



## **PROPOSTA METODOLÓGICA DE DESENVOLVIMENTO DE AULAS DE MODELAMENTO SÓLIDO UTILIZANDO A INTEGRAÇÃO DE FERRAMENTAS CAD E DIGITALIZAÇÃO DE IMAGENS 3D**

**Nelson Wilson Paschoalinoto** – nelson.paschoalinoto@portal.sp.senai.br  
Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica  
Rua Niterói, 180 - Centro  
09510-200 – São Caetano do Sul – São Paulo

**Dagoberto Gregório** – dagoberto.gregorio@portal.sp.senai.br

**Daniel Camusso** – daniel.camusso@portal.sp.senai.br

***Resumo:** O processo de construção e reconstrução de modelos CAD 3D constitui uma importante área de investigação com muitas aplicações, destacando-se a engenharia reversa e as análises virtuais. Na maioria dos casos, estas modelagens voltadas para a reconstrução de peças tridimensionais partem de cotas bidimensionais e o desenvolvimento do produto se dá de forma lenta e gradual. Sabidamente percebe-se que os avanços tecnológicos vêm trazendo grandes mudanças para a sociedade e para o ensino. Neste contexto este trabalho demonstra uma metodologia empregada na disciplina de Desenho e Manufatura Assistida por Computador aos alunos da Faculdade SENAI na área de Mecatrônica Industrial para a medição, construção e verificação de peças, propiciando melhoria no futuro desempenho profissional.*

***Palavras-chave:** CAD, engenharia reversa, digitalização 3D.*

### **1. INTRODUÇÃO**

Com o advento das ferramentas computacionais houve uma transformação nas técnicas de desenho e manipulação de imagens. Um projeto que antes era feito a mão e com projeções ortogonais, agora pode ser feito inteiramente no computador em três dimensões. Desta forma, a partir de estudos volumétricos, os projetos são realizados com mais facilidade e rapidez trazendo benefícios de maior detalhamento, precisão e interação entre diversos profissionais (BARBOSA, 2007).

No entanto, a garantia da qualidade será efetiva se as informações por ela analisadas forem confiáveis e consistentes, cabendo este papel à Metrologia. A metrologia por coordenadas tradicional não pode ser considerada uma solução ótima para a medição de superfícies livres (LIMA, 2006). Neste sentido, este trabalho aborda uma metodologia aplicada e exploram conceitos de metrologia básica, modelagens de peças e uso de recursos



como digitalização de imagens e comparações com desenhos CAD, visando uma percepção das tecnologias envolvidas.

## **2. OBJETIVOS**

Uma das principais vantagens na utilização dos sistemas CAD-3D está na interatividade com outras áreas. O modelo pode ser utilizado para calcular o seu volume, propriedades de massa e momentos de inércia, realizar montagens, verificar interferências, gerar os desenhos de fabricação, simular o seu comportamento mecânico, prototipagem rápida, usinagem por CNC, entre outros (FOGGIATTO, 2007).

É notório que detalhes pequenos e geometricamente complexos estão cada vez mais presentes em novos desenvolvimentos. Essas características geométricas trazem grandes e novos desafios à área de controle dimensional, pois a utilização de sistemas de medição clássicos apresentam limitações. Peças pequenas ou detalhes de difícil acesso para apalpadores e geometrias muito irregulares são alguns exemplos de situações em que os sistemas clássicos não conseguem medir de modo eficiente e confiável. Essas limitações fazem com que algumas características geométricas das peças sejam medidas de forma inadequada ou nem sejam controladas (ALBERTAZZI, 2004).

O objetivo do presente estudo é ilustrar uma metodologia didática utilizada na disciplina de Desenho e Manufatura Assistida por Computador. É imposta uma situação de aprendizagem em que os alunos devem realizar medições convencionais, pesquisas, modelamentos em software 3D e digitalizações. Estudos comparativos são efetuados visando uma posterior correção dos modelos obtidos.

## **3. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO**

Com o intuito de melhor explanação, as etapas metodológicas foram divididas em tópicos.

### **3.1. Situação de aprendizagem**

Existem diversas definições e teorias para o termo “situação de aprendizagem”. Neste trabalho este será tratado como uma situação-problema na qual os alunos precisam vivenciar e resolver.

Adquiriram-se carrinhos de controle remoto de brinquedo e estes foram distribuídos a grupos de alunos. A ideia inicial era a desmontagem, análise de peças e entendimento. Com o decorrer do processo, lançou-se a situação-problema: os alunos precisariam desenhar em softwares de modelagem CAD-3D um novo modelo de carro, conservando-se o chassi do carro original. Futuramente este novo desenho seria comparado ao original.

### **3.2. Pesquisas**

Cada grupo de alunos possuiu livre acesso para a realização de pesquisas de modelos de carros. Os novos carros a serem construídos poderiam ser colhidos de livros, internet e também poderiam ser frutos de criatividade. A “Figura 1” ilustra um grupo de alunos realizando a respectiva pesquisa.

Figura 1 – Grupo de alunos realizando pesquisa.



### 3.3. Medição convencional

Após definido um novo modelo de carrinho, os grupos foram orientados a realizar medições no carrinho original. Para isto contou-se com instrumentos convencionais de metrologia. A “Figura 2” ilustra grupos de pesquisas realizando a atividade.

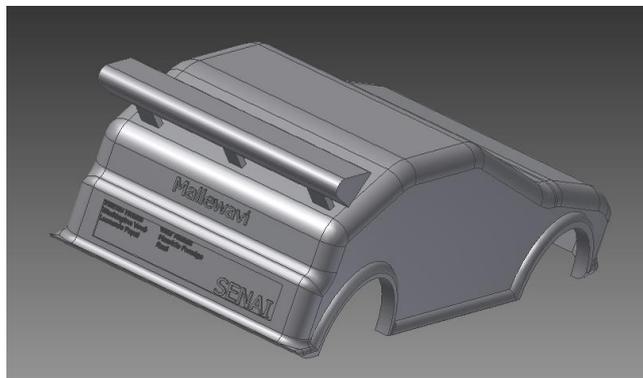
Figura 2 – Alunos realizando medições.



### 3.4. Modelamento de peças

Para o modelamento de peças optou-se por deixar livre a escolha do software. Os softwares utilizados pelos grupos foram o CATIA V5 R20 da empresa Dassaut Systèmes, O Solid Works, da mesma empresa e o Inventor, da Autodesk. Neste quesito, abordou-se apenas o modelamento sólido. A “Figura 3” mostra o desenvolvimento de um grupo de trabalho e foi utilizado aqui para demonstração da metodologia empregada.

Figura 3 – Modelo CAD desenhado por alunos.



### 3.5. Digitalização do carrinho original (peça-padrão)

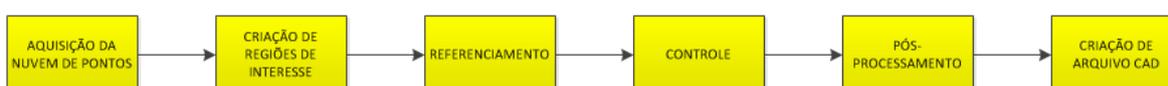
Para a digitalização da peça original contou-se com o scanner COMET L3D Steinbichler Optotechnik. A “Figura 4” mostra o carrinho original sendo digitalizado.

Figura 4 – “Escaneamento 3D” do carrinho original.



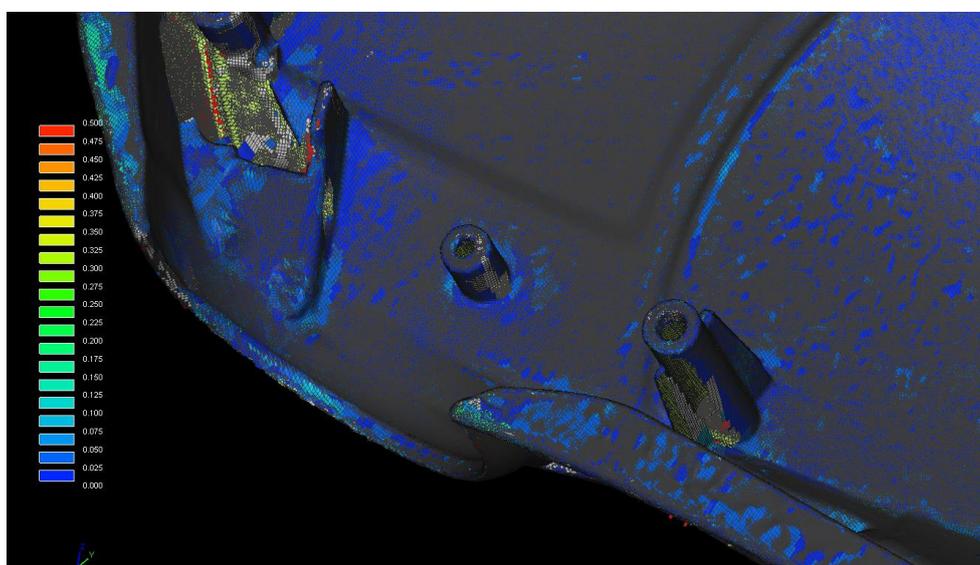
O processo de digitalização conta com algumas etapas importantes. A estrutura de medição convencional é mostrada na “Figura 5”.

Figura 5 – Etapas utilizadas na digitalização



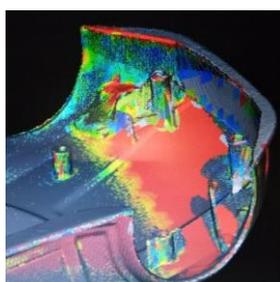
Com a aquisição da nuvem de pontos, fez-se o referenciamento da peça. Para isto são definidos sobre a nuvem de pontos regiões de interesses bidimensionais de acordo com o que se deseja medir. Para facilitar o referenciamento, são buscados pontos como coordenadas de centros de círculos e a posição de bordas ou cantos para o posicionamento do sistema de coordenadas, com as várias tomadas de dados executadas na digitalização. Os parâmetros calculados são comparados com valores de referência e tolerâncias. Em função do resultado de comparação o programa gera uma tabela de resultados que apontam os parâmetros que estão acima ou abaixo dos limites aceitáveis que foram escolhidos pelo operador (ALBERTAZZI, 2004). A identificação visual é muito simples e pode ser verificada como o exemplo da “Figura 6”.

Figura 6 – Resultado de comparação de tomada de dados.



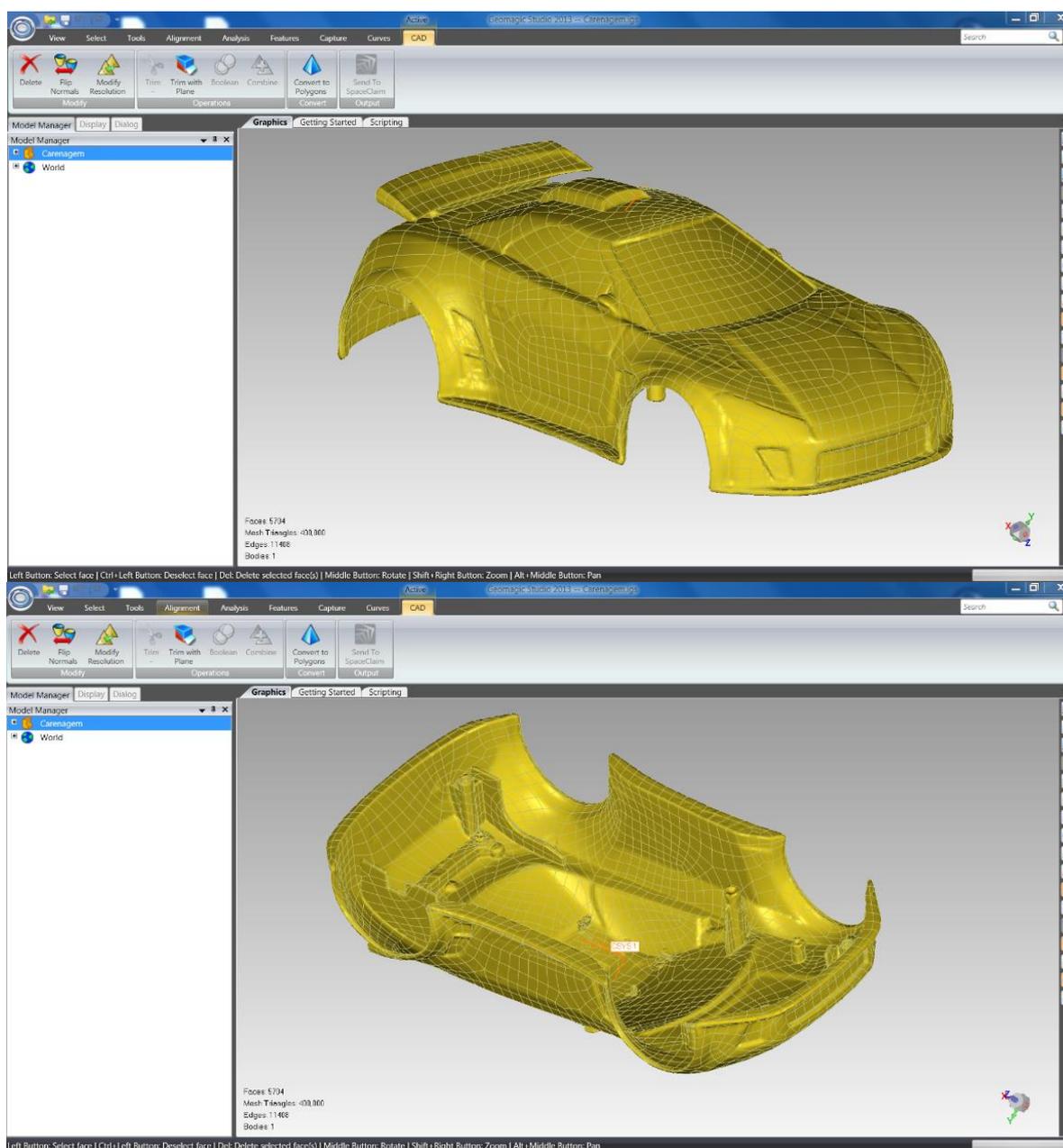
A escala à esquerda da figura indica a comparação com as tomadas de dados selecionados. A cor azul indica limites próximos e a cor vermelha à medição máxima encontrada entre os dados analisados em milímetros. Os alunos puderam verificar que o processo demanda cuidados. Observa-se na “Figura 7” uma tomada de dados com valores de tolerância superiores ao estipulado. Os alunos puderam observar os erros e as regiões para futuras correções.

Figura 7 – Exemplo de resultados com parâmetros além do estipulado.



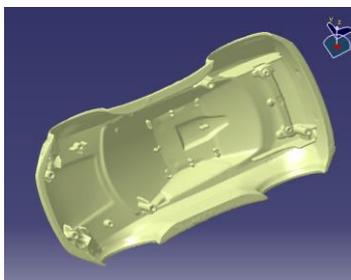
Utilizando-se o software Geomagic Studio a geometria 3D foi salva em um arquivo de extensão .igs. A “Figura 8” representa a tela do software e as imagens com malhas geradas obtidas do carrinho original.

Figura 8 – Telas do software Geomagic Studio e peça com malha.



Cada grupo de alunos recebeu o arquivo .igs da peça-padrão. Posteriormente, com o uso dos softwares de modelagem CAD utilizados neste trabalho a referida extensão de arquivo foi convertida para as respectivas extensões nativas destes softwares. A “Figura 9” permite a visualização de um arquivo .igs já convertido.

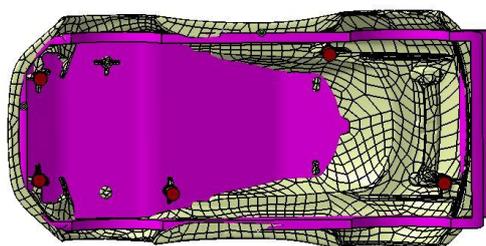
Figura 9 – Exemplo de desenho CAD convertido para extensão de origem.



### 3.6. Estudo comparativo

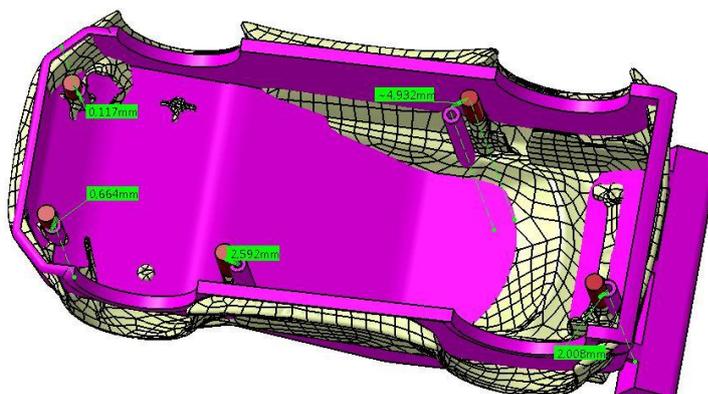
Cada grupo de alunos confrontou o desenho realizado por meio de medição convencional com o originado por meio da digitalização 3D. Como exemplo ilustra-se aqui uma das caracterizações encontradas por um grupo de alunos. Observa-se na “Figura 10” a interposição em ambiente de montagem das duas peças.

Figura 10 – Exemplo de montagem realizada. Carrinho digitalizado (cor bege) x carrinho medido (cor lilás).



Uma das comparações foi realizada na coincidência dos pinos de fixação do carrinho e com o auxílio do próprio software foram anotados os desvios encontrados (“Figura 11”).

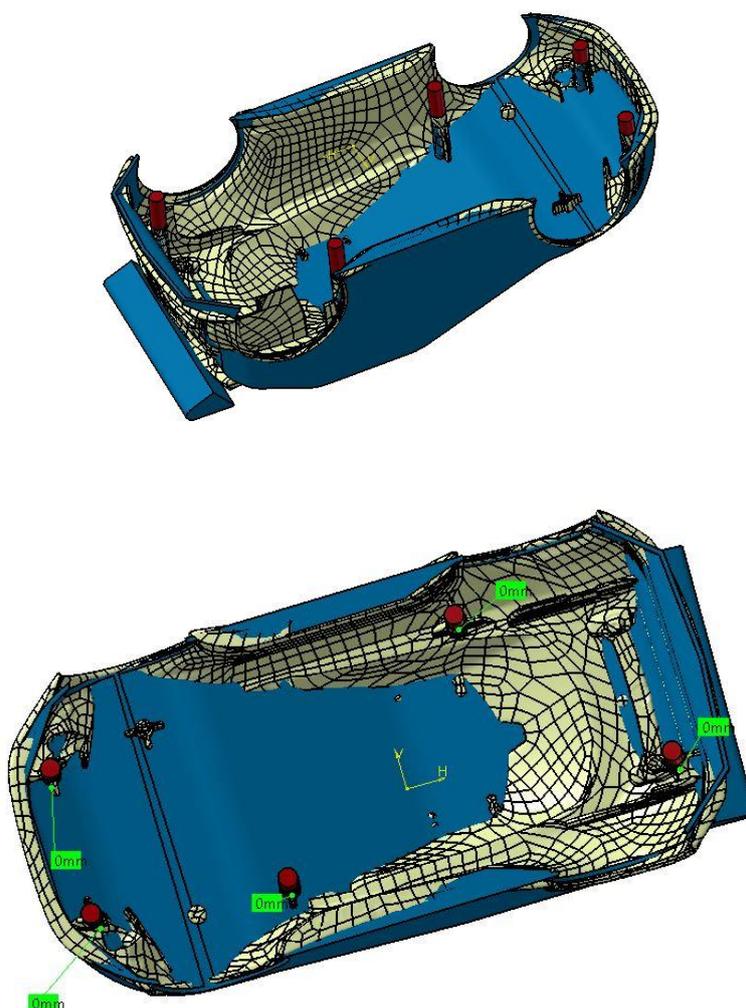
Figura 11 – Anotações dos desvios de coincidência dos pinos de fixação.



### 3.7. Correções e ajustes

De posse da montagem com interferências, os grupos observaram os erros, as possíveis causas e fizeram as correções. Neste estágio puderam perceber a dificuldade de se trabalhar com o chamado por eles de “re-modelamento”. A “Figura 12” demonstra a correção encontrada por um grupo de alunos.

Figura 12 – Correções efetuadas para os desvios de coincidência dos pinos de fixação.



### 3.8. Planejamento

Para a execução desta metodologia utilizou-se 50 horas-aula, organizadas em 10 aulas expositivas, associadas às tarefas regidas pelo plano de ensino da disciplina. Os temas abordados podem ser resumidos na “Tabela 1”.

Tabela 1 – Planejamento de aulas para o emprego da metodologia.

Aulas	Conteúdos abordados
1	Introdução ao modelamento de sólidos e principais comandos
2	Restrições geométricas e dimensionais. Aplicações
3	Exercícios de modelamento sólido
4	Definição da situação-problema e pesquisa
5	Desmontagem, medição convencional de peças e desenhos
6	Medição convencional e análises de peças e desenhos
7	Análise de interferências em modelos CAD
8	Digitalização da peça padrão e desenhos
9	Estudo comparativo e discussão sobre causas de possíveis erros.
10	Correções e abordagem de novas tecnologias CAD.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho enfatizou o uso de uma abordagem que permitiu a integração de conteúdos indispensáveis para as atividades de projetos virtuais, colocando os alunos mais próximos do mercado profissional e dia a dia das indústrias.

Partindo-se de uma situação real, embora simples, o conteúdo abordado nas aulas tornou-se muito interessante e estas mais participativas.

Os alunos puderam vivenciar uma solução prática de uma situação-problema e mostraram-se mais motivados.

A participação e envolvimento do grupo trouxeram à tona novas ideias e permitiu discussões favorecendo o aprendizado. Observou-se um crescente zelo e importância por tarefas mais simples, como a medição convencional, evitando no futuro possíveis retrabalhos.

O uso de tecnologias de digitalização de imagens 3D fomentou o interesse e uso de ferramentas CAD, tornando os alunos mais interessados e capacitados.

#### *Agradecimentos*

À Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica por disponibilizar os recursos necessários para a realização das atividades.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTAZZI G. Jr, A.; SOUZA, A. R. de; KANDA, C.; HREBABETZKY, F. Controle dimensional de autopeças complexas e de pequenas dimensões por medição óptica tridimensional. Copyright © 2004 Society of Automotive Engineers, Inc.

Disponível em: <http://www.photonita.com.br/downloads/Artigo%20SAE%202004.pdf>  
Acesso em: 14/04/2014.

BORGES, D. ; FERREIRA, A. Part-based Construction of digitized 3D objects. Proceedings of the 21st International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision (WSCG 2013) Plzen, Czech Republic: 2013.

CELANI, G.; CANCHERINI. L. Digitalização tridimensional de objetos: um estudo de caso. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~lapac/papers/celani-cancehrini-2009.pdf> >. Acesso em 14/04/2014.

FOGGIATTO, J. A.;VOLPATO, N.; BONTORIN, A. C. B. RECOMENDAÇÕES PARA MODELAGEM EM SISTEMAS CAD-3D. 4º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação. Curitiba: 2007.

JARDINI, A. L.; BINELI, A. R. R.; ULRICH, C. B.; BERNARDES, L. F.; FILHO, R. M. Integração de prototipagem rápida e engenharia reversa no desenvolvimento rápido do produto. Anais: 6º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO: Caxias do Sul: 2011.

JUNIOR ,O. C.; PACHOLOK, M.; Metodologia de projeto assistido por computador como suporte ao ensino de engenharia. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2003/artigos/NMT151.pdf>>. Acesso em 14/04/2014.

KUNZLER, M. R.; UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Estudo dos desvios geométricos gerados na obtenção de biomodelos a partir de imagens tomográficas, 2008. 85p, il. Dissertação (Mestrado).

LIMA, C. M. de.; GUERRA, A. R. O.; JUNIOR, A. A. Perspectiva de Aplicação da Tecnologia de Realidade Virtual no Ensino da Engenharia. Disponível em: <http://www.vrl.ufrn.br/pdfs/cobenge.pdf> >. Acesso em 14/04/2014.

LIMA, C. R. G. de; UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Um estudo comparativo de sistemas de medição aplicáveis ao controle dimensional de superfícies livres em peças de médio e grande porte, 2006. 92p, il. Dissertação (Mestrado).

PALHACI, M. do C. J. P.; Deganutti, R.; Rossi, M. A. comparação: solid edge, autocad ou prancheta no desenho para os cursos de engenharia? Disponível em: <[http://www.degraf.ufpr.br/artigos\\_graphica/COMPARACAO.pdf](http://www.degraf.ufpr.br/artigos_graphica/COMPARACAO.pdf)>. Acesso em 14/ 04/2014.



ZIMMERMANN, C. ; HADLICH, A. R.; BIGOLIN, E. M.; SIEWERT, L. importância do ensino de ferramentas de CAD no desempenho dos acadêmicos perante as disciplinas do curso de graduação de engenharia civil da UFSC. Anais: XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.

## **A METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE DEVELOPMENT OF CLASSES OF MODELING USING THE TOOLS OF INTEGRATION CAD AND 3D SCANNING IMAGES**

***Abstract:** The process of construction and reconstruction of 3D CAD models is an important area of research with many applications, especially reverse engineering and virtual tests. In most cases, the design begins with the two-dimensional measurements and product development takes place slowly and gradually. It is known that technological advances have brought great changes to society and education. Therefore, this paper demonstrates a methodology applied in the discipline of Design and Computer Aided Manufacturing at SENAI, providing improvements in the professional quality of students*

***Key-words:** CAD, reverse engineering, 3D scanning.*