIM e é muito usado em obras de construção civil e obras verticais, e inserir dentro de um modelo já criado no programa com as condições reais de entorno, inclusive com obras de urbanismo e infraestrutura já incluídas. Desta forma é possível ter uma visualização do impacto daquela obra em sua cidade ou região, por exemplo.

Neste trabalho será demonstrado o uso do Infraworks para uma obra em estudo, expondo em parte a sua funcionalidade para obras deste tipo. Será demonstrado como se obter uma imagem georrefenciada através de uma imagem do Google Earth, e inserirmos no programa podendo desta forma obter a visualização da obra em seu entorno real, como foi dito acima.

2.2 OBRAS DE INFRAESTRUTURA

Este tópico tem como finalidade apresentar os conceitos da revisão bibliográfica sobre as obras de infraestrutura.

2.2.1 CONCEITOS GERAIS

A infraestrutura corresponde ao conjunto de elementos estruturais que sustentam toda uma estrutura. Em termos macroeconômicos pode ser caracterizada como um componente básico para que toda a economia de um país se desenvolva e cresça. Os investimentos em infraestrutura impulsionam o desenvolvimento socioeconômico de um determinado local. De acordo com RICARDINO APUD ASSUMPÇÃO (2005, p.30) "Obras de infraestrutura ou de construção pesada são aeroportos, portos, rodovias, ferrovias, obras de saneamento, usinas hidrelétricas e nucleares, obras de arte, dentre outras".

Ou seja, todos estes tipos de obras citados são exemplos de elementos que fornecem uma base necessária para que toda uma sociedade se desenvolva e cresça. A importância das obras de infraestrutura é imensa, basta imaginar, que no mundo atual para que haja inovação, devemos ter energia; para termos cada vez mais pessoas vivendo em grandes cidades é necessário termos investimento em mobilidade adequado; para que haja condições de higiene é necessário termos um sistema sanitário adequado e assim por diante. Ou seja, para nos desenvolvermos necessitamos de uma base, um alicerce, e a base nesse caso é a infraestrutura do país.

As obras de infraestrutura por sua definição diferem das obras de construção civil usuais presentes nas grandes cidades do país. O setor de construção civil basicamente é composto por obras de edificações residenciais ou comerciais sendo na sua maioria construções verticais. Também, esse tipo de obra geralmente é construído para um cliente privado ou em muitos casos a própria construtora prevê os recursos necessários para a construção da edificação, o que difere das obras de infraestrutura ou de construção pesada que na sua maioria são obras públicas sendo, portanto o governo (federal, estadual ou municipal), o contratante da obra. As Figuras 5 e 6 ilustram alguns exemplos de obras de infraestrutura no Brasil:



Figura 5 - Ponte estaiada sobre o Rio Negro - Amazonas (Camargo Corrêa, 2013).

A Figura 5 se refere à ponte estaiada sobre o Rio Negro localizado no setor sul da região metropolitana de Manaus - AM, e faz parte de uma série de intervenções do governo do Amazonas a fim de melhorar o sistema de transporte naquela região.



Figura 6 - Construção do sistema de Monotrilhos localizado em São Paulo (PINI, 2013).

A Figura 6 representa o sistema de monotrilhos localizado em São Paulo capital. Trata-se de um sistema modal inédito no país que chama a atenção pela velocidade alcançada e pela precisão das suas vias elevadas. O sistema de monotrilhos terá uma extensão total de 24,5 km contando com 17 estações e com previsão de atender 500 mil usuários por dia até 2016 (PINI, 2013).

As obras de infraestrutura ilustradas acima são obras públicas, sendo, portanto contratadas pelo governo brasileiro e visam promover intervenções no cenário urbano atual a fim de melhorar a qualidade de vida dos habitantes das regiões sobre as quais elas fazem parte.

2.2.2 A IMPORTÂNCIA DA INFRAESTRUTURA PARA O PAÍS

Os sistemas de infraestrutura estão integrados com a área social, política e econômica de uma nação. Esses sistemas, como dito anteriormente, afetam a qualidade dos transportes, das construções, da água disponível para consumo humano, ou seja, eles afetam a qualidade de vida dos cidadãos. Os investimentos em infraestrutura ou a quantificação de serviços já existentes é um item utilizado para medir o desenvolvimento de uma nação, população ou país.

A infraestrutura de transportes possui um papel fundamental na cadeia logística e no funcionamento do país como um todo. Rodovias, ferrovias, canais fluviais, sistemas de metrô e de mobilidade urbana, são essências para o desenvolvimento da nação como um todo. Como define GRUBLER, (1990):

"As atividades humanas acontecem de forma simultânea no espaço e no tempo. Uma sequência de atividades humanas, acontecendo no mesmo espaço temporal só se fez possível ao longo da história através do advento dos transportes. Logo fica destacada a importância que tal elemento possui na história da humanidade."

Os investimentos em infraestrutura visam facilitar a produção de insumos, matéria prima, e também a produção de serviços de um país. Além de terem o objetivo de facilitar a distribuição de produtos acabados para mercados consumidores e promover o acesso a serviços básicos de saneamento e saúde à população. Estes investimentos estão relacionados ao desenvolvimento econômico de uma nação. Não é possível haver desenvolvimento econômico sem investimento em infraestrutura por parte de um país.

No Brasil, por exemplo, um dos entraves ao crescimento econômico do país é o alto custo de transporte e logística. Os economistas criaram o termo "Custo Brasil" para definir os fatores que encarecem a produção no país e dentre os fatores que estão sendo considerados no cálculo deste índice está o custo de infraestrutura de transporte e escoamento da produção. Além de o país contar com uma malha ferroviária muito pequena, ela em muitos casos é ineficiente, sendo que na maioria dos casos o escoamento da produção do país acontece por via rodoviária, todavia esse é um tipo de transporte muito caro e com uma baixa capacidade de carga o que onera o produtor local, fazendo assim com que o mesmo perca competitividade com relação a outros produtores de outros países. Essa perda de competitividade é na verdade,

uma consequência da falta de investimentos maciços no setor de base no passado recente do país, logo o enorme potencial que o Brasil demonstra ter fica subutilizado caso o país não realize investimentos no setor de infraestrutura e possa assim reduzir os seus custos de produção e, por conseguinte melhorar a sua eficiência como um todo.

Como pode ser visto na Figura 7 abaixo, o investimento de um país no setor de infraestrutura tem um impacto direto na geração de riquezas deste país e consequentemente na qualidade de vida dos seus cidadãos:



Desenvolvimento econômico está tipicamente associado à infraestrutura

Figura 7 – Relação entre o desenvolvimento econômico versus o investimento em infraestrutura (MCKINSEY, 2013)

Podemos perceber através da ilustração acima¹ o quanto é importante termos uma infraestrutura de qualidade no nosso país. Os países que possuem uma maior pontuação na qualidade da infraestrutura que oferecem aos seus cidadãos possuem, como consequência, um maior PIB per capita. Podemos perceber que não por coincidência, esses países fazem parte do grupo de nações mais desenvolvidas do mundo.

¹ Ranking da pontuação WEF elaborada pelo Fórum Econômico Mundial sobre a competitividade econômica de 140 países ao redor do mundo.

Estima-se que o total de investimentos necessários para que o Brasil atinja o patamar ideal no sentido de oferecer uma infraestrutura de qualidade aos seus cidadãos seja de aproximadamente cinco trilhões de reais a serem investidos ao longo de vinte anos. Os especialistas afirmam que ainda há um desafio enorme a ser vencido pelo país, mas que existem formas de solucioná-lo (EXAME, 2013).

Os investimentos em infraestrutura promove a redução de custos e eleva a produtividade geral da economia e, portanto o país tem necessidade em realizá-los. É nesse sentido que a engenharia brasileira tem que se especializar cada dia mais e assim melhorar seus métodos de trabalho gerando ganhos de eficiência e competitividade a fim de poder suprir às demandas do país. Com o aumento do grau de complexidade dos projetos de infraestrutura no país, já que as necessidades passam a ser cada vez maiores com o passar dos anos, as empresas do setor da construção têm apresentado dificuldades para manter programações e orçamentos inicialmente contratados. A escassez de mão de obra altamente qualificada como gerentes de projeto, topógrafos e operadores de equipamentos complexos tem levado países em desenvolvimento a terem dificuldade na execução de seus projetos de engenharia, situação que ainda é agravada pelo grande número de profissionais experientes próximos da aposentadoria e da falta de número suficiente de jovens trabalhadores qualificados para substituí-los.

O uso de novas metodologias da construção, como o BIM, por exemplo, pode ser um novo aliado na resolução deste problema, pois possibilita que profissionais da última geração, sem muita experiência, realizem atividades que antes só seriam possíveis sob o comando de profissionais experientes. Esta mudança exige uma nova forma de trabalho que envolve um maior nível de colaboração, não apenas a coordenação entre os projetistas e empreiteiros no escritório, mas também no campo e por iniciar esta colaboração no início do processo de projeto.
2.3 BIM APLICADO A OBRAS DE INFRAESTRUTURA

Este tópico tem como finalidade apresentar como o *Building Information Modeling* é aplicado a obras de infraestrutura assim como também, ilustrar através de exemplos práticos o uso dessa metodologia nesse tipo de obra.

2.3.1 O USO DO BIM EM OBRAS DE INFRAESTRUTURA

Hoje em dia, uma das principais preocupações da engenharia é a de se poder fazer mais produtos usando menos insumos. Dessa forma, busca-se atualmente a geração de ganhos em produção, com menos custos de materiais, promovendo também os processos de construção de maneira que reduzam o seu impacto ambiental através das "construções sustentáveis", e também com a redução de custos e prazos através da "*Lean Construction*" (Construção Enxuta), por exemplo. É justamente nesse sentido que a Tecnologia da Informação vem a contribuir para o aprimoramento da engenharia procurando utilizar as novas ferramentas da tecnologia computacional nas obras de engenharia civil, reduzindo assim em muitos casos o "trabalho braçal" que muitas vezes é necessário ser feito e também reduzindo o tempo de execução de tarefas repetitivas.

Os *softwares* usados atualmente no mercado da indústria da construção como, por exemplo, o Microsoft Project, Microsoft Excel, RM Solum, Volare, Primavera P6, dentre outros, contribuíram muito para a evolução do controle e gerenciamento de obras de engenharia civil, assim como o AutoCAD (*Computer Aided Design*) deu um grande passo para o futuro com a substituição das pranchetas por desenhos computacionais, no século passado. Mas assim como comparado a adoção dessas tecnologias no passado, o BIM ("*Building Information Modeling*") é encarado hoje como uma das metodologias mais dinâmicas a serem implantadas com o objetivo de resolver os problemas da engenharia de uma forma mais rápida e eficiente, com ganhos expressivos de tempo e consequentemente com economia de recursos.

Como citado na parte introdutória deste trabalho, o uso do BIM ainda não é muito difundido dentro da indústria da construção atual sendo inclusive, algumas vezes utilizado como objeto de estudo de caso as dificuldades de sua implementação no modelo de construção contemporâneo. A adoção do BIM no setor de construção civil (edificações verticais) encontra-se mais avançada do que comparado com o setor de obras de infraestrutura, que ainda acontece de forma bastante tímida (PINI, 2013). Até mesmo por parte dos trabalhos acadêmicos publicados e bibliografia sobre o tema percebemos uma predominância maior por parte da aplicação do BIM a obras de construção vertical.

Entretanto, a adoção do BIM em obras de infraestrutura pode gerar ganhos expressivos para as empresas que atuam no setor como, por exemplo, a redução do custo de construção, a redução no tempo de projeto e no tempo de execução de um empreendimento, a redução de reclamações por parte dos clientes, a redução de retrabalho, além de uma melhora geral nos resultados da empresa (PINI, 2013). Desta forma, a adoção desta metodologia no ambiente de trabalho das obras de infraestrutura promove uma redução nas falhas construtivas de um empreendimento, reduz a adoção de sistemas indevidamente dimensionados e também reduz o risco de superfaturamento da obra, que gera como consequência benefícios para a sociedade em geral já que o maior contratante desse tipo de obra é o governo, que representa a população do país.

Uma pesquisa realizada pela Mc-Graw-Hill Construction no ano de 2012, representa uma melhora nos resultados do uso do BIM para obras no setor de infraestrutura (MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2012). Apesar de atualmente a metodologia BIM estar mais presente no setor de construções verticais, a pesquisa demonstra que houve uma evolução do uso desta metodologia de trabalho. Os resultados da pesquisa demonstraram em números os ganhos obtidos pelas empresas pesquisadas com a adoção desta nova metodologia nos seus métodos de trabalho (Ver Figura 8). A pesquisa apontou para uma redução de 22% no custo de construção, 33% no tempo de projeto e execução do empreendimento, de 33% nos erros em documentos, 38% de reclamações após a entrega da obra ao cliente e 44% nas atividades de retrabalho, o que gera como consequência ganhos reais para as empresas do setor.

A Figura 8 expõe, como dito acima, os resultados desta pesquisa assim como também demonstra o crescimento do uso desta metodologia para empresas que atuam em diversos setores das obras de infraestrutura, desde a construção de barragens até a empresas que trabalham com a construção de pontes, estradas e rodovias.

RESULTADOS DA PESQUISA



Figura 8 – Resultados da pesquisa feita sobre os benefícios da implantação do BIM em obras de infraestrutura (McGraw-Hill Construction, 2012).

O BIM, em função de possuir como característica a criação de um modelo virtual da obra em 3D, interconectado com todas as disciplinas de engenharia da obra, possui diversas aplicações possíveis de serem feitas no setor de obras de infraestrutura que variam desde a elaboração do seu projeto, do seu planejamento e orçamento até a sua execução.

A seguir serão expostas algumas formas de como se dá a aplicação do conceito de Modelagem de Informação da Construção em obras deste tipo. Algumas dessas aplicações serão utilizadas posteriormente no estudo de caso deste trabalho para avaliação dos benefícios do uso dessa metodologia em obras de infraestrutura.

2.3.2 APLICAÇÃO DO BIM À FASE DE TERRAPLENAGEM E MOVIMENTO DE TERRA

Uma das aplicações do BIM às obras de infraestrutura acontece na fase de terraplenagem e movimentação de terra. A análise da quantidade de volume de solo a ser escavado e movimentado na fase de terraplenagem é uma etapa importante para as obras de infraestrutura. Seja para saber o valor estimado de volume de corte e aterro de uma obra a fim de se ter um quantitativo para orçamento ou para elaboração de propostas ou até mesmo para passar a informação para o projetista analisar a área a ser construída e poder assim elaborar o projeto, esse tipo de informação é considerada bastante útil para as construtoras. Sendo obtidas previamente, através de dados extraídos do campo, as informações de topografia e com a definição do layout do empreendimento, pode-se dar início a fase de definição da geometria e mensuração dos volumes de terraplenagem. Nesta etapa os níveis dos platôs e seus limites são definidos.

Para este tipo de procedimento, o método tradicional consiste fazer o levantamento planialtimétrico do terreno a ser estudado e traçar os perfis geométricos da região analisada, incluindo o platô determinado. Esse método apesar de ser eficaz, demora em ser concluído e qualquer erro no levantamento planialtimétrico, ou até mesmo qualquer modificação realizada na forma do empreendimento, irá requerer uma grande quantidade de tempo para sofrer atualização o que pode gerar prejuízos para a empresa e para o empreendimento.

O uso do BIM reduz consideravelmente esse tempo, pois como está baseado na interoperabilidade e em modelos 3D dinâmicos, permite atualizações automáticas tanto nas fases de projeto e estudo da obra quanto na fase de execução caso seja necessário ser feita alguma modificação. Desta forma, quando são feitas, por exemplo, modificações no modelo da topografia, o modelo de terraplenagem também é modificado automaticamente, o que otimiza o tempo de produção das modificações e também aumenta a credibilidade do projeto.

O software AutoCAD Civil 3D, por exemplo, é uma ferramenta do BIM utilizada para esta finalidade e possibilita o cálculo automático dos volumes de terraplenagem de um empreendimento, fornecendo os volumes necessários de corte e de aterro para um determinado platô, o quanto de empréstimo ou bota-fora será necessário para a execução da terraplenagem do local, assim como também permite a realização de ensaios para a obtenção de uma cota "ideal" para fixação do platô do terreno, diminuindo assim a necessidade de empréstimo de material, e ainda fornece uma visualização em 3D do terreno já terraplenado o que facilita o estudo do mesmo. Neste presente trabalho será demonstrado no capítulo 4, em um dos tópicos do estudo de caso realizado, a aplicação prática deste *software* para esse fim.

A Figura 9 abaixo ilustra o modelo final do cálculo de um platô realizado com o uso do software AutoCad Civil 3D. Através do programa é possível se fazer todo o projeto dos taludes de contenção do terreno assim como também se obter automaticamente os volumes e áreas totais de corte e aterro necessários para se executar a terraplenagem do terreno. Este procedimento será demonstrado no capítulo 4 deste trabalho, onde serão avaliados os benefícios do uso do BIM em obras deste tipo.



Figura 9 - Projeto de terraplenagem feito com o uso da metodologia BIM (AUTODESK, 2013).

2.3.3 APLICAÇÃO DO BIM AO PROJETO DE ESTRADAS E PAVIMENTAÇÃO

Uma etapa importante para as obras de infraestrutura, principalmente para as obras de estradas é o projeto de pavimentação. Esta etapa acontece depois de definidos os dados de topografia e do estudo do terreno. O projeto e a construção de uma estrada geralmente dependem de dados topográficos assim como também documentos governamentais como alvarás e licitações. Todavia, o método tradicionalmente adotado para elaboração de projeto consiste em uma série de desenhos em duas dimensões (2D) que por limitações de sua forma

não conseguem expressar nem descrever por completo uma obra de engenharia, já que esta é na realidade um objeto em três dimensões (3D). Isso por consequência gera erros de leitura e omissões no projeto a ser executado.

A Modelagem de Informação da Construção, através da construção de um modelo interativo em três dimensões (3D) da obra no computador, tem como objetivo diminuir ou até mesmo acabar com essa possível fonte de erro que tem gerado elevação de custos por parte das empresas construtoras com a necessidade de retrabalhos e reparos. É importante lembrar que a interoperabilidade, como dita no Capítulo 2, é uma das características mais marcantes do BIM. Quando usamos um modelo elaborado com o conceito de Modelagem de Informação as alterações são feitas de forma automática entre os diferentes tipos de disciplinas envolvidas em um projeto. Portanto, quando mudamos fazemos uma alteração em uma parede, por exemplo, a janela adjacente também muda de lugar, assim como também acontece com a porta e a verga da porta, por consequência a quantidade total de material também é modificada o que gera um impacto no orçamento daquele projeto. Ou seja, uma modificação tem uma ligação com outra, sendo assim todas as modificações posteriores executadas automaticamente.

O alinhamento de uma estrada é um segmento contínuo em três dimensões (3D) composto por diversas partes como base, sub-base, subleito, calçada entre outros. Assim como exemplificado acima, os componentes constituintes de uma estrada são correlacionados uns com os outros, por exemplo, a velocidade limite de uma estrada tem relação direta com os raios das curvas que ela possui assim como também o cálculo de superelevação, estes últimos tem relação direta com o total comprimento da via. Logo cada um depende do outro e por consequência qualquer alteração realizada em um elemento resultará em modificações a serem feitas nos outros. Desta forma, no método tradicional, quando um projetista altera um trecho de uma estrada, todas estas etapas devem ser repetidas sucessivamente e isso resulta em uma grande quantidade de tempo e trabalho até que tudo seja concluído. Com a automação da metodologia BIM todo este processo pode ser simplificado sem perda em sua eficiência, o que gera ganhos de produtividade além da diminuição considerável do desgaste no trabalho.

2.3.4 USO DO BIM PARA ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS E PARA SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

Outra aplicação do *Building Information Modeling* nas obras de infraestrutura acontece no projeto e execução de obras de drenagem urbana e também para a análise de interferências que essas obras têm no ambiente em que elas estão inseridas. Os projetos desse tipo possuem uma grande quantidade de informações associadas a eles que vão desde dados de redes de drenagem pluvial, esgoto sanitário, distribuição e abastecimento de água potável, entre outros. Desta forma, torna-se necessário saber se os coletores e sub-coletores de um empreendimento residencial ou comercial, por exemplo, não irão afetar a instalação de um bueiro em uma área de aterro de uma rodovia ou até mesmo se é possível a instalação de um bueiro de coleta de água pluvial em uma área já urbanizada e com necessidade de drenagem.

Com a atual forma de visualização e análise de projetos em 2D, torna-se em alguns casos difícil a detecção de interferências entre projetos gerando como consequência casos de incompatibilidade e de "choque" no processo executivo o que acarreta em retrabalho, ineficiência e aumento de custos. Já com o uso da metodologia BIM e com a criação de um modelo parametrizado e virtual em 3D, torna-se possível a análise de possíveis incompatibilidades antes mesmo de o projeto ir a campo para ser executado, o software AutoCad Civil 3D, por exemplo, tem a função elaboração de projetos de drenagem urbana e sua possível interferência entre eles ou até mesmo com uma tubulação que previamente existente no ambiente urbano.

É importante ressaltar que a análise de interferências e de incompatibilidades não é uma característica presente apenas nos *softwares* BIM para a área de infraestrutura, pelo contrário em sua maioria os *softwares* BIM utilizados para construções verticais também realizam essas verificações, sendo esse assunto inclusive utilizado como tema principal em alguns trabalhos acadêmicos sobre o BIM.

A Figura 10 ilustra o uso do BIM para elaboração de projetos de drenagem urbana e para análise de interferências:



Figura 10 - Análise de interferências para obras de infraestrutura com o BIM (AUTODESK, 2013)

2.3.5 A INTEGRAÇÃO ENTRE BIM E GIS

Atualmente um fator que tem sido bastante importante na difusão do uso do BIM para área de infraestrutura, é a possibilidade de integração entre o modelo inteligente criado através da metodologia BIM e o Geografic Information System (GIS) ou em português, Sistema de Informações Geográficas (SIG).

O GIS pode ser definido como um conjunto de ferramentas para a entrada, armazenamento e recuperação, manipulação e análise e produção de dados espaciais (MARBLE et al., 1984). Portanto, o *Geografic Information System* se constitui em um sistema computacional que possui uma base de dados georreferenciados capaz de armazenar, analisar e manipular diversos tipos de dados geográficos e geoespaciais. Desta forma, o GIS possibilita uma localização real e exata de certa região do planeta terra onde um projeto será executado, o que gera um grande valor para o seu uso em obras de engenharia.

A integração do BIM com o GIS permite a criação de modelos em concordância com a realidade existente em seu entorno, com dados precisos de tipo de solo, nascentes de rios, áreas alagadas, áreas ocupadas, zonas urbanas, bairros específicos, áreas com espécies ameaçadas, zoneamento e uso do solo, entre outros.

Os *softwares* BIM para a área de infraestrutura permitem essa união entre os dois sistemas o que promove a integração entre as diversas disciplinas envolvidas no projeto de um empreendimento desse tipo e também facilita a avaliação de diferentes alternativas para o projeto, além de ajudar elaboração de propostas para o cliente final. O software Infraworks, por exemplo, que será utilizado como ferramenta para estudo de caso neste presente trabalho, realiza essa integração entre os dois sistemas GIS e BIM. Com isso é possível inserir em uma situação geográfica real, um novo projeto de engenharia e inclusive prever como será seu impacto no entorno depois de pronto.

A Figura 11 ilustra o *Geografic Information System* (GIS) e os tipos de dados nele armazenados:



Figura 11 - As camadas e os tipos de dados contidos no GIS (Ministério dos Transportes, 2014)

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desse trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os conceitos do BIM, sobre os conceitos de obras de infraestrutura e sua importância tanto para o país como para a engenharia civil e também sobre a aplicação da metodologia BIM em obras desse tipo. Para a obtenção de informações sobre os temas acima citados foram utilizados artigos científicos, livros técnicos, monografias de graduação, teses e dissertações de mestrado. Na sua maioria, a literatura contendo a aplicação da metodologia BIM em obras de infraestrutura se encontram na língua inglesa, sendo, portanto fundamental o domínio dessa língua para a obtenção das informações necessárias para a elaboração deste trabalho.

Também foi necessário adquirir conhecimento nos *softwares* que usam a metodologia BIM para obras e projetos de infraestrutura como, por exemplo, o AutoCad Civil 3D e o Infraworks, que foram as duas ferramentas do BIM utilizadas para o desenvolvimento do estudo de caso deste trabalho. Esse tipo de *software* ainda não é muito popularizado no Brasil, dessa forma foi utilizado o próprio conteúdo gratuito disponibilizado pela fabricante dos *softwares*, a Autodesk através do seu portal Universidade Autodesk para adquirir o conhecimento necessário para a criação dos modelos utilizados como estudo neste trabalho assim como também foram utilizadas vídeo-aulas fornecidas por sites norte-americanos da área para o esclarecimento dos conceitos destes *softwares*.

Após o estudo bibliográfico desenvolvido sobre os temas acima citados, foi realizado um estudo de caso com o objetivo de demonstrar o uso da metodologia BIM em uma obra de infraestrutura de uma via urbana localizada em Salvador, Bahia. No caso abordado nesse trabalho a obra ainda estava em fase de estudo para concorrer a uma licitação, desta forma foi tomado como base um anteprojeto da obra, que foi utilizado primariamente para a elaboração do orçamento e da proposta da mesma. Foi feito o uso dos *softwares* AutoCad Civil 3D e do Infraworks para demonstrar como é facilitada a visualização do projeto em suas condições reais de localização, como se pode extrair informações do modelo de projeto criado como o levantamento de quantitativos, por exemplo e como estes programas contribuem para a otimização dos projetos de obras de infraestrutura.

O Quadro 1 abaixo sintetiza a metodologia adotada nesse trabalho, seus objetivos, as atividades realizadas e os resultados esperados para cada uma delas.

OBJETIVO GERAL:	Avaliar o uso do BIM par	a o estudo de obras d viária.	e infraestrutura			
ORIETIVOS	ME	TODOLOGIA				
ESPECÍFICOS	ATIVIDADES	FERRAMENTAS	RESULTADOS ESPERADOS			
 Conhecer os conceitos e aplicações da metodologia BIM em obras de infraestrutura. 	Revisão bibliográfica sobre a aplicação do BIM em obras de infraestrutura.	Artigos, monografias, teses, dissertações, livros, etc.	Ampliar o conhecimento sobre a metodologia BIM para poder aplicá- lo ao ambiente profissional.			
 2- Aplicar a metodologia BIM para o estudo de uma obra de infraestrutura viária. 	Buscar conhecimento sobre como usar os programas AutoCAD Civil 3D e Infraworks através de Videoaulas, Tutoriais e Cursos.	Sofwares AutoCAD Civil 3D e Autodek Infraworks.	Aprender a utilizar <i>softwares</i> BIM e poder aplicar esse conhecimento à engenharia.			
3- Identificar os principais benefícios que o uso da metodologia BIM traz para o estudo de obras de infraestrutura viária.	Pesquisar o uso da metodologia BIM em situações reais através de estudos de caso os resultados obtidos com esse uso.	Artigos, monografias, teses, dissertações, livros, etc.	Obter informações sobre benefícios e possíveis malefícios na implantação dessa nova metodologia.			
4- Avaliar o uso da metodologia BIM para a otimização de processos dentro das obras de infraestrutura viária.	Aplicar o uso da metodologia a uma situação prática e analisar os benefícios. Extrair informações de estudos de caso já realizados por empresas.	Artigos, monografias, teses, dissertações, livros, Estudos de Caso, <i>Softwares</i> AutoCAD Civil 3D e Infraworks.	Identificar os pontos positivos na utilização da metodologia BIM em obras de construção pesada.			

Quadro 1 - Metodologia do Trabalho

4. ESTUDO DE CASO: A APLICAÇÃO DO BIM A UMA OBRA DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA

O objetivo do estudo de caso deste trabalho foi o de avaliar os benefícios da aplicação da metodologia BIM em uma obra de infraestrutura viária. Para o desenvolvimento deste estudo de caso foram utilizados os *softwares* AutoCad Civil 3D e o Infraworks. Foram analisados os benefícios obtidos com a utilização destes *softwares* para otimização de processos nas etapas de projeto e estudo da obra, levantamento de quantitativos dos materiais da obra para elaboração de orçamento e propostas, e os benefícios da integração entre as metodologias BIM e GIS para esse tipo de obra.

Para o desenvolvimento deste estudo de caso será feita primeiramente uma descrição da obra que será utilizada como objeto de estudo neste trabalho.

Após a descrição da obra, será exposto através do software AutoCad Civil 3D, os benefícios obtidos para a etapa de projeto da obra, assim como para a etapa de estudo da obra para elaboração de orçamento e propostas para participação em processos licitatórios. Desta forma, serão expostos ganhos com a otimização e automação de processos repetitivos, ganhos de precisão, obtenção de curvas de nível através de uma imagem de uma região qualquer obtida pelo Google Earth², vista real em três dimensões (3D) de um terreno obtida através de dados topográficos obtidos tanto do campo ou até mesmo de curvas de níveis geradas pelo programa obtidas do Google para o terreno.

Em seguida será exposto um recurso do software AutoCad Civil 3D para cálculo de platôs e taludes de terraplenagem, além da demonstração de como se obter automaticamente através deste software os volumes de corte e aterro de um determinado terreno, assim como a delimitação das áreas específicas do terreno onde eles acontecem.

Como última etapa do estudo, será analisada a função do software Infraworks no mesmo projeto. Será demonstrada a funcionalidade deste software para este tipo de obra assim como também será realizada a demonstração de como é feita a integração entre as metodologias GIS e BIM e os benefícios que ela traz para a engenharia.

A Figura 12 faz uma síntese das etapas utilizadas para elaboração do estudo de caso deste trabalho:

² As curvas de nível foram obtidas através do sistema de sensoriamento remoto.



Figura 12 - Etapas para elaboração do estudo de caso (Autor, 2014).

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

A obra utilizada como objeto de estudo para o desenvolvimento deste trabalho faz parte de uma série de medidas tomadas pelo governo a fim de melhorar as condições de mobilidade urbana da cidade de Salvador, capital do estado da Bahia. Trata-se de uma obra de infraestrutura de via urbana que visa à melhoria das condições de mobilidade urbana na cidade.

Dentre as medidas tomadas para promover esta melhoria, o governo propôs a construção de dois Corredores Transversais (ilustrados na Figura 13), que irão permitir a ligação direta entre a Orla Atlântica, o Centro da Cidade e a Orla Suburbana incluindo os bairros periféricos. Os Corredores têm o objetivo de promover a melhora do tráfego de veículos, facilitar o acesso daqueles que usam o transporte público para se locomover na cidade e reduzir o tempo de trajeto entre a orla atlântica e a zona urbana.

Este trabalho irá estudar especificamente o Corredor Transversal I, que tem o objetivo de fazer a ligação entre a Orla Atlântica, a Avenida Luís Viana Filho (Paralela), a Avenida Gal Costa e a Avenida Suburbana. Esta rodovia terá aproximadamente 12 quilômetros de extensão e será composta por uma via de duas faixas em cada sentido de tráfego.

A Figura 13 abaixo fornece a localização do Corredor Transversal I, que será usado como objeto de estudo neste trabalho:



Figura 13 – Localização do Corredor Transversal I, o objeto de estudo deste trabalho (Adaptado CONDER, 2014).

O trecho específico do Corredor Transversal I, que será estudado neste trabalho tem uma extensão de aproximadamente 860 metros e está localizado próximo a Avenida Luís Viana Filho (Paralela). Será estudada uma via urbana de com duas faixas de tráfego contendo meio-fio e calçada.

4.2 AUTOCAD CIVIL 3D PARA AS FASES DE PROJETO, ESTUDO DA OBRA E LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS

Nesta etapa do estudo de caso realizado neste trabalho serão demonstradas as funcionalidades do AutoCad Civil 3D para as obras de infraestrutura viária.

Para o inicio da construção do modelo em 3D no software AutoCad Civil 3D precisase das informações de topografia do terreno onde se pretende construir a obra. Essas informações podem ser obtidas de diversas maneiras por parte da empresa ou do profissional que irá executar o projeto neste software. Uma das formas de obtenção dessas informações é, por exemplo, através do envio de uma equipe a campo para a realização de um levantamento topográfico completo da região onde a obra será trabalhada. Outra maneira é através de um arquivo do AutoCad comum em formato. DWG que contenha as curvas de nível com as informações de cota e altitude da região onde a obra será construída. Essas informações podem ser obtidas também através de uma própria função contida na versão do programa AutoCad Civil 3D 2012 que permite extrair curvas de nível de uma região desejada através de uma imagem do Google Earth.

Na construção do modelo que será criado no estudo de caso deste trabalho foi escolhida a opção de obtenção dessas informações topográficas através de uma imagem do Google Earth da região onde a obra será projetada. Essa opção foi escolhida pelo fato dela não gerar custos e ainda permitir cumprir o objetivo do trabalho que é o de avaliar a metodologia BIM.

Para poder se inserir estas informações no programa, é necessário anteriormente informar as coordenadas geográficas da região que fará correspondência com a imagem importada. As informações do Google Earth estão associadas ao Datum (que em cartografia refere-se ao modelo matemático teórico da representação da superfície da terra) WGS 84, na latitude 24S.

A Figura 14 abaixo representa a configuração correta para a importação da superfície topográfica do Google Earth:

	Impenal to Metric conversion;	Scale:
Meters	 International Foot(1 Foot = 0.3048 Meters) 	▼ 1:1000
ngular units:	Scale objects inserted from other drawings	Custom scale:
Degrees	Set AutoCAD variables to match	1000
Zone		
Categories;	UTM, WGS84 Datum	
Available coordinate syst	tems:	
Selected coordinate syste	em code: UTM84-1N	
Selected coordinate syste Description: UTM-WGS 1984 datum,	em code: UTM84-1N Zone 1 North, Meter; Cent.Meridian 177d W	
Selected coordinate syste Description: UTM-WGS 1984 datum, Projection:	em code: UTM84-1N Zone 1 North, Meter; Cent.Meridian 177d W	
Selected coordinate syste Description: UTM-WGS 1984 datum, Projection: UTM	em code: UTM84-1N Zone 1 North, Meter; Cent.Meridian 177d W	
Selected coordinate syste Description: UTM-WGS 1984 datum, Projection: UTM Datum:	em code: UTM84-1N Zone 1 North, Meter; Cent.Meridian 177d W	
Selected coordinate syste Description:	em code: UTM84-1N Zone 1 North, Meter: Cent.Meridian 177d W	

Figura 14 – Configurações cartográficas para a correta importação da superfície do terreno pelo Google Earth.

Após a configuração do DATUM devemos ir à aba "*Insert*" e importar a imagem da região onde a obra será executada junto com a superfície topográfica que precisamos para a elaboração do modelo.



Figura 15 – Importação da superfície topográfica pelo AutoCad Civil 3D 2012.

Desta forma, importa-se a tanto a imagem como a superfície necessária, a forma da região será como ilustra a Figura 16 abaixo:



Figura 16 – Superfície topográfica já importada pelo programa e pronta para a construção do modelo.

Com o fornecimento das informações da superfície do terreno onde iremos trabalhar podemos prosseguir para executar as outras funções do programa necessárias para a execução do estudo. Para o desenvolvimento do modelo em 3D da estrada será seguido como base o anteprojeto da rodovia fornecido pela empresa "A" participante da construção da obra. Este anteprojeto será usado como objeto de demonstração do possível traçado para a rodovia.

A fase seguinte, após se ter os dados topográficos definidos, para a construção do modelo em 3D é a elaboração do alinhamento do traçado da via. A elaboração do alinhamento de uma estrada é uma das etapas fundamentais no projeto de uma rodovia e basicamente define por onde os carros irão trafegar, um bom alinhamento implica em satisfação, conveniência, conforto e segurança ao usuário da rodovia (HUANG, 2011). O projeto do alinhamento de uma estrada pelo método tradicional é um processo que requer bastante cuidado e que é composto por algumas tarefas repetitivas. Nas últimas décadas as planilhas de Excel e os programas que possuem mapas computacionais têm sido as principais ferramentas para a execução deste processo e isso tem gerado algumas falhas nesta etapa tão importante.

Entre os principais problemas encontrados atualmente pelo método tradicional de projeto estão: o fato de o perfil da superfície e o traçado do alinhamento não poderem ser considerados ao mesmo tempo, a falta de uma boa interface gráfica para o usuário o que dificulta uma boa visualização da posição do alinhamento, o fato dos requerimentos de projeto terem que ser analisados um por um e manualmente o que tem ocasionado erros humanos principalmente quando se trata de uma longa rodovia e principalmente o fato de as planilhas de Excel não estarem conectadas com os desenhos do projeto o que implica no fato de qualquer modificação que seja realizada tem que ser executada em diversos arquivos de diferentes programas (HUANG, 2011).

O processo de construção do alinhamento de uma rodovia usando o BIM acontece de forma muito mais simplificada, porém com alto grau de precisão de projeto. Para a construção do alinhamento no AutoCad Civil 3D o projetista apenas precisa definir um critério de projeto e definir quais parâmetros são relevantes para o projeto e com estas informações definidas o programa irá gerar o alinhamento da rodovia de forma automática e já inserido no ambiente real onde a estrada será construída. O sistema irá fazer os cálculos de forma automática e também as modificações realizadas serão atualizadas automaticamente para todos os parâmetros do projeto.

Para o modelo construído para este estudo de caso foram definidas as configurações padrões do programa AutoCad Civil 3D para a construção do alinhamento da estrada, com o cálculo automático das tangentes das curvas que estarão contidas no traçado da estrada. Desta forma, o programa calcula a melhor forma possível termos uma curva no traçado da estrada após termos definido sua geometria. A opção para a criação de um alinhamento nestas condições no programa está na aba Home, na função de criação de novos alinhamentos a Alignment Creation Tools, opção Tangent – Tangent (With Curves) como ilustrado na Figura 17 abaixo.

		ලි Civil 3D)			Superfíci	e do Terren	o com Foto do Eart
Can Home It	nsert Annotate	Modify	Analyze	View	Manage	Output	Survey	Autodesk 360 H
Toolspace	Import Survey Import Survey Points ▼ Surfaces ▼	Data	Parcel + Feature Line Grading +	⇒ • • <u>№</u>	Alignment Profile + Corridor	• 🏶 Inte 🗳 Ass St Pip	ersections • sembly • e Network	· M Profile View -
Palettes 💌	Create Ground Da	ta 💌		Cr	eate Design	*		Profile & Section
Alignment Layout T	ools - Alignment - (:	5)		- 41			9	? <mark>×</mark>
	4 /	× .	¢ - %	- 1		í 🖬 🤇	š 🗗 🗔	(A R)
A 🗸 Tangent-Ta	ingent (No curves)	1	Sp	iral Typ	e: Clothoid			
A Tangent-Ta	ingent (With curves) Spiral Settings		3. CA	1	7/1	1111/	2	1121

Figura 17 – Ferramenta para a construção do alinhamento da via no software.

Desta forma podemos definir livremente a geometria do nosso alinhamento por onde passará a estrada. A forma do alinhamento da estrada definido com base no seu Anteprojeto é ilustrada na Figura 18 abaixo:



Figura 18 - Alinhamento horizontal da via construído conforme o anteprojeto.

A próxima etapa na construção do modelo em 3D da estrada no software AutoCad Civil 3D é a criação do perfil longitudinal do alinhamento criado. Este perfil corresponde a posição do alinhamento da via em relação à superfície do terreno que foi importada anteriormente. A criação deste perfil do alinhamento da via se dá através da ferramenta do programa a "Profile Creation Tools" e é um requisito para a construção do modelo neste software. Após a criação desta vista do perfil da estrada podemos criar o perfil vertical da via, definindo as elevações, os trechos planos e a declividade de alguns trechos da via. Para este estudo de caso a exemplo do que foi feito com o alinhamento da estrada iremos seguir o modo de criação automática do melhor traçado vertical da estrada, também com a criação automática das curvas verticais a partir de uma geometria definida. A Figura 19 abaixo o perfil do alinhamento da estrada destacando em vermelho o traçado original da superfície daquela região e em azul o terreno final da estrada com as respectivas inclinações de suas elevações.



Figura 19 - Construção do perfil longitudinal da via.

Com as informações de traçado da via acima definidas, tais como o seu alinhamento horizontal e o seu perfil longitudinal, deve-se executar apenas mais uma etapa para a construção do modelo da estrada no software AutoCad Civil 3D que é a criação da plataforma da via.

Existem diversos tipos de modelos para a construção de uma rodovia no AutoCad Civil 3D. A construção desta parte da estrada é feita no programa através do comando "Create Assembly - Subassembly", ilustrado na Figura 20, onde é possível se definir os parâmetros de projeto e também construir a forma da seção transversal da via. Através deste comando podese definir, por exemplo, a profundidade das camadas da via, a largura do meio-fio, se a rodovia terá ou não a proteção do "guard-rail", a largura das calçadas da rodovia, se teremos uma rodovia duplicada ou de apenas uma única pista, se teremos acostamento na estrada e sua largura, entre outros.



Figura 20 – Os comandos Create Assembly e Subassembly, necessários para a construção da plataforma transversal da via.

Para a construção deste modelo iremos adotar uma plataforma baseada no Anteprojeto desta obra. A plataforma será, portanto composta por um subleito com espessura de 20 cm, uma sub-base com espessura de 20 cm, uma base com espessura de 15 cm, e uma camada de pavimento asfáltico (CBUQ) de 5 cm. A plataforma terá duas faixas de tráfego, meio-fio e calçada em concreto. Para os taludes de corte e aterro da pista serão adotados os valores práticos de 1.00:1.00 para talude de corte e 1.50:1.00 para o talude de aterro.

As Figuras 21 e 22 abaixo ilustram a definição destes parâmetros da plataforma, que serão inseridos no comando "Create Assembly - Subassembly" explicado acima e o desenho final da plataforma da estrada já com todos os parâmetros definidos.

rmation Parameters Code	25	
np <mark>ut val</mark> ues:		
Value Name	Default Input Value	
Side	Right	
Width	3.600m	
Default Slope	-2.00%	2
Pave1 Depth	0.050m	
Pave2 Depth	0.150m	
Base Depth	0.200m	
Sub-base Depth	0.200m	
Use Superelevation	None	





Figura 22 – Modelo final da seção transversal da plataforma da via já construído com as especificações contidas no anteprojeto.

Após a criação do alinhamento horizontal e perfil longitudinal da via e com a definição da sua plataforma, temos todos os requisitos necessários para a criação do modelo da estrada no programa.

O passo seguinte será o uso do comando "Create Corridor" existente no programa. Este comando irá de forma automática, juntar as três informações fornecidas (alinhamento horizontal, alinhamento vertical e plataforma) e criar um novo "objeto" que será o modelo da estrada propriamente dito. A Figura 23 ilustra o comando "Create Corridor" contido na aba "Home" do programa.



Figura 23 - Comando "Create Corridor".

Este comando, portanto, cria uma nova superfície no programa e junta as informações da profundidade das camadas da plataforma, o traçado do alinhamento ao longo da superfície do terreno, as cotas verticais da pista, suas elevações e outros parâmetros específicos de projeto em um só modelo com vistas em 2D e em 3D.

Neste formato de estrada criado, como dito acima, temos todos os dados de projeto reunidos em um só modelo com visualização em 3D na região exata onde a rodovia será executada, é como se tivéssemos uma pré-visualização de como seria a pista já construída naquela região e de como seriam os seus impactos gerados.

As Figuras 24, 25 e 26 ilustram o modelo já concluído e suas formas de visualização em três dimensões (3D).



Figura 24 - Visualização do modelo final contendo todas as informações de projeto da via em 2D.



Figura 25 - Visualização de um trecho do modelo da via em 3D.



Figura 26 - Visualização de outro trecho do modelo da via também em 3D.

Após a criação do modelo da estrada, podemos a partir dele extrair algumas informações valiosas a respeito do empreendimento. Através desse modelo podemos levantar todos os quantitativos dos materiais envolvidos na construção da rodovia como, por exemplo, o quantitativo de asfalto contido no trecho da estrada, a quantidade de brita necessária para se executar a sua fundação, o quantitativo de meio-fio, entre outros.

Podemos também saber o quanto de solo será necessário para se fazer toda a terraplenagem da rodovia e também quais são as áreas onde haverão corte e aterro no terreno.

A seguir será demonstrado como, a partir deste modelo criado acima, podemos fazer o levantamento de quantitativos destes materiais. Será demonstrado também como podemos fazer o cálculo dos volumes de corte e de aterro necessários para se executar a terraplenagem do trecho da estrada.

4.2.1 LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS

O AutoCad Civil 3D permite que uma planilha de Excel externa seja anexada ao modelo criado e a partir dela os itens desta planilha podem ser relacionados aos itens do projeto com as suas devidas unidades. Por exemplo, sabendo que a primeira camada da plataforma da via será de asfalto com 5 cm de espessura, é possível "informar" ao programa que esse dado corresponde ao item "001 – Asfalto" contido em uma planilha externa do Excel, planilha essa que corresponde aos itens contidos na obra.

O comando "QTO Manage" na aba "Analyse" permite que essa associação seja feita. A Figura 27 ilustra a localização deste comando no programa.



Figura 27 – O comando "QTO Manager" utilizado para se fazer a associação entre itens de uma planilha de Excel a objetos do modelo.

Para o modelo construído nesse estudo de caso será usada uma planilha padrão que já vem previamente instalada com o software AutoCad Civil 3D. Os itens desta planilha encontram-se todos em inglês. Todas as unidades contidas nos itens desta planilha se encontram no sistema americano de unidades. Vale ressaltar que qualquer planilha de itens pode ser associada ao modelo criado pelo programa, para este estudo de caso foi optado o uso de uma planilha padrão do sistema com o objetivo de preservar os itens contidos na planilha real de orçamento da empresa construtora.

O comando de levantamento de quantitativos "Quantity Takeoff" foi utilizado neste estudo de caso para contabilizar os itens abaixo contidos no modelo em 3D:

- Sub-base (*SUBBASE*)
- Base (STABILIZED BASE COURSE)
- Meio-Fio (CURB, CONCRETE)
- Calçada em Concreto (SIDEWALK, CONCRETE)

A planilha em Excel contém previamente todos estes itens acima, e a partir do comando "QTO Manage" estes itens foram associados aos elementos do modelo em 3D referentes a eles. Essa associação é feita manualmente e é possível devido ao fato de que todos os elementos contidos no modelo criado pelo programa AutoCad Civil 3D serem parametrizados, ou seja, possuem informações associadas a eles, o que é uma característica fundamental da metodologia BIM, como explicado anteriormente.

Depois de feita a atribuição de cada item da planilha com os itens do modelo, o programa irá calcular automaticamente a quantidade dos itens que tiveram essa atribuição através do comando "Takeoff" localizado ao lado do comando "QTO Manage".

Com a seleção do comando "Takeoff" deve-se pedir para o programa calcular automaticamente as quantidades dos materiais associados com os itens da planilha através da função "Compute Quantity Takeoff" que poderia ser traduzido ao português como "Contabilizar Quantidades de Materiais". Após a seleção deste comando o software irá calcular automaticamente todos os materiais que foram associados anteriormente aos itens da planilha e gerar um relatório final com esses quantitativos. A Figura 28 ilustra o comando "Compute Quantity Takeoff".

Compute Quantity Ta	ikeoff	
Report type		
Summary	🔘 Detailed	
Report extents		
Drawing		•
Report quantity for	sheet extents only	
Limit extents to align	nment station range	
Alignment:		
'"⊒∋ Alinhamento da	a Rodovia	- 6
Start station:		
0+000,00m		
End station:		
0+863.26m		
Report output		
Report selected pay	items only	
Report station and offs	et relative to:	
<none></none>		- 6
Compute	Close	Help
compute	Ciuse	Tich

Figura 28 – O comando "Compute Quantity Takeoff".

A Figura 29 abaixo ilustra todos os materiais já calculados e seus respectivos quantitativos já a eles atribuídos. Vale ressaltar que as unidades estão no sistema americano e que os itens estão em inglês, pois essa é a formatação original dos itens da planilha padrão do sistema.

File Edit Format View	Help		
12	Summary Takeoff Report		
Pay Item ID	Description	Quantity	Unit
30105-0000 41801-0000 60901-0000 61501-0100	SUBBASE FOAMED ASPHALT STABILIZED BASE COURSE CURB, CONCRETE SIDEWALK, CONCRETE	6209 7425.79 3395.071 7425.79	TON SQYD LNFT SQYD

Figura 29 – Quantitativos finais de Sub-base, Base, Meio-Fio e Calçada em concreto calculados automaticamente pelo programa.

Todos estes quantitativos foram calculados automaticamente pelo software. Essa ferramenta pode ser muito útil para a elaboração de um orçamento por exemplo. Desta forma, o software pode ser utilizado tanto para a execução do projeto através da criação do modelo da obra em 3D como também para a extração de informações a partir deste modelo como os quantitativos dos materiais envolvidos no projeto.

4.3 AUTOCAD CIVIL 3D PARA O CÁLCULO DE PLATÔS E VOLUMES DE TERRAPLENAGEM

Outra importante função do Autocad Civil 3d, como dita anteriormente neste trabalho no tópico 2.3.1, é o uso deste software para o cálculo de volumes de terraplenagem de um determinado terreno para um determinado platô específico, assim como também o projeto dos seus taludes.

Para se usar essa função do software é necessário seguir os mesmos passos iniciais feitos para a elaboração do modelo em 3D da rodovia, feito no tópico anterior. Ou seja, necessitamos das informações topográficas do terreno, de suas curvas de nível e da sua localização geográfica. Como todos esses procedimentos já foram realizados para a construção do modelo anterior, essa função será demonstrada dentro do mesmo arquivo daquele modelo, ou seja, as características do terreno e da região do modelo anterior serão mantidas.

Para se fazer o cálculo do volume de terraplenagem de um determinado terreno no AutoCad Civil 3D, é preciso se criar um lote delimitando o terreno. Este procedimento é feito através do comando "Feature Line" localizado na aba "Home" do programa. Este comando é utilizado para se criar uma espécie de "Polyline" que contém informações paramétricas da elevação e superfície do terreno onde se irá delimitar o lote. É a partir das definições de elevação desta "Polyline" que se faz possível a criação de uma superfície final e o subsequente calculo dos volumes de terraplenagem do terreno.

Foi escolhida uma área próxima ao final do trecho do modelo da estrada construído no tópico anterior para a construção de um lote que será utilizado como objeto para esta parte do estudo de caso. Vale ressaltar que esse terreno não se trata de um lote real, mas apenas um objeto de estudo deste trabalho para avaliar a funcionalidade desta ferramenta do programa. Essa área escolhida foi denominada de "Lote A" e a partir dela serão extraídas as informações dos volumes de corte e aterro necessários para se executar a sua terraplenagem completa. Abaixo serão expostos os passos necessários para a execução deste procedimento e os volumes finais de terraplenagem de corte e de aterro deste terreno.

O primeiro passo para a execução do cálculo de volume de terraplenagem no AutoCad Civil 3D, como dito anteriormente, é o comando "Create a Feature Line", ilustrado na Figura 30.

Feature Line	🔹 🕍 Profile 🔹	🗳 Assembly 🔹	-4
💣 Grading 🔹	Feature Line		
	Provides comma	nds for creating feature	lines

Figura 30 – O comando "Feature Line".

A "Feature Line" é uma espécie de "linha" especial no programa que quando delimitada na forma de uma figura geométrica fechada, é interpretada pelo software como um terreno fechado. Ela pode ser explicada como sendo a cerca do terreno, ou seja, a sua delimitação. A Feature Line contém informações do perímetro e da área do terreno assim como também das suas elevações.

A Figura 31, ilustra a área do Lote A, escolhida para a execução da terraplenagem assim como também a sua Feature Line delimitando este lote.



Figura 31 – Localização e delimitação do Lote A.

Através do comando "Feature Line Properties" é possível se extrair as informações do perímetro, da área e das elevações em que os vértices deste polígono se encontram. A Figura 32 ilustra essas informações do Lote A.

roperty	Value
Number of Points	4
PI Points	4
Elevation Points	0
2D Length	414.029m
3D Length	414.941m
Area	10670.06sq.m
Minimum Elevation	38.255m
Maximum Elevation	49.470m
Minimum Grade	2.20%
Maximum Grade	10.34%
reakline Data:	Breakline Group

Figura 32 – Informações sobre a "Feature Line" criada.

De acordo com a Figura 32 acima, o terreno delimitado pelo Lote A, tem 414,03 metros de perímetro, 10.670,06 metros quadrados de área e ocupa uma região onde a elevação mínima equivale a 38,255 metros e a elevação máxima é igual a 49,470 metros.

Para efeito de estudo, será arbitrado uma cota única que deverá servir como base para o platô de terraplenagem deste lote. A cota de terraplenagem será a de 40 metros. Desta forma todos os pontos contidos dentro da área delimitada por este lote deverão ter uma cota única de 40 metros. Logicamente que para isto acontecer será necessário se efetuar corte e aterro de material neste terreno e é justamente esse o objetivo desejado.

O passo seguinte é entrar no comando "Feature Line Elevation Editor" que fornece todos os dados referentes às elevações da "Feature Line" e modificar todos esses pontos para a cota especifica de 40 metros, estabelecida pelo critério já explicado. A Figura 33 ilustra todas as elevações da "Feature Line" já modificadas para a cota única de 40 metros.

R	Q 🖌 🕅	수 문 🕼 🗓	000m 🔥 +	1 🗱 🕹 📭	a a a a a a a a a a a a a a a a a a a
	Station	Elevation	Length	Grade Ahead	Grade Back
	0+000.00	40.000m	109.547m	0.00%	0.00%
4	0+109.55	40.000m	99.146m	0.00%	0.00%
	0+208.69	40.000m	108.454m	0.00%	0.00%
	0+317.15	40.000m	96.882m	0.00%	0.00%
	0+414.03	40.000m			

Figura 33 – Todas as elevações fixadas em 40 metros.

O campo "Elevation" da Figura 33 ilustra que todas as elevações foram arbitradas em 40 metros. Diferentemente da situação inicial em que o terreno se encontrava, que como dito acima, possuía elevações que variavam de 38,255 a 49,470 metros.

Com esses dados determinados podemos utilizar o comando Grading do programa que é um comando parametrizado capaz de determinar as inclinações e os desenhos necessários para a execução dos taludes de corte e de aterro do terreno especificado.

O comando Grading irá nivelar a Feature Line delimitada acima, à superfície topográfica (Obtida através das curvas de nível no tópico anterior) onde o terreno se encontra. Ou seja, este comando praticamente executa virtualmente toda a terraplenagem do terreno desejado, de forma automática. É através deste comando que definimos as inclinações dos taludes, e nesse caso serão atribuídas as inclinações de 1,00:1 no corte e 1,50:1 no aterro, adotadas na prática. A Figura 34 ilustra o comando Grading, localizado na aba Home.



Figura 34 - O comando "Grading".

Após selecionado o comando Grading, deve-se escolher a modalidade "Grade to Surface" que irá nivelar a "Feature Line" especificada acima, com todas as cotas fixadas em 40 metros, na superfície real do terreno. Após essa determinação pode-se extrair a volumetria do terreno e também suas áreas de corte e aterro. As Figuras 35, 36 e 37 ilustram a terraplenagem já executada no terreno do Lote A. Na Figura 35 é possível ter uma vista em 2D dos taludes do terreno assim como também da sua forma após ser terraplenado. Nas Figuras 36 e 37, através da função "*Object Viewer*", também utilizada no tópico 4.2 anterior, é possível ter uma visualização em 3D do mesmo terreno com a terraplenagem já executada e o seu platô definido.



Figura 35 - Vista em 2D da terraplenagem já executada no Lote A.



Figura 36 – Vista em 3D da terraplenagem já executada no Lote A.



Figura 37 - Outra forma de visualização em três dimensões da terraplenagem já executada.

Com os dados de terraplenagem corretamente inseridos, e com a terraplenagem executada, é possível se extrair as informações dos volumes de corte e aterro que executados neste procedimento.

O cálculo dos volumes é feito de forma automática através do comando "Volume Dashboard" localizado na aba Analyse. A partir deste comando o programa irá informar os volumes de corte e aterro em metros cúbicos são necessários para se executar a terraplenagem deste terreno. A Figura 38 ilustra o comando "Volume Dashboard".



Figura 38 - O comando "Volume Dashboard".

Para o Lote A, através do comando Volume Dashboard foi possível obter as seguintes informações dos volumes de corte e aterro do terreno (Figura 39):

Cut Factor	Fill Factor	Style	2d Area(sq.m)	Cut(adjusted)(Cu. M.)	Fill(adjusted)(Cu. M.)	Net(adjusted)(Cu. M.)	Net Graph
1.000	1.200	Contours 2	12704.56	33584.94	3167.34	30417.60 <cut></cut>	

Figura 39 - Quantitativos dos volumes de Corte e Aterro do Lote A.

Ou seja, foram para se terraplenar o Lote A na cota única de 40 metros, determinada para todos os pontos do lote, na região considerada, são necessários um volume de corte de material de 33.584,94 m³ e um volume de aterro de material de 3.167,34 m³, já com o fator de empolamento atribuído de 1,2 para o aterro. Desta forma, a terraplenagem deste terreno irá gerar uma sobra de 30.417,60 m³ de material que deverá ser destinado para bota-fora ou para uso em outra obra, caso seja um material de boa qualidade. A Figura 40 ilustra as áreas do terreno, indicadas pelo programa, em se fez necessário realizar tanto o corte como o aterro a fim de obtermos o terreno totalmente terraplenado.



Figura 40 – Indicação das áreas do terreno onde houveram Corte e Aterro. A área em verde corresponde a área de aterro e a área em vermelho a de corte.

Na Figura 40 a área em vermelho indica toda a área que precisou ser cortada do terreno, ou seja, que estava acima da cota de 40 metros definida como platô. Já a área em verde mostra a área que precisou ser aterrada, ou seja o oposto.

Com os quantitativos dos volumes de corte e aterro definidos pode-se fazer o orçamento de terraplenagem necessário para a execução de um empreendimento e também se analisar se é viável a sua construção. Esse dado, portanto é bastante útil para as empresas construtoras.

Os Comandos Grading e Volume Dashboard também permitem que sejam feitos ensaios de como seriam os volumes se a cota de terraplenagem do terreno fosse rebaixada para 39 metros, por exemplo, ao invés dos 40 metros fixados inicialmente. Ou ainda caso fosse necessário aumentar a cota 42 metros por exemplo.

Dessa forma é possível se obter essas informações facilmente, basta selecionar no comando Grading Volume Tools, localizado no comando Grading na aba Home, e escolher as opções "Raise the Grading Group" ou "Low the Grading Group" para aumentar ou diminuir respectivamente de forma automática a cota de terraplenagem para a altura desejada e também fornecer os novos volumes necessários para se fazer a terraplenagem nessa cota.

4.4 INTEGRAÇÃO ENTRE BIM E GIS PELO INFRAWORKS

Como dito anteriormente neste presente trabalho, o Infraworks é um software que busca integrar as tecnologias BIM e GIS em um só ambiente de trabalho, portanto através do uso deste software é possível projetarmos uma obra de engenharia e ver como esta obra se encaixa no ambiente exato onde ela irá ser construída posteriormente.

Inicialmente, para se poder criar um modelo neste programa é necessário inserir os dados referentes à localização real de onde o empreendimento em estudo será construído. Essas devem ser informações de georreferenciamento daquela região específica onde se localiza a obra. Para o caso da obra utilizada como objeto de estudo neste trabalho, as informações geográficas inicialmente inseridas no programa dizem respeito a cidade de Salvador, Bahia, Brasil.

A visão inicial do programa, sem a informação prévia de dados específicos de localização geográfica é a do globo terrestre inteiro, desta forma o software não reconhece o local exato onde será construído o empreendimento. Portanto é de fundamental importância a informação correta dos dados geográficos iniciais para a construção do modelo em 3D no Infraworks. A Figura 41 ilustra a visão inicial do programa sem a entrada de nenhum dado referente a uma localização específica.



Figura 41 - Visualização inicial de um modelo a ser criado no software Infraworks.
Para que o software identifique exatamente onde pretendemos construir o empreendimento é necessário a informação correta dessa região. Essas informações podem ser inseridas manualmente no programa, através das coordenadas geográficas de uma certa região, ou pode-se carregar um arquivo com uma imagem "Raster" que esteja georeferenciada, sendo que esta imagem será automaticamente reconhecida pelo software que irá indicar a posição exata onde ela se encontra no globo terrestre.

Para a construção do modelo feita para este trabalho inicialmente foi obtida uma imagem via satélite LandSat, que por si já contém todas as informações geográficas necessárias para o reconhecimento do programa. Porém, Essa imagem tinha uma resolução espacial máxima de 30 metros por 30 metros (900 m² de Área), sendo uma resolução baixa para uma boa visualização da área onde a obra será construída. Desta forma, optou-se pela coleta de uma imagem do Google Earth, que tem uma ótima resolução, e um posterior georreferenciamento desta imagem com o uso do software ArcGIS que é um software que usa a tecnologia GIS para criação e utilização de mapas, compilação de dados geográficos, analisar informações mapeadas, compartilhar e descobrir informação geográfica, entre outros.

O georefenrenciamento desta imagem com o software ArcGIS se deu com base no trabalho desenvolvido por Pedrassoli (2011). Este processo de georreferenciamento de imagens com o software ArcGIS consiste basicamente em uma sobreposição entre a imagem coletada no Google Earth e o mapa georefenciado já contido no software ArcGIS. Uma vez que as imagens estiverem o máximo possível sobrepostas entre si, a imagem que foi obtida do Google Earth (que inicialmente não estava georeferenciada) passa a conter os pontos geográficos específicos da região de onde ela realmente pertence no globo terrestre e também os dados de elevação que serão importantes para a criação da superfície de relevo que será também utilizada para a construção do modelo em 3D.

A imagem utilizada para o georreferenciamento no software ArcGIS foi da mesma região utilizada para a construção do modelo em 3D da rodovia no software AutoCad Civil 3D, feito no início deste capítulo.

A Figura 42 ilustra a imagem já georreferenciada pelo ArcGIS que será utilizada como base para a construção do modelo em 3D feito pelo Infraworks neste tópico.



Figura 42 - Imagem georeferenciada pelo software ArcGIS.

Com a imagem georreferenciada e com as informações das elevações, têm-se todos os dados iniciais necessários para a construção do modelo em 3D no software Infraworks. A partir do fornecimento desses dados o programa irá gerar uma superfície de relevo que corresponde a região exata onde se irá construir o empreendimento em estudo. A seguir serão expostos os passos para se inserir os dados corretos da imagem georreferenciada no software e o resultado final da superfície gerada pelo programa e a região correta da obra.

Primeiramente, é necessário informar ao programa qual a norma cartográfica que se irá utilizar para a informação das coordenadas geográficas da imagem. No caso do modelo deste estudo de caso, iremos trabalhar com o sistema UTM-WGS-84 que é o mesmo sistema utilizado pelo Google Earth, que será utilizado como fonte de obtenção da imagem georreferenciada. Pelo sistema WGS-84 a cidade de Salvador, se encontra na zona 24-Sul.

Portanto para a criação do novo modelo em 3D no software Infraworks, deve-se ir à aba início, novo modelo e clicar na opção configurações avançadas. É nesta opção que o sistema de referencia deve ser informado corretamente. Após essa definição deve-se inserir os dados da imagem georreferenciada na aba configurações, opção "Definir Extensão do Modelo", que está localizada logo acima da aba configurações avançadas. Estes procedimentos, já com as informações corretas, podem ser vistos nas Figuras 43 e 44 abaixo.

Configurações Avançadas				
Esquema de Banc Arquivo de mode	io de Dados No de esquema:			
Sistemas de coord	denadas			
UCS:	UTM84-24S 💿 🔻			
	Utilizado para a exibição de coordenadas na barra de status. Você pode defini-lo para um sistema de coordenadas a qualquer momento, sem afetar o modo de armazenamento dos dados no banco de dados GIS ou exibido no modelo 3D.			
Banco de dados:	UTM84-24S 💿 🔻			
	Usar um sistemas de coordenadas de projeção não aumenta a velocidade ou a precisão, ou permite importar dados adicionais, mas irá limitar o tamanho possível de seu projeto. A única razão para alterar as configurações padrão é se você deseja trabalhar diretamente com o modelo do arquivo SQLite fora do Autodesk InfraWorks.			

Figura 43 - Definição do Sistema de Coordenadas no Programa

Nome:	Corredor Transversal I - Trabalho de Conclusão de Curso		
Descrição:			
🗸 Definir a	Extensão do Modelo		
Extensão			
	x		
Mínimo:	559740.69	8568000.37	
Máximo:	563760.50	8571047.40	
		Carregar extensão de arquiv	/0]

Figura 44 - Definição das Coordenadas Geográficas do Modelo no Infraworks

Desta forma, após a imagem georreferenciada ser inserida no software, percebe-se que o programa reconhece a posição exata de onde a imagem pertence no globo terrestre. Para o local específico da obra a diagonal traçada reconhecida pelo software Infraworks, utilizando o sistema UTM WGS-84 posição 24S foi:

Ponto Mínimo	Ponto Máximo
X = 559.740,69	X = 563.760,50
Y = 8.568.000,37	Y = 8.571.047,40

Quadro 2 - Coordenadas Geográficas da Região do Projeto Baseadas no Sistema UTM WGS-84

Uma vez que todos esses dados são inseridos o software gera as informações geográficas e topográficas de relevo da região específica e a partir deste ponto é possível criar o modelo em 3D da rodovia que está sendo utilizada como objeto de estudo deste trabalho. A Figura 45 ilustra a imagem georreferenciada já inserida no programa e com as informações do relevo da região onde o empreendimento será construído. A fase seguinte a esse ponto será a utilização das ferramentas de criação do programa para a construção do modelo da rodovia em 3D.



Figura 45 – Imagem georreferenciada já inserida no programa

Podemos perceber através da Figura 45 que a imagem georreferenciada corresponde ao ambiente real da obra, assim como também as suas cotas de elevações, ou seja, o seu relevo. Essas informações são importantes quando se quer fazer um estudo de possibilidades construtivas para uma obra, por exemplo, ou para se ter uma ideia do impacto do projeto no ambiente real em que ele se encontra, ou até mesmo para se fazer uma análise preliminar de como se dará a obra após sua construção.

Com as informações da superfície do terreno e da sua localização corretamente inseridas pode-se então dar início as funções de projeto do programa. Através do comando "Criar e Editar Recursos" localizado na aba início é possível se criar rodovias, túneis, viadutos, loteamentos, edifícios, áreas de proteção, entre outros. Essas criações acontecem como se fossem modificações no ambiente real onde se pretende realizar um empreendimento. Ou seja, é como se fosse feito realmente um estudo preliminar de como seria a obra já executada em um determinado lugar. A Figura 46 ilustra o comando Criar/Editar recursos.



Figura 46 - O comando Criar/editar recursos

Para a construção do modelo do Corredor Transversal I no software Infraworks, o comando Criar/editar recursos será utilizada para a criação de uma estrada como ilustra a Figura 47.



Figura 47 - Comando para a criação de estradas no software

Com este comando é possível se fazer um projeto preliminar de uma estrada no software. A partir deste projeto é possível se analisar os reais impactos que essa estrada terá na região específica onde será construída, com suas dimensões reais. Desta forma pode-se evitar, por exemplo, que essa estrada passe por uma Área de Proteção Ambiental (APA), ou se evitar um número menor de possíveis desapropriações ao longo do traçado da via, ou até mesmo possíveis interferências que possam vir a acontecer com a implantação daquela via.

A construção deste modelo preliminar nesse software acontece de uma forma prática e rápida, sendo possível a sua utilização inclusive durante reuniões das equipes envolvidas na obra para discussões de diferentes possibilidades de projeto e traçado.

O modelo construído para este estudo de caso procurou seguir a proposta do anteprojeto que foi utilizado como base para a elaboração deste trabalho, desta forma, o traçado proposto busca seguir a mesma direção do traçado original para esse trecho em estudo que se inicia na Av. Luis Vianna Filho e se extende ao encontro da Av. Gal Costa num comprimento total de aproximadamente 800 metros.

Inicialmente, para a criação do modelo, após a seleção do comando "Criar/Editar Recursos", e a escolha da opção "Criar Estradas" deve-se escolher que tipo de estrada será construído. Como esse *software* não tem o objetivo de fazer um projeto detalhado da obra, os estilos escolhidos têm como maior objetivo uma melhor visualização de como será realmente o projeto. Desta forma, é possível a seleção, por exemplo, de uma estrada de apenas duas faixas, ou de uma estrada duplicada, de uma estrada feita de pavimento rígido, entre outros. A Figura 48 ilustra alguns dos diferentes estilos que são possíveis de ser utilizados para a construção de um modelo de estrada neste software.

No modelo criado neste estudo de caso, foi utilizada a opção "*Street with Sidewalk*" que cria um modelo de rodovia já pavimentado, com calçada e já urbanizado. Como o Infraworks tem o objetivo de fazer um projeto preliminar da obra, caso esse projeto seja decidido como definitivo pela empresa construtora, ele deverá ser exportado para um software que tenha a capacidade de fazer um projeto detalhado da obra, com todos os cálculos necessários. No caso de obras deste tipo, que são obras de infraestrutura, como dito anteriormente, o software mais indicado para este procedimento é o AutoCad Civil 3D.



Figura 48 - Seleção do Estilo da Via

Durante a execução deste estudo de caso foram encontradas dificuldades na exportação do modelo criado no Infraworks para o software AutoCad Civil 3D, sendo portanto criados modelos independentes nos dois programas. Todavia essa interoperabilidade entre estes *softwares* se mostra possível sendo inclusive recomendada pela empresa fabricante a Autodesk, para o desenvolvimento de um modelo final completo.

Com o traçado da estrada definido no anteprojeto e o estilo da via escolhido (como ilustra a figura 48) é possível se criar a estrada na superfície do terreno.

As Figuras 49 e 50 a seguir ilustram o modelo da via criado no software e sua forma de visualização em 3D.



Figura 49 - Visualização em 3D do Modelo Criado



Figura 50 – Visualização em 3D do Modelo Criado

Outra ferramenta importante deste programa é a possibilidade do estudo de novas propostas em cima de um modelo criado. Para o modelo criado neste estudo de caso, por exemplo, foi demonstrado como seria o aspecto da criação de um viaduto sobre a Av. Luís Viana Filho e o impacto no seu entorno. Isso pode ajudar a equipe de projeto a decidir se é a melhor opção para a rodovia deverá ser a execução de um túnel ou de um viaduto, por exemplo, como foi o caso particular desta obra.

Para este modelo foi criado um viaduto passando sobre esta via. Sua forma de criação no software é semelhante à criação de uma estrada, porém deve ser escolhido um modelo de estilo diferente. O estilo escolhido para a construção do viaduto para este modelo foi o "Bridge" que significa ponte em inglês. As Figuras 51 e 52 ilustra o viaduto inserido no modelo.



Figura 51 – Construção de um Viaduto no Modelo



Figura 52 – Vista do Viaduto em 3D

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O estudo de caso exposto neste trabalho mostrou algumas das funcionalidades da aplicação da metodologia BIM em obras de infraestrutura via urbana. Diante do que foi exposto no estudo de caso e o que foi abordado ao longo deste trabalho, foram avaliados alguns pontos positivos da sua elaboração e do uso da metodologia BIM para obras deste tipo, dentre as quais podem-se destacar:

Procedimento para a construção de um modelo em 3D nos softwares AutoCad Civil 3D e Infraworks

Os registros dos procedimentos necessários para a construção de um modelo em 3D realizados no Capítulo 4 possibilitam que o conhecimento adquirido com este trabalho seja utilizado posteriormente como ferramenta para o desenvolvimento de outros modelos ou como base para trabalhos futuros.

Criação de um projeto de uma via urbana com um software BIM

O *software* AutoCad Civil 3D que é uma ferramenta do BIM, proporciona um ganho de produtividade no processo de construção do projeto de uma estrada. O *software* permite que se construa o alinhamento horizontal e vertical de forma prática e automática, mantidas as necessidades de um projeto de engenharia e também possibilita que qualquer mudança efetuada em qualquer trecho de um desses alinhamentos seja também realizada para todos os outros elementos do modelo o que reduz o trabalho mecânico de se fazer alterações em cada trecho do projeto separadamente.

Visualização do modelo em 3D junto com o ambiente real em seu entorno

A construção do modelo em 3D realizada no estudo de caso deste trabalho seguiu como base o ambiente real onde a obra estudada está inserida. Esta visualização tem grande importância quando se trata de obras de infraestrutura, pois através dela é possível identificar os reais impactos que uma obra terá ou até mesmo suas possíveis interferências com seu entorno.

Levantamento de Quantitativos de uma obra de infraestrutura com o BIM

Como demonstrado no estudo de caso deste trabalho, após a criação do modelo em 3D do projeto, é possível se extrair informações a respeito dele com relação aos quantitativos

dos materiais a ele associados. Desta forma, há uma integração entre o projeto e o seu quantitativo de materiais associado o que proporciona a redução de tempo gasto para a obtenção dessas informações.

Otimização de processos repetitivos na fase de cálculo e estudo de platôs e obtenção dos volumes de terraplenagem

Foi exposto através do estudo de caso como se obter de forma automática os volumes necessários para se fazer a terraplenagem de um terreno. Este tipo de metodologia gera um ganho de produtividade na execução deste processo já que o programa realiza esses cálculos automaticamente com base nos dados topográficos inseridos previamente para a construção do modelo. Para a obtenção destes dados pelo método tradicional seria necessários se obter os perfis transversais e longitudinais do terreno e se obter as áreas de aterro e corte com base em um platô definido, além de saber a distância entre as diferentes seções. A partir dessas informações iria se calcular os volumes de corte e aterro através das áreas multiplicadas pelas distâncias entre elas. Este seria um processo demorado e que pode acometido por falhas. Desta forma o ganho com o uso do BIM é considerável.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo geral a avaliação do uso do BIM em obras de infraestrutura viária. Visando atingir este objetivo, foi desenvolvido um estudo de caso onde foram aplicados dois softwares BIM a uma obra de infraestrutura localizada em Salvador, Bahia.

Um dos objetivos específicos deste trabalho foi: conhecer os conceitos e aplicações da metodologia BIM em obras de infraestrutura. Este objetivo foi alcançado através da revisão bibliográfica feita para o desenvolvimento deste trabalho. Nesta revisão foram conhecidos os conceitos dessa nova metodologia de trabalho através de livros técnicos, artigos acadêmicos, revistas especializadas e trabalhos anteriores e também suas possíveis aplicações em obras de infraestrutura.

Outro objetivo deste trabalho foi o de aplicar o BIM para o estudo de obra de uma de infraestrutura viária. Este objetivo foi atendido através da aplicação dos *softwares* AutoCad Civil 3D e Infraworks em uma obra de infraestrutura, realizado no estudo de caso deste trabalho.

Identificar os principais benefícios que o uso dessa metodologia traz para o estudo de obras de infraestrutura viária e Avaliar o uso da metodologia BIM para a otimização de processos dentro das obras de infraestrutura viária, foram objetivos atendidos após os *softwares* que utilizam a metodologia BIM serem aplicados à obra de infraestrutura viária analisada no estudo de caso deste trabalho. Após o uso destes *softwares* foi observado um ganho de produtividade em tarefas que exigiam trabalhos repetitivos, ganhos de visualização do projeto com o modelo em 3D e com o fato deste modelo poder ser inserido na condição real da região do seu entorno além da obtenção de quantitativos de materiais envolvidos nos projetos e dos seus volumes de terraplenagem.

O presente trabalho buscou contribuir para o desenvolvimento do uso da metodologia BIM em obras de infraestrutura, que ainda é limitado principalmente dentro do mercado de engenharia brasileiro. Através deste trabalho foi possível perceber que a adoção desta nova metodologia requer uma mudança em relação aos atuais métodos de trabalho, especialmente no sentido da integração entre as diferentes equipes envolvidas em um projeto de engenharia e também no fato do domínio das novas tecnologias associadas a ela. Desta forma, a adoção da metodologia BIM é uma verdadeira mudança de cultura dentro da engenharia, e requer o empenho dos profissionais envolvidos no setor da construção.

Entretanto, é importante salientar que o BIM não oferece uma fórmula mágica para a solução de todos os problemas existentes na engenharia atual, mas propõe uma integração entre todas as disciplinas envolvidas desde a concepção até todo o ciclo de vida de um empreendimento visando a criação de um modelo 3D parametrizado e interoperacional que representa um modelo virtual do empreendimento, reduzindo assim erros e prevendo possíveis incompatibilidades envolvidas no projeto.

Como sugestão para trabalhos futuros sugere-se a continuidade dos estudos de integração entre os modelos criados no AutoCad Civil 3D e no Infraworks e também o uso de imagens de melhor resolução, como fotografias aéreas, para a confecção de superfícies do modelo tanto no AutoCad Civil 3D como também no Infraworks. Pode-se também criar sequências cronológicas de execução do modelo em 3D explorando assim outras dimensões do BIM.

REFERÊNCIAS

AUTODESK, University Brasil 2013. Estudo de alternativas de traçado de estradas utilizando Autodesk Infraworks. Disponível em < <u>http://www.scribd.com/doc/227473445/Infraworks-</u> <u>Tutorial</u>> Acesso em 21 maio 2014.

AZEVEDO, Orlando José Maravilha de; Metodologia BIM – Building Information Modeling na Direcção Técnica de Obras, 2009, Braga, Portugal.

CAMARGO CORRÊA. Infraestrutura. Disponível em <<u>http://</u> www.construtoracamargocorrea.com.br/ptBR/institucional /unidadesdenegocio/infraestrutura/ Paginas /default.aspx >Acesso em 12 mar. 2014.

CHAMBERLAIN, Zacarias. Infraestrutura Urbana, Editora PINI. Biim: O Bim Da Infraestrutura. Disponível em < <u>http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-</u> <u>tecnicas/30/artigo294311-2.aspx</u>> Acesso em 20 jun. 2014.

DNIT. Relatório de Gestão do Exercício de 2011. Brasília, Distrito Federal, 2011. Disponível em < <u>http://www.dnit.gov.br/institucional/relatorio-de-gestao/relatorio-de-gestao-2011-vf-25-</u> 04-impresso.pdf> Acesso em 16 maio 2014.

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

GRUBLER, ARNULF. The Rise and Fall of Infrastructures: Dynamics of Evolution and Technological Change in Transport. Heidelberg, 1990.

HOLNESS, G.V. R. (2008). Building information modeling gaining momentum. ASHRAE Journal, 50(6), 28–40.

HUANG S.F; CHEN C.S; DZENG R.J. YE. Design of Track Alignment Using Building Information Modeling, ASCE, 2011.

INFRA BRASIL BLOG. Hands-On Autodesk InfraWorks 2014 - Tutorial (Antigo Infrastructure Modeler) Disponível em < <u>http://infrabrasil.autodesk.com/blog/infraworks/</u>>Acesso em 03 Jul. 2014

INFRAESTRUTURA URBANA. Monotrilho São Paulo. Editora PINI. N°25, Ano 3. São Paulo, Abril 2013.

KYMMEL, Willem. Bulding Iinformation Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulation. 1^a ed. McGraw-Hill, 2008.

MANZIONE, LEONARDO. Os desafios do BIM. Revista Téchne. São Paulo: Pini, n. 196, p. 24, out. 2013.

MARBLE, D. F. (1984). Geographic Information Systems and Land Information Systems: differences and similarities. The Decision Maker and Land Information Systems: Papers and Proceedings from the FIG International Symposium, 1984, Edmonton, Alberta, Canada, Canadian Institute of Surveying.

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

MCKINSEY & COMPANY. Oportunidades e Desafios para o Setor Brasileiro de Infraestrutura, Revista EXAME. 25 out. 2013. Disponível em < <u>http://exame.abril.com.br/mundo/noticias/mckinsey-analisa-a-infraestrutura-do-brasil</u>> Acesso em 04 maio 2014.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Sistema de Informações Geográficas. Disponível em < <u>http://www2.transportes.gov.br/bit/01-inicial/sig.html</u>> Acesso em 04 jun. 2014.

NIBS. National Institute of Building Sciences. 2007. Disponível em: <www.nibs.org>. Acesso em: 22 mar. 2014.

PEDRASSOLI, J. C. Análise orientada a objeto para detecção de favelas e classificação do uso do solo em Taboão da Serra/SP. Dissertação (Mestrado), São Paulo, 2011.

PORTAL AUTODESK. Site da Autodesk, 2014. Disponível em: <www.autodesk.com>. Acesso em: 10 abr. 2014.

REVISTA O EMPREITEIRO. DNIT adota formato BIM a favor da transparência. Edição N° 520, São Paulo. Junho 2013.

RICARDINO, ROBERTO. Administração de Contratos de Construção Pesada no Brasil: Um estudo da interface com o processo de análise do risco. São Paulo, 2007.

SARCAR M.M.M; K. MALLIKARJUNA RAO, K. LALIT NARAYAN. Computer Aided Design and Manufacturing. New Delhi, 2008.

STRAFACI, ADAM. What does BIM mean for civil engineers? Disponível em < <u>http://www.cenews.com/article/6098/what_does_bim_mean_for_civil_engineers_</u>> Acesso em 12 mar. 2014.

SUPRANI, RODRIGO. O Investimento em Infraestrutura: Desenvolvimento, Comércio Exterior e o Caso Brasileiro. Rio de Janeiro: UFRJ/ IE / NEI, 2012.