



## **ESTUDO COMPARATIVO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS QUE UTILIZAM TECNOLOGIA BIM PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE ENGENHARIA CIVIL**

**Sylvio de Campos Neto** – s.camposn@gmail.com

**Sergio Vicente Denser Pamboukian** – sergio.pamboukian@mackenzie.br

**Marina Vendl Craveiro** – mari\_e\_mari@hotmail.com

**Edson de Almeida Rego Barros** – edson.barros@mackenzie.br

Universidade Presbiteriana Mackenzie – Escola de Engenharia – Lab. de Geotecnologias

Rua da Consolação, 930

CEP 01302-907 – São Paulo – SP

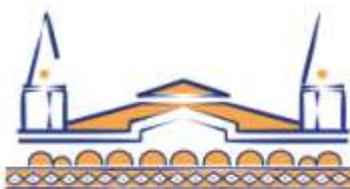
***Resumo:** A presente pesquisa tem como objetivo comparar o método manual de cálculo para o desenvolvimento de projetos de estradas com o cálculo realizado com a utilização de softwares que utilizam tecnologia BIM. Também é feito um comparativo entre duas destas soluções eletrônicas através do desenvolvimento de um mesmo projeto em cada uma das soluções e também manualmente. Este trabalho apresenta também uma comparação de desempenho entre duas das soluções digitais analisadas, bem como o fluxograma de execução de cada uma delas, suas funcionalidades, vantagens e desvantagens, de forma a dar suporte ao interessado na utilização de alguma das soluções para realizar a sua escolha. Através desta pesquisa, o professor ligado aos cursos de engenharia civil terá a oportunidade de perceber a importância de transmitir o conhecimento de tecnologias BIM e de geoprocessamento para seus alunos, bem como a importância que o mercado atual tem dado para tais tecnologias.*

***Palavras-chave:** tecnologia, BIM, geoprocessamento, projeto de estradas.*

### **1. INTRODUÇÃO**

O ambiente de negócios nos dias atuais está extremamente competitivo, tornando inviáveis projetos de engenharia de alto custo e longo tempo de desenvolvimento. Visando a redução do tempo investido em projetos e a diminuição de custos, foram desenvolvidas algumas tecnologias que dão bastante agilidade a todo o processo. Porém, como escolher o software certo a fim de economizar tempo e dinheiro para a empresa? Quais tarefas poderiam ser resolvidas por tais softwares? Qual a necessidade de se incluir uma cadeira acadêmica para o ensino de tais tecnologias nos cursos de Engenharia?

Um bom software para projetos depende, principalmente, da tecnologia empregada no desenvolvimento do mesmo. O nascimento de novas tecnologias tem trazido melhorias substanciais para os softwares, como por exemplo, novas funções, novos layouts, integrações



de dados, possibilidade de importar e exportar dados, além de obtenção de dados por terceiros. A figura 1 ilustra a evolução das tecnologias empregadas nos desenvolvimentos dos softwares CAD (*Computer Aided Design*) nas últimas décadas.

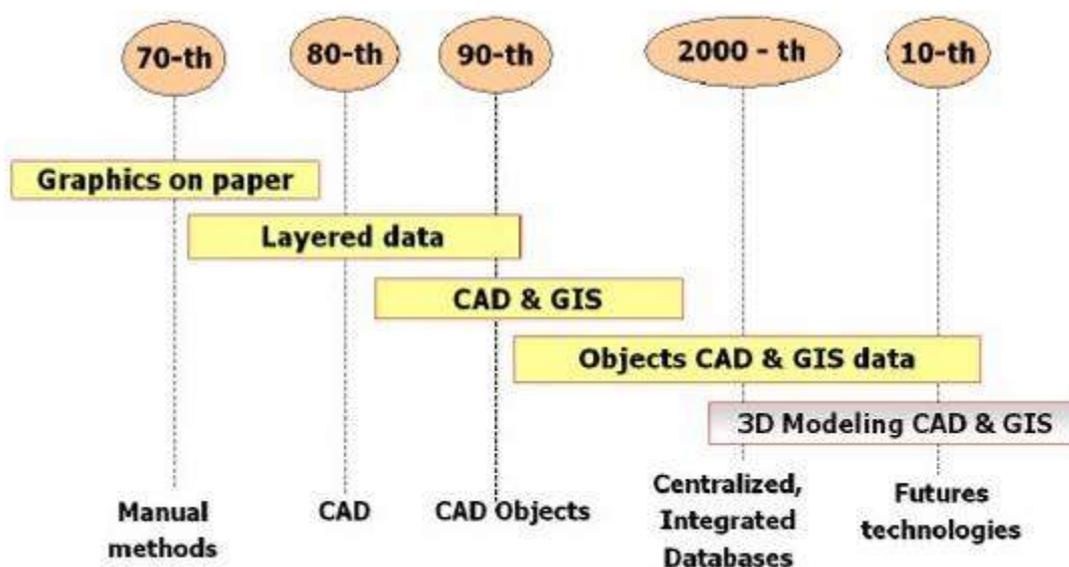


Figura 1 – Tecnologias empregadas no desenvolvimento de Softwares CAD (REBOLJ, 1998)

Podemos ver que nos anos 80 com a inovação de desenho em camadas nasce o CAD, nos anos 90 já é compilada junto ao CAD a possibilidade da criação de objetos e integração com mapas, nos anos 2000 já vemos o CAD e o geoprocessamento caminhando juntos e, podemos perceber que a tecnologia que o autor prevê para os anos 2010 é exatamente a que nós temos disponível hoje: modelagem em três dimensões, apoiada em dados GIS (*Geographic Information System* ou Sistema de Informações Geográficas). Esta é a base para a tecnologia BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem de Informação da Construção).

A tecnologia BIM é um processo de geração e manutenção dos dados da construção durante todo o seu ciclo de vida (projeto, construção e operação). Tipicamente utiliza softwares de modelagem dinâmica, tridimensional e em tempo real para aumentar a produtividade no projeto e na execução da obra. As informações contidas neste modelo abrangem a geometria da construção, as relações espaciais, as informações geográficas e as quantidades e propriedades dos elementos utilizados na construção (COELHO; NOVAES, 2008).

A proposta da tecnologia BIM é oferecer melhor visualização da obra, maior produtividade devido ao fácil acesso à informação, maior coordenação dos documentos específicos da construção, integração de informações sobre os elementos e processos de construção, menor tempo de execução e redução de custos.

BIM pode ser utilizada para demonstrar todo o ciclo de vida de uma obra incluindo processos de construção e facilidade de operação. Quantidades e propriedades de materiais podem ser extraídas facilmente. Escopos de trabalho podem ser isolados e definidos. Sistemas, montagens e sequências podem ser visualizados facilmente.



A base de um sistema BIM é o banco de dados que, além de definir a geometria dos elementos construtivos em três dimensões, armazena seus atributos e, portanto, transmite mais informação do que modelos CAD tradicionais. Além disso, como os elementos são paramétricos, é possível alterá-los e obter atualizações instantâneas em todo o projeto. Esse processo estimula a experimentação, diminui conflitos entre elementos construtivos, facilita revisões e aumenta a produtividade (FLORIO, 2007).

BIM possui uma série de vantagens sobre os softwares de CAD, pois modela e gerencia não apenas gráficos, mas também informações. Estas informações permitem geração automática de desenhos e relatórios, análise de projeto, simulação de cronogramas, facilidade de gerenciamento, entre outras coisas, permitindo que as equipes de construção possam tomar decisões baseadas em informações mais precisas e confiáveis.

## 2. ESTUDO COMPARATIVO

Os estudos que geraram as informações utilizadas neste trabalho se iniciaram em agosto de 2011. Os softwares selecionados para esta pesquisa foram o AutoCAD Civil 3D e o Microstation V8i com o módulo InRoads. Para possibilitar a comparação de desempenho, os dois softwares foram instalados em uma mesma máquina.

O AutoCAD Civil 3D é uma solução para a engenharia civil apresentada pela AutoDesk baseada na arquitetura BIM. É um programa robusto que permite análise geoespacial, análise de bacias hidrográficas, projeto geométrico de estradas, geração de quantidades de movimentação de terra e suporte de maquinário durante a construção, entre outras coisas. Este software permite a utilização de imagens importadas ou capturadas através do Google Earth (AUTODESK, 2012).

As principais soluções propostas pela Bentley são o Descartes e o InRoads. O Descartes é um módulo que funciona integrado ao Microstation, permitindo a captura de imagens, visualização e edição, mapeamento de precisão, geração de mosaicos e projeção de imagens por georreferência. O InRoads, por sua vez, é a solução apresentada pela Bentley para a área de estradas (BENTLEY SYSTEMS, 2012).

Para realizar a comparação, um mesmo projeto foi executado nas duas soluções digitais e também executado manualmente por um grupo de três pessoas. A solução manual levou em torno de cinco a seis horas para ser finalizada, gerando os seguintes documentos: memorial de cálculo dos pontos notáveis de uma curva espiral, desenho da curva, estaqueamento e locação da curva, projeto da curva vertical, planilha de corte e aterro, levantamento do movimento de terra em um trecho de 400 m e diagrama de Buckner.

Os resultados finais (ou arquivos de projetos finais) das soluções digitais são bastante similares aos obtidos manualmente e os estágios de projeto (ou estágios de *design*), são praticamente os mesmos com algumas mudanças nas nomeações ou operações dos pontos topográficos. Em geral, a sequência de trabalho segue o fluxograma ilustrado na figura 2.

Alguns dos seguintes documentos de projeto também ficaram disponíveis ao término da utilização dos softwares: movimento de terra, gráfico de Buckner, visualização do projeto final, renderização das entidades, projeto de drenagem, análise de riscos, bota-fora e outros.

Os dados utilizados nesta pesquisa foram obtidos diretamente do pacote do software AutoCAD Civil 3D. A Autodesk disponibiliza no pacote de instalações deste software alguns arquivos com levantamentos topográficos no formato CSV (Comma-Separated Values). Estes dados foram importados e, após ajustes feitos em alguns pontos, foi gerado o terreno que pode ser visto na figura 3.

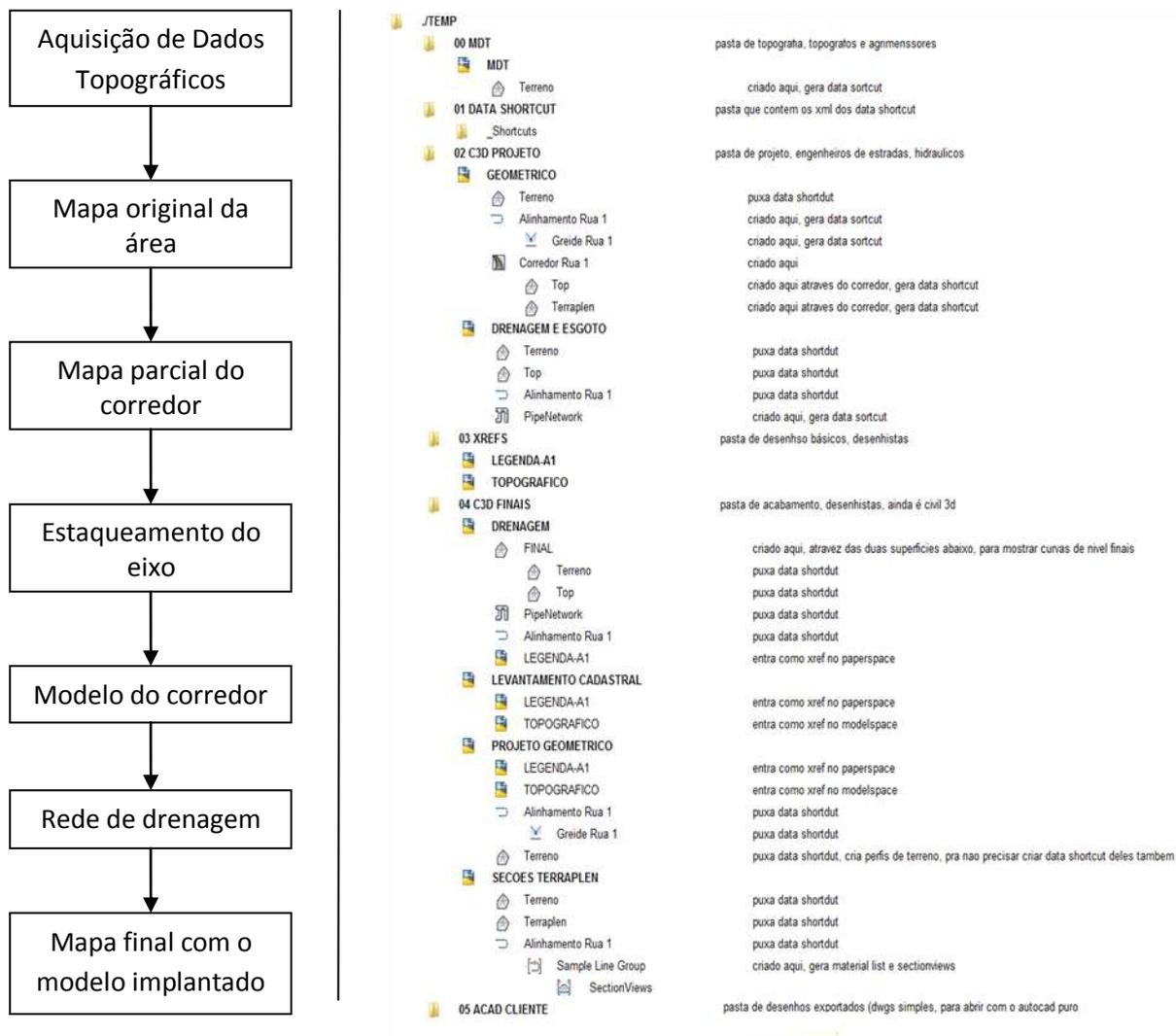


Figura 2 – Fluxograma de criação de projetos e lista de arquivos gerados

Com o objetivo de evitar a reimportação, edição e renderização do mesmo terreno no software Bentley InRoads, utilizou-se os recursos de exportação e importação disponíveis nos dois softwares para transportar as informações do AutoCAD Civil 3D para o Bentley InRoads. Os dados foram transportados no formato LandXML. O mecanismo de importação/exportação se mostrou bastante eficiente e o terreno já importado pelo InRoads pode ser visualizado na figura 4.

O mesmo terreno também foi plotado para a execução manual do projeto de estradas.

Após as fases de criação, edição, delimitação e exportação do terreno no AutoCAD Civil 3D, foi criado o alinhamento horizontal da estrada, feita a configuração do programa para utilizar a norma AASHTO, definida a velocidade de projeto (no caso foi adotada a velocidade de 80 km/h). Com estas informações, o programa foi capaz de efetuar automaticamente o cálculo de curvas e tangentes. Em seguida, foi definido o intervalo do estaqueamento e gerado o gráfico do perfil do terreno. Todo este processo também foi realizado no Bentley InRoads. Os resultados podem ser vistos nas figuras 5 e 6.

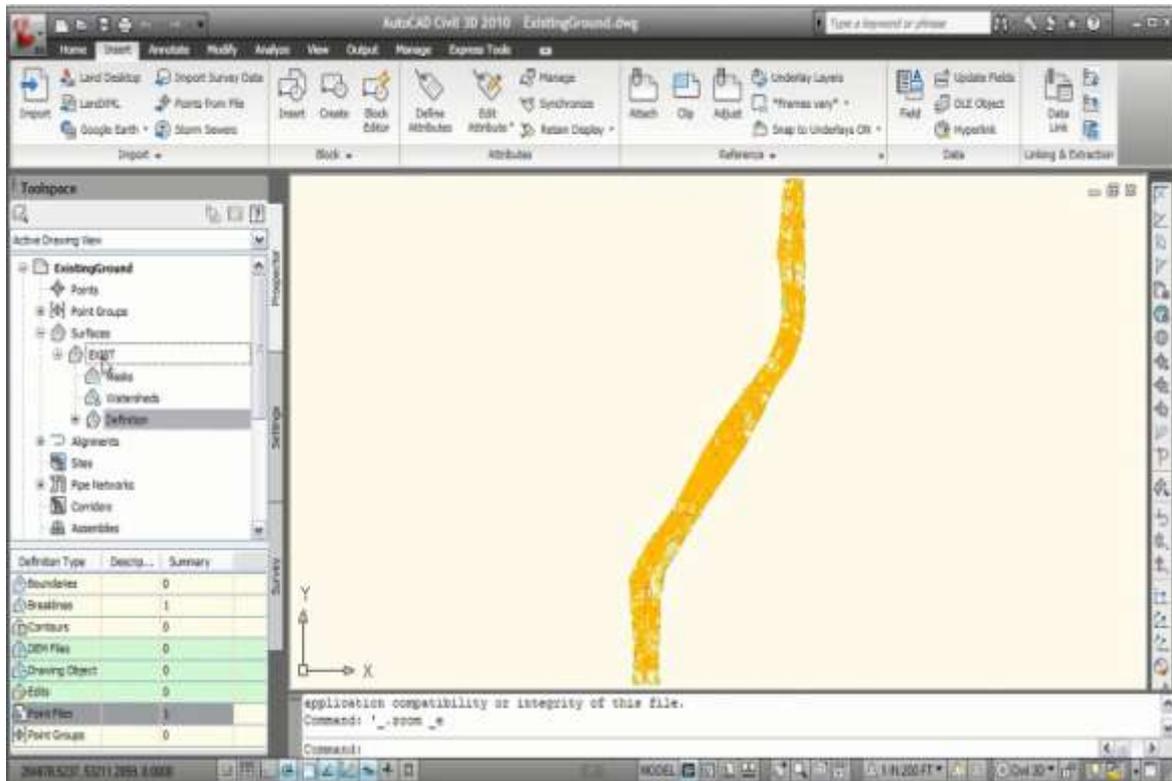
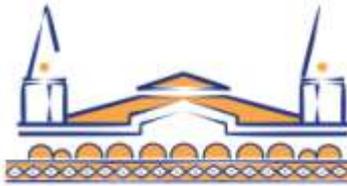


Figura 3 – Terreno gerado através da importação de pontos no AutoCAD Civil 3D

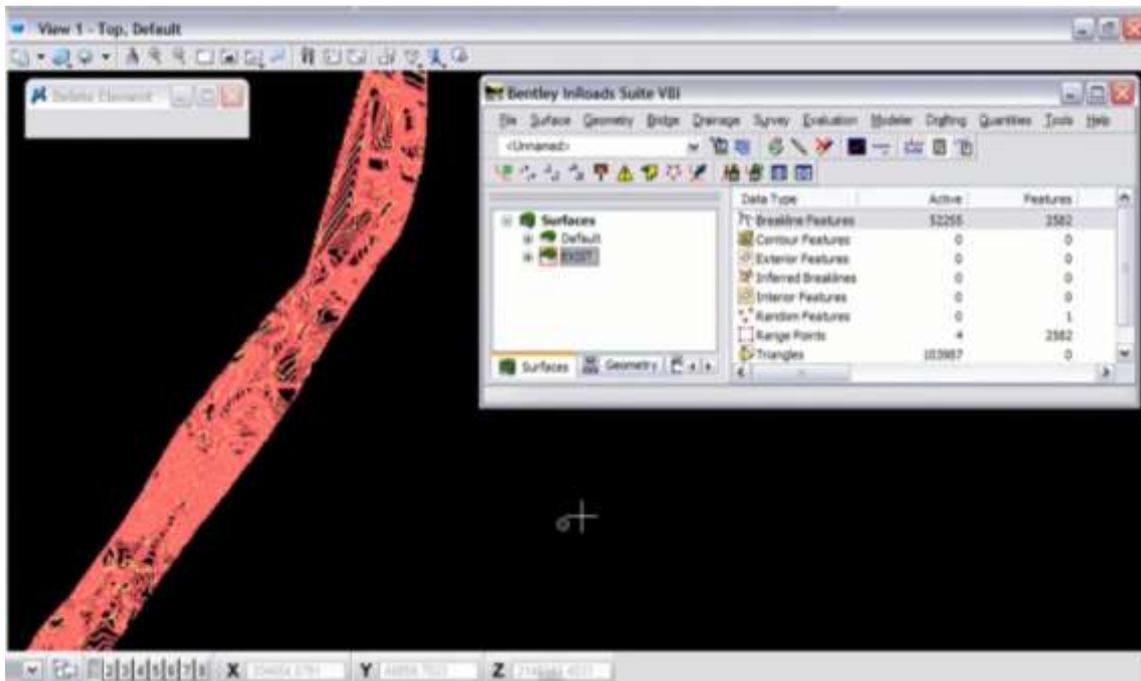


Figura 4 - Terreno exportado e importado no Bentley InRoads V8i

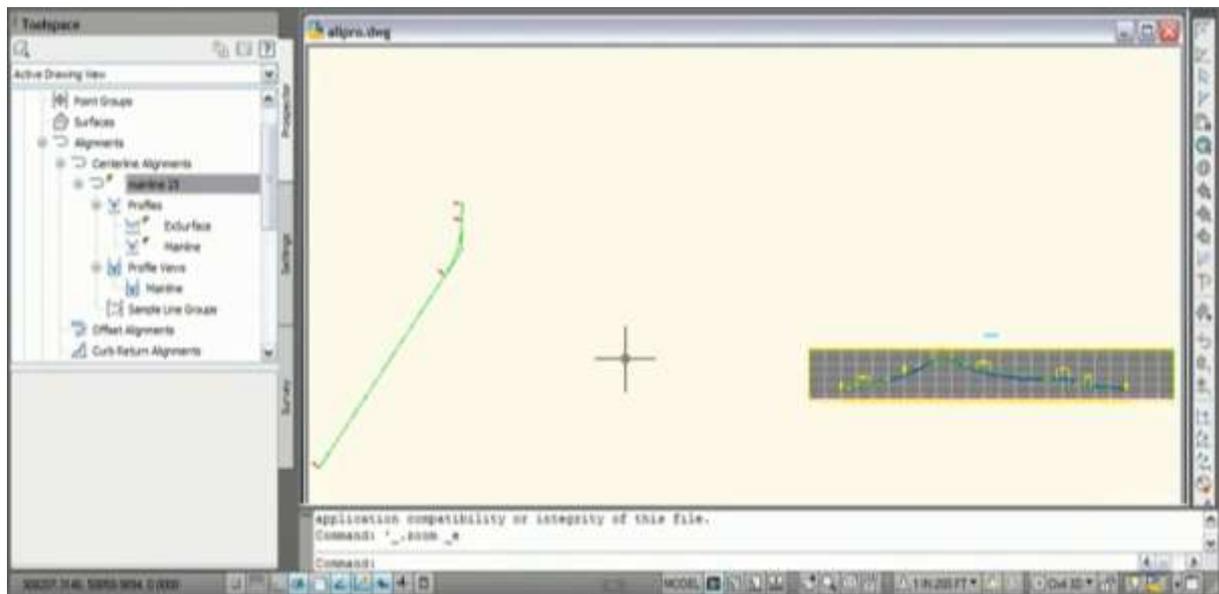


Figura 5 - Alinhamento e perfil do terreno no AutoCAD Civil 3D

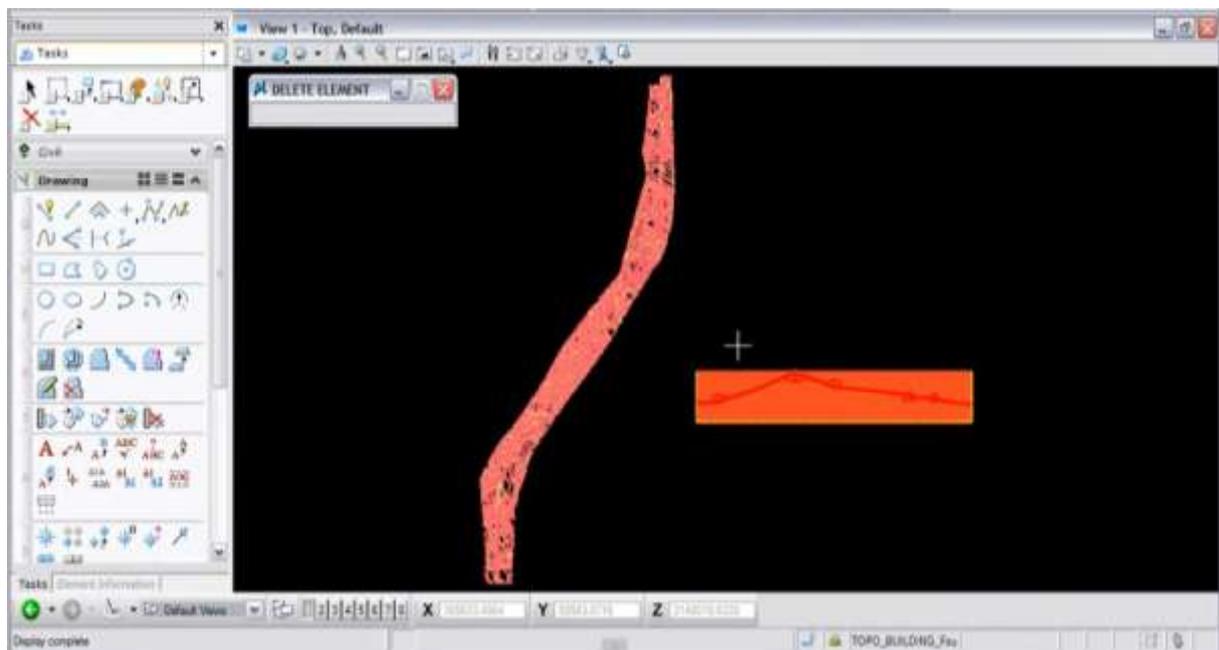


Figura 6 - Alinhamento, terreno e perfil no Bentley InRoads

Após todo esse processo, é feita a definição da seção transversal típica e então ela é assinada no alinhamento. Toda documentação decorrente dos cálculos e arquivos de projetos gerados estão listados ao lado do fluxograma da figura 2.



## 2.1 Software AutoCAD Civil 3D

O software AutoCAD Civil 3D é uma solução de Modelagem de Informação da Construção (BIM) para o projeto geométrico de estradas. O Civil 3D é usado para executar todo o *design* do projeto, iniciando pela tomada de dados topográficos, que pode ser tanto por importação direta dos aparelhos eletrônicos de medição como por importação de arquivos de pontos em diferentes formatos, e terminando com a geração de toda a documentação de projeto (folhas completas de projetos, perfis, estimativas de movimento de terra, gráficos, virtualização/visualização do projeto e outros).

O AutoCAD Civil 3D, é composto por alguns pacotes que são instalados junto com o programa principal e que complementam as tarefas de um projeto. São eles:

- AutoCAD – plataforma *Computer Aided Design* para a apresentação e desenvolvimento dos desenhos;
- AutoCAD MAP – ferramenta de gerenciamento de dados de mapa GIS e representações;
- AutoCAD Survey – importação e edição de dados geodésicos de campo;
- Autodesk Vault – banco de dados centralizado e arquivos de segurança;
- Autodesk Design Review – Revisão de desenhos no formato DWF;
- Pacotes com funções adicionais para a engenharia de campo e terraplenagem.

A Figura 7 apresenta o fluxograma de execução deste software, desde a aquisição de dados topográficos até a superfície final montada no terreno referenciado com todas as camadas.

Para o estudo de desempenho, o AutoCAD Civil 3D foi instalado em uma máquina com as seguintes configurações: Intel Core i7 2.8GHz, 8GB de memória RAM, Placa de Vídeo NVIDIA GTX 540, Windows 7 Professional - 64 bits. Com essas configurações obtivemos os seguintes marcadores nos softwares de desempenho:

- Cinebench 11.5, software de desempenho gráfico, mostrou 60 FPS;
- PassMark, software de desempenho do processador, mostrou 2000 pontos;
- CADALYST Benchmark 2012, software de desempenho do GPU, 560 pontos.

## 2.2 Software Bentley InRoads Suite

O InRoads, desenvolvido pela Bentley, é uma suíte composta por vários módulos, que são utilizados em conjunto com o CAD Microstation V8i. Pelo fato de ser integrado por vários módulos, o Microstation se torna um poderoso conjunto de ferramentas para engenharia e, com o módulo InRoads aplicado, o abrangente foco do Microstation é trazido especificadamente para o projeto e design de estradas.

Neste software todos os projetos estão dinamicamente relacionados, ou seja, qualquer mudança em algum dos projetos irá alterar também todos os outros projetos relacionados com aquele. E não apenas mudanças gráficas, mas também de memória de cálculo.

O Bentley InRoads Suite é constituído por aplicações designadas especificadamente para engenharia de tráfego e é composto pelos seguintes módulos:

- InRoads – para projeto e design de estradas;
- InRail – para projeto e design de estradas de ferro;
- InRoads Site – para projeto de movimentação de terra;
- InRoads Survey – para aquisição e edição de dados geodésicos, além de importação de dados eletrônicos de campo;



- InRoads Bridge – para projeto e design de obras de arte;
- InRoads Storm & Sanitary – para projetos de hidrologia e de drenagem.

Todos estes módulos são aplicáveis à plataforma CAD já citada, o Microstation V8i. O InRoad Suite conta com um poderoso algoritmo de álgebra de mapas o que permite que ele desenvolva o desenho de geometrias complicadas, além da capacidade de renderização do terreno.

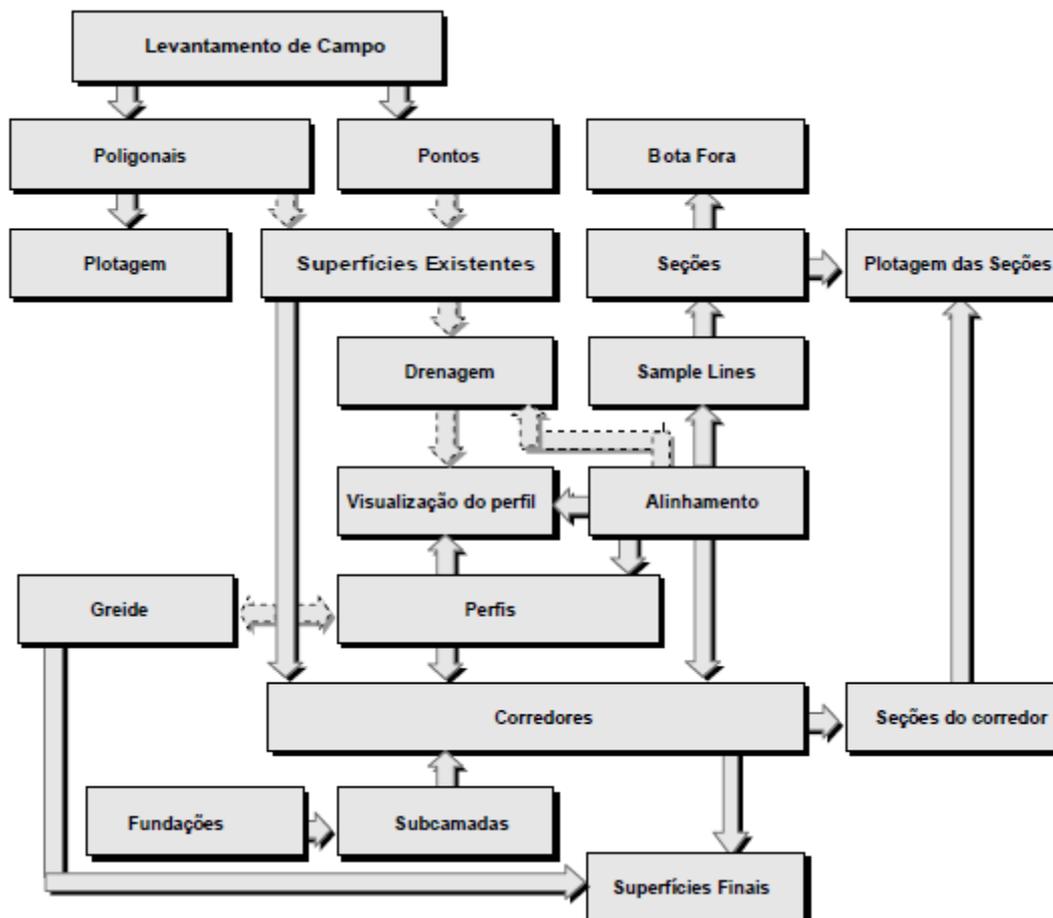


Figura 7 – Fluxograma de aquisição de dados e execução de projeto no AutoCAD Civil 3D (adaptado de REBOLJ, 1998)

A figura 8 mostra a integração do MicroStation e do InRoads e a figura 9 mostra um fluxograma ilustrativo do funcionamento de todo o Suíte InRoads.

O Bentley InRoads Suite, como anteriormente citado, foi instalado na mesma máquina que o AutoCAD Civil 3D, porém os programas para rodar os testes de hardware foram diferentes, a própria Bentley oferece o Microstation Graphics Benchmark, que mede o desempenho do seu sistema quando roda o Microstation V8i.

Seguem os resultados obtidos:

- desempenho Gráfico: 61.8 FPS;
- desempenho do Processador: 3850 pontos;
- desempenho GPU: 2048 pontos.

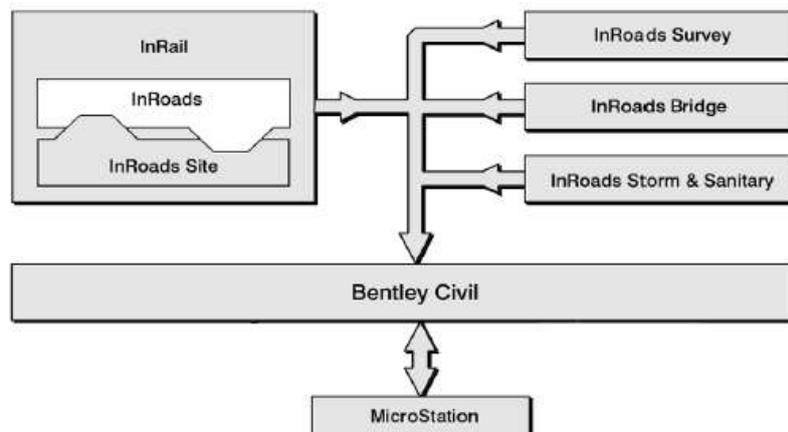


Figura 8 – Integração dos módulos InRoads com MicroStation (adaptado de REBOLJ, 1998)

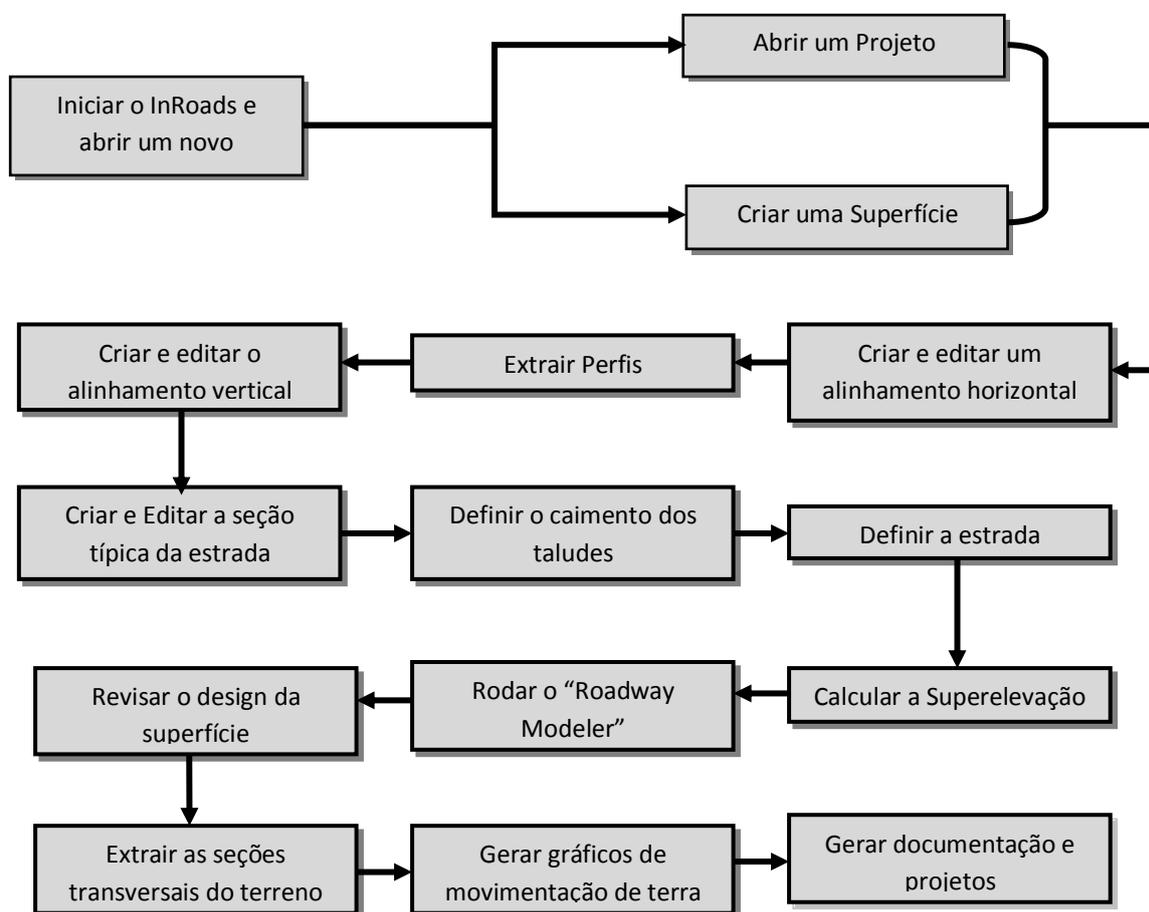


Figura 9 – Fluxograma de criação e execução típico do Bentley InRoads

### 3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após todas as pesquisas e testes realizados, fica clara e evidente a superioridade do método de execução de projeto digital em relação à produção manual. Tomando em conta a



produção de cinco a seis horas de três pessoas trabalhando para gerar alguns projetos e memoriais, uma só pessoa, com conhecimento prévio do sistema, trabalhando o mesmo tempo conseguirá obter de qualquer um dos programas mais que o dobro de documentação.

Entrando no mérito dos programas em si, por suas habilidades o AutoCAD Civil 3D e o Bentley InRoads são bastante similares. Mas suas diferenças se revelam nas funcionalidades que cada uma das soluções oferece, bem como no modo em que cada solução foi escrita para ser processada pelo computador, seu modo de armazenagem, uso de memória, tipos de arquivo e meio de processamento gráfico.

O AutoCAD Civil 3D é totalmente integrado no editor gráfico AutoCAD, sendo assim os objetos do AutoCAD Civil 3D são os próprios modelos do CAD, ou seja, os objetos graficamente orientados são gerenciados pelos estilos e não são armazenados em arquivos separados. Graficamente eles são gerenciados mais facilmente, os objetos têm compatibilidade e renovação dinâmica, no entanto, tem algumas desvantagens ao gerar superfícies e limites. Este software possui algumas restrições para preparação de projetos de reconstrução de estradas pelo fato de que, em um modelo de terreno digital, o software não consegue reconhecer automaticamente o leito existente, e as ferramentas disponíveis no software são bastante limitadas em caso de reconstruções.

O AutoCAD Map, pacote instalado juntamente com o AutoCAD Civil 3D, permite ao usuário a criação e edição de dados GIS, desta forma o AutoCAD Civil 3D é uma poderosa arma para resolução de tarefas relacionadas a dados geográficos.

O Bentley InRoads, por ser composto por módulos, se torna bem mais flexível, e pode ser operado por completo através do MicroStation V8i. Desta forma, quando é inicializado, o InRoads dá opção ao usuário de carregar apenas os módulos que lhe serão úteis, não ocasionando assim perda ou uso desnecessário de memória útil. Assim como o AutoCAD Civil 3D, o InRoads tem a capacidade de processar dados geográficos, além do mais, é habilitado para trabalhar com praticamente qualquer tipo de dados trazidos de campo (GPS, Lidar, Nuvem de Pontos), pode trabalhar integrado com o Google Earth, e também Google SketchUp.

Os softwares da Autodesk e da Bentley são compatíveis e podem operar em conjunto. Ambos possuem um sistema de troca de dados único que são dados XML e LandXML e a possibilidade de gerar ou compartilhar um projeto de estradas usando as duas soluções é viável.

Durante os testes, mesmo com um bom equipamento para a execução dos programas, por algumas vezes o AutoCAD Civil 3D mostrava um desempenho bastante abaixo da média, como se pode ver pela pontuação alcançada no CADALYST. Ao manter o monitor de uso da CPU aberto durante o uso do AutoCAD Civil 3D, foram identificados alguns pontos onde o seu desempenho é baixo. Por exemplo, ao dar um “*rebuild*” no projeto do corredor, o software utilizou aproximadamente 32% da memória física para salvar arquivos em pastas temporárias, uma simples troca do espaço de trabalho (de 3D para 2D), o software utilizou de 31% da memória física. Além disso, todas as vezes que se inicia o software ele pede acesso à rede para fazer a checagem da licença ao passo que a Bentley desenvolveu um sistema de acesso das licenças que utiliza o mínimo de memória, e é apenas checado na inicialização do programa. É de domínio de todos que a escrita na memória RAM é bem mais rápida que a escrita em disco, desta forma, o AutoCAD Civil 3D peca em subutilizar o processador e a memória RAM e superabundar no envio de pacotes e mais pacotes de arquivos temporários para serem gravados no disco. Desta forma o Bentley InRoads se mostrou superior ao AutoCAD Civil 3D no que se diz respeito a pontuação dos softwares de desempenho.



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomando a questão levantada no início deste trabalho: qual a necessidade do ensino da tecnologia BIM e de outras ferramentas computacionais nos cursos de Engenharia? Hoje o BIM é visto como uma tecnologia estratégica para o crescimento sustentado do setor, já que melhora o planejamento e o projeto, reduz erros, prazos e desperdícios, amplia a capacidade dos projetistas e otimiza o trabalho da mão de obra no canteiro. Entretanto, para que um empreendimento possa se beneficiar da tecnologia BIM, é necessário que disponha de mão de obra devidamente especializada e com nível superior. Dessa forma, o papel da universidade na formação de recursos humanos devidamente familiarizados com as novas tecnologias é essencial e, mais do que isso, urgente (TOLEDO; BARISON, 2011).

No processo de implantação do ensino da tecnologia BIM nas universidades não se deve pensar apenas em criar matérias específicas nos currículos, mas pensar que o BIM tem potencial para ser introduzido ao longo de todo o curso. Cada engenharia em particular deve explorar as aplicações específicas da tecnologia e depois incentivar o uso em outras possíveis disciplinas. A implantação do ensino da tecnologia BIM pode ocorrer desde as primeiras etapas do curso, onde podem ser desenvolvidas as habilidades individuais de modelagem e análise do modelo em disciplinas como, por exemplo, Desenho e Geometria Descritiva. Nas etapas seguintes, podem ser realizados trabalhos multidisciplinares através do desenvolvimento de projetos de construções reais nas disciplinas de Estradas, Edificações, Projeto Urbano e outras.

A quantidade de empresas que utilizam a tecnologia BIM vem crescendo astronômicamente e precisamos preparar nossos alunos para a realidade existente no mercado. Hoje em dia, a tecnologia BIM vem sendo utilizada até mesmo em construções de baixa renda com incentivo do próprio Governo Federal que disponibiliza bibliotecas de componentes BIM para o desenvolvimento de HIS (Habitações de Interesse Social) através do site do Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio Exterior (MDIC, 2012).

Na medida em que a indústria da construção civil se tornar mais integrada isso terá influência nos currículos dos futuros profissionais que demonstrarão uma união cada vez maior entre o projeto e a execução. Vale ainda ressaltar alguns lugares de nome expressivo que hoje usufruem da tecnologia BIM em toda sua plenitude: Alaska Department of Traffic (DOT), California DOT, Florida DOT, Massachusetts DOT, US Army Corporation of Engineers, US Bureau of Land Management e outros.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTODESK. **AutoCAD Civil 3D**. Disponível em <<http://www.autodesk.com/>> Acesso em 29/05/2012.

BENTLEY SYSTEMS. **Bentley InRoads**. Disponível em <<http://www.bentley.com/>> Acesso em 29/05/2012.

COELHO, S.S.; NOVAES, C.C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. In: VIII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios, São Paulo, USP,



2008. Disponível em [http://www.arquitetura.eesc.usp.br/workshop08/secundarias/ANAIS/Artigo\\_09.pdf](http://www.arquitetura.eesc.usp.br/workshop08/secundarias/ANAIS/Artigo_09.pdf). Acesso em: 18/04/2011.

FLORIO, W. **Contribuições do building information modeling no processo de projeto em arquitetura**. In: Seminário TIC 2007 – Tecnologia da Informação e Comunicação na construção civil, 2007, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: TIC 2007, 2007. CD-ROM.

MDIC (Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio Exterior). **Construir Desenvolvimento**. Disponível em <http://www.construirdesenvolvimento.com.br/index.php/92/difusao-normalizacao-bim/arquivos-bim/>. Acesso em: 07/09/2011.

REBOLJ, D. Integrated information system supporting road design, evaluation, and construction. **Journal of Microcomputers in Civil Engineering**, v. 13, 1998.

TOLEDO, E. S.; BARISON, M. B. Formação de recursos humanos devidamente familiarizados com os novos paradigmas que o BIM pressupõe é essencial e urgente. **Revista Construção**, v. 115, 2011.

## **COMPARATIVE STUDY OF COMPUTACIONAL TOOLS THAT USES BIM TECHNOLOGY TO DEVELOPMENT OF PROJECTS OF CIVIL ENGINEERING**

**Abstract:** *The present research has the objective to compare the manual method of calculation for the development of highways projects with the calculation accomplished with the use of software that uses BIM technology. Also is made a comparative between two of these electronic solutions through the development of a same project in each one of the solutions and also manually. This work also presents a performance comparison between two of the analyzed digital solutions, as well as the flowchart of execution of each one of them, their functionalities, advantages and disadvantages, in way to give support to the interested people in the use of some of the solutions to accomplish their choice. Through this research, the teacher of the courses of civil engineering will have the opportunity to notice the importance of transmitting the knowledge of BIM technologies and geoprocessing for their students, as well as the importance that the current market has been giving for such technologies.*

**Key-words:** *technology, BIM, geoprocessing, highway project.*