



SIMULAÇÃO DE ILUMINAÇÃO NATURAL EM AMBIENTES INTERNOS POR MEIOS DIGITAIS: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA

Janice de Freitas Pires
Adriane Borda Almeida da Silva
Universidade Federal de Pelotas, Brasil, GEGRADI, IFM-DTGC
janice.pires@ufpel.tche.br, adribord@ufpel.tche.br

RESUMO

Este trabalho investe na elaboração de discursos didáticos, dirigidos à formação em arquitetura, capazes de promover a atividade de simulação de luz natural a partir de meios digitais de representação gráfica. Apoiando-se na Teoria da Transposição Didática, desenham-se atividades que trabalhem com estruturas integrais de saber. Isto é, delimita-se um problema típico de arquitetura, de análise da incidência de luz natural em ambientes internos, buscando-se resolvê-lo a partir de técnicas de modelagem geométrica e visual, disponíveis no contexto didático. Durante este processo elaboram-se discursos que procuram explicar e justificar a associação das técnicas referidas à resolução do problema em questão. Se aposta na contribuição ao ensino de Arquitetura, por promover o reconhecimento da modelagem geométrica e visual como elemento importante para integrar o seu campo de saberes.

Palavras Chaves: discursos didáticos, simulação de luz natural, modelagem geométrica e visual, arquitetura, estruturas de saber.

RESUMEN

Este trabajo inviste en la elaboración de discursos didáticos, dirigidos a la formación en arquitectura, capaces de promover la actividad de simulación de luz natural a partir de los medios digitales de representación gráfica. Se apoyando en la Teoría de la Transposición Didáctica, se diseñan actividades que trabajen con estructuras integrales del saber. Esto es, se delimita un problema típico de la arquitectura, de análisis de la incidencia de la luz natural en ambientes internos, donde se busca la resolución a partir de las técnicas de modelado geométrico y visual, disponibles en el contexto didático. Durante el proceso son elaborados discursos que buscan explicar y justificar la asociación de

las técnicas referidas a la resolución del problema en juego. Se apuesta en la contribución a la enseñanza de Arquitectura, por promover el reconocimiento del modelado geométrico y visual como elemento importante para integrar su campo de saberes.

Palabras Clave: discursos didácticos, simulación de luz natural, modelado geométrico y visual, arquitectura, estructuras del saber.

1 Introdução

A atividade de análise dos efeitos de iluminação sobre o objeto arquitetônico, no contexto educativo trabalhado, de graduação, até o momento, é desenvolvida essencialmente no âmbito de disciplinas de Conforto Ambiental, tratando da quantificação do desempenho lumínico, da simulação física a partir de instrumentos similares ao “heliodon” e da representação gráfica de estudos de insolação. No âmbito da área específica de representação gráfica desenvolvem-se os conteúdos que subsidiam tais estudos de insolação, pertinentes às disciplinas de Geometria Descritiva e de Perspectiva e Sombras.

A partir da consolidação da área de Gráfica Digital, em nível de pós-graduação, desenvolvem-se trabalhos de investigação, principalmente junto à linha “ensino/aprendizagem de Gráfica Digital para Arquitetura”, que apontam à necessidade de estruturação de conteúdos didáticos que promovam a interdisciplinaridade entre as áreas que sustentam os estudos relativos aos fenômenos de interação entre luz e matéria.

A área de Representação Gráfica Arquitetônica quando associada à exploração dos meios digitais de representação possibilita a simulação de tal fenômeno em diferentes níveis de correspondência com a realidade e a visualização dos resultados a partir de imagens digitais, ampliando a abrangência desta área, que estava estruturada fundamentalmente para abarcar as questões geométricas de representação dos objetos. Trabalhos como Valderrama (2001) [1] e Monedero (1999) [2] têm contribuindo positivamente para esta ampliação.

Observa-se, já a partir destas referências, que para tratar de problemas de análise dos efeitos de iluminação sobre o objeto arquitetônico, por meios digitais, ainda exige-se a inserção de conceitos e procedimentos que envolvem saberes próprios da Informática Gráfica. Para isto, encontram-se materiais instrucionais que promovem a apropriação das tecnologias informáticas, disponibilizados principalmente a partir dos discursos que acompanham as próprias ferramentas gráfico-informáticas (software), discursos genéricos, aplicados às diferentes áreas do conhecimento.

Tem-se constatado, para o tema tratado neste trabalho, a carência de discursos específicos, que se utilizem da linguagem arquitetônica e que promovam as associações necessárias entre os conhecimentos próprios da Gráfica Digital com aqueles até então estabelecidos no contexto educativo de representação gráfica.

Busca-se, desta forma, investir na estruturação de discursos didáticos capazes de acompanhar o processo de resolução de um problema arquitetônico de visualização dos efeitos da incidência de sol em um ambiente interno, a partir das tecnologias informáticas de

representação gráfica. Procura-se abarcar desde as etapas de modelagem geométrica à parametrização das variáveis que controlam o modelo de simulação de incidência de luz natural sobre o objeto modelado.

2 Marco Teórico e Metodológico

O estudo se apóia na Teoria Antropológica da Didática, Chevallard (1991) [3], que subsidia a atividade de elaboração de discursos didáticos. Incluindo estudos que analisam o processo de transformação de um saber, desde sua origem a sua sistematização para ser veiculado em um contexto educativo, esta teoria destaca a necessidade de garantir com que este saber chegue a tal contexto em sua forma integral. Para esta análise, considera que um saber se estrutura a partir de quatro elementos fundamentais: tarefas (problemas), técnicas (maneiras de realizar as tarefas), tecnologias (discursos racionais sobre as técnicas) e teorias (justificativa, explicação e produção de técnicas) que se relacionam de forma dinâmica e dialética. Observa que em contextos científicos ocorre a ênfase no bloco do “saber”, formado por teorias e tecnologias. Em contextos técnico-profissionais, por exemplo, de arquitetura, a ênfase é dada ao bloco do “saber-fazer”, que integra as técnicas e os problemas. Yves Chevallard quer destacar com isto a importância da presença, em um contexto educativo, de todos os elementos que estruturam um saber. Sugere desta forma que os discursos didáticos promovam a relação entre teoria e prática, trazendo elementos tanto de contextos científicos como profissionais.

Bosch e Gascón (1994 in: WILHELM) [4], analisando discursos didáticos, observam a “ausência de um questionamento tecnológico”, explicando em Bosch, Fonseca e Gascón (2004), que esta ausência manifesta-se no uso de uma técnica sem problematizar seu domínio de validade, sua eficácia, seu custo, e possíveis modificações para adaptar tal técnica para a resolução de outros problemas. Embora esta análise se refira a um contexto específico de ensino/aprendizagem de Matemática, considera-se pertinente trazer estas reflexões como alerta ao estabelecimento de processos de apropriação de técnicas informáticas de representação. Os autores citados observam ainda que as técnicas aparecem como instrumentos rígidos para a resolução de problemas isolados e estereotipados. Concluem que o “momento do trabalho da técnica” exerce um papel integrador no processo de estudo (Chevallard, Bosch y Gascón, 1997 in: WILHELM), considerando que a evolução das técnicas é possível unicamente na medida em que são justificados os gestos técnicos e explicitadas as teorias que determinam a coerência do discurso.

A atividade de representação da forma, a partir de métodos tradicionais, tem seus discursos didáticos sedimentados, que justificam o emprego de procedimentos projetivos, de operações de corte e de rebatimentos, associando teoria e prática coerentemente, sob os aspectos geométricos. A automatização destes procedimentos, a partir dos meios informáticos, pode induzir ao reducionismo e empobrecimento da dinâmica do processo de apropriação do saber em questão. Porém, atribui-se à qualidade dos discursos didáticos a responsabilidade de garantir a presença da integralidade do saber nestes processos, que representam, frente aos processos tradicionais, uma evolução em termos de precisão, agilidade, capacidade de abordar

geometrias complexas e menor investimento de tempo para a resolução dos problemas de representação.

A atividade de representação da aparência, como produto de uma simulação do fenômeno de interação entre luz e matéria, no âmbito da área de representação gráfica, no contexto que se insere este trabalho, tem seus discursos didáticos em construção. Faz-se necessário transpor e integrar discursos oriundos então da área de conforto ambiental e informática gráfica. O processo de transposição não pode também induzir ao emprego das técnicas somente para representar os efeitos de luz e sombra para auxiliar na percepção da forma geométrica, mas explorar a capacidade das mesmas em representar tais efeitos para análise de desempenho, utilizando a imagem digital como instrumento para “medir e prever”.

Enfatizar o papel “integrador” da técnica, traduzindo para a questão de investigação deste trabalho, significa elaborar discursos didáticos que, tendo o propósito de resolução de problemas específicos de arquitetura, promovam a identificação de técnicas informáticas como consequência do reconhecimento: da potencialidade das mesmas frente às diferentes classes de problemas que podem ser capazes de resolver (discurso racional sobre as técnicas: tecnologias); da associação às teorias que deram origem a estas técnicas (discurso científico).

Como referido anteriormente, encontram-se discursos sistematizados e dirigidos ao mesmo tema deste trabalho. Em Valderrama (2001) [1] estes discursos enfatizam o bloco do “saber-fazer” (técnicas/problemas), apresentando a tecnologia a partir de problemas arquitetônicos. Em Monedero (1999) [2] a ênfase está no bloco do “saber”, sistematizando teorias e tecnologias para a atividade arquitetônica, sem, contudo, especificar as técnicas implementadas para a geração de diferentes modelos de simulação digital dos fenômenos de iluminação.

A partir da análise destes referenciais constata-se que a atividade de apropriação da tecnologia informática, para a resolução dos problemas arquitetônicos referidos configura um problema didático: identifica-se a necessidade de se estruturar situações didáticas e tipos de discursos adequados para a promoção do processo de apropriação tecnológica para a simulação dos efeitos de incidência de iluminação natural em ambientes internos, visando o reconhecimento da aplicação de tal tecnologia para a resolução de outras classes de problemas também pertinentes à arquitetura.

Considera-se, desta forma, que se integrando o reconhecimento das técnicas, das tecnologias e das teorias durante o desenvolvimento do exercício de simulação, é possível compor e ampliar discursos que contemplem a estruturação integral do saber envolvido, para o contexto da representação gráfica digital voltada para formação em Arquitetura.

3 O Estudo

Para promover o processo de estruturação dos discursos didáticos referidos parte-se, então, da configuração de uma **situação didática**. A atividade é desenvolvida, inicialmente, através da etapa de **desenho** desta situação, compreendendo a etapa de caracterização de um problema

arquitetônico relevante. Logo a seguir **identifica-se um conjunto de técnicas** de resolução, a partir de uma atividade de experimentação e manipulação dos parâmetros que integram as técnicas disponíveis, buscando-se observar a interferência de cada um dos parâmetros manipulados, para a simulação dos efeitos de iluminação, provenientes de fonte de luz natural, projetada no ambiente interno. O **registro do processo de desenho da situação** – imagens e textos explicativos, e a **composição dos discursos** com as teorias que possam estar associadas a cada uma das técnicas empregadas configuram-se como etapas que são executadas paralelamente às anteriores. A ferramenta gráfico-informática selecionada para as experimentações é o software 3DS MAX, de geração de modelos tridimensionais.

3.1 Desenho da situação didática: caracterização de um problema arquitetônico

Tendo em vista o investimento necessário para a geração de modelos tridimensionais digitais, procura-se caracterizar os problemas de representação a partir de modelos referentes ao patrimônio arquitetônico, que possam contribuir para o reconhecimento e a consciência de preservação dos bens culturais locais, integrando-se ao Projeto Modela Pelotas (Félix, 2005) [5].

O ambiente modelado faz parte de um edifício localizado na Praça Coronel Pedro Osório, número 2 (fotografia da fig. 1). Trata-se de uma construção edificada no início do séc. XIX, e reformada em 1880 quando os traços originais coloniais foram alterados, com o objetivo de introduzir uma aparência clássica em sua arquitetura. Compondo o maior conjunto arquitetônico neo-renascentista preservado na América Latina, atualmente tombado pelo IBPC, abriga o Centro Cultural Adail Bento Costa em seu andar inferior, e a Secretaria Municipal de Cultura da cidade de Pelotas (SECULT) em seu andar superior.

O elemento ao qual se dá destaque na figura 1 é a sacada, que faz parte do ambiente modelado, e contém um parapeito de proteção, em ferro. A geometria complexa deste elemento atende ao interesse de valorizar o interior do ambiente arquitetônico modelado, considerando o contorno das sombras que a luz natural incidindo sobre ele pode gerar.

Aborda-se um problema arquitetônico característico a ser tratado sobre a necessidade de visualização das áreas de incidência direta de iluminação natural no interior de um ambiente. Frente ao movimento aparente do sol, busca-se visualizar as transformações destas áreas ao longo do dia.



Figura 1: Casarão 02, Praça Coronel Pedro Osório; detalhe da sacada central.

3.2 Identificação das técnicas e Registro do processo de resolução do problema.

O processo de seleção de técnicas de modelagem geométrica para a representação do ambiente selecionado compreendeu experimentos que determinaram a necessidade de integração com o processo de seleção de técnicas de simulação de iluminação e de movimento. Esta necessidade decorreu principalmente pela complexidade geométrica do elemento em ferro que faz parte da sacada.

Priorizando-se inicialmente, a maior fidelidade possível em termos geométricos, o processo de modelagem do elemento referido incluiu técnicas de extrusão unidirecional, extrusão com definição de trajetória, extrusão com mudança de seção, operações booleanas (operações conjuntivas de adição, subtração e interseção), e uso de primitivas (formas bi e tridimensionais parametrizáveis, disponibilizadas pela ferramenta). O modelo resultante, compreendendo 229.000 polígonos, associado aos modelos de iluminação, nos quais os modelos que se aproximam dos fenômenos físicos calculam interseções entre os raios de luz com grande parte destes polígonos, determinou tempos de simulação justificáveis para a obtenção de imagens estáticas. Tendo-se em vista a necessidade de associar movimento ao sistema de representação, objetivando-se a visualização do movimento aparente do sol, a partir da representação das áreas que delimitam a incidência de luz direta que variam de acordo com as horas do dia, o tempo de simulação passa a ser condicionante para a seleção das técnicas de modelagem geométrica. Para um processo digital de animação, com exigência de definição de imagem não somente em seus aspectos geométricos, mas também visuais, de intensidade e cor de luz, obtém-se o seu tempo final de renderização pela multiplicação do tempo de processamento de cada uma das imagens pelo número total de imagens que a compõem. Conclui-se, por essa razão, com a necessidade de redução do número de polígonos, resultando no processo de simplificação do modelo. Para tanto, substituem-se algumas técnicas de modelagem por técnicas de geração a partir de primitivas da ferramenta gráfica (formas parametrizáveis e otimizadas em sua geometria), configurando-se um modelo com 94.099 polígonos. Ainda, se o objetivo é adicionar além de movimento, interatividade, outras técnicas devem ser empregadas, para uma redução ainda maior no número de polígonos.

Neste caso, o cálculo destinado à obtenção das imagens, em função da dinâmica da variação do ponto de vista do observador, deve ser realizado em tempo real. As técnicas empregadas, então, simulam a geometria complexa do objeto a partir de texturas, que representam a própria imagem desta geometria. Se ganha sob o aspecto de interatividade, porém se perde em fidelidade em relação ao modelo real, destacando-se ainda a impossibilidade de aplicação de modelos de iluminação que simulem a geometria das sombras, ou a delimitação das manchas de luz.

Os modelos digitais gerados a partir desses procedimentos de modelagem estão ilustrados na fig. 02: à esquerda para imagens estáticas (229.000 polígonos), ao centro para as animações (94.099 polígonos) e à direita para os ambientes interativos (VRML) (23.623 polígonos).



Figura 2: Modelos digitais gerados por distintos processos de modelagem geométrica.

A situação didática desenhada neste trabalho, desta forma, adota o modelo geométrico gerado para animações (fig. 2, modelo ao centro). A imagem da figura 3 refere-se a uma vista externa do ambiente modelado para os experimentos e para o desenho da situação didática.



Figura 3: Vista externa do ambiente modelado.

O processo de seleção de técnicas de modelagem visual, para representar o movimento do sol na fachada do ambiente arquitetônico modelado e a projeção das sombras para o interior desse ambiente, compreendeu experimentos que permitiram se identificarem uma técnica que simula um modelo de iluminação de luz natural, possibilitando se controlar a incidência dos raios luminosos no interior do ambiente. O controle de parâmetros que determinem a sua localização no espaço, em função da variação de horários ao longo do dia

proporciona a obtenção de resultados de insolação num determinado horário especificado. A técnica “Sunlight” aplica um sistema de luz direcional, de emissão de raios paralelos, que associa a luz a uma bússola, o qual permite determinar esta direção a partir da definição: de ângulos de latitude e longitude, de orientação do norte magnético, de uma data específica e um horário do dia. Parâmetros que em conjunto definem o movimento aparente do sol em uma determinada situação configurada. Para aplicá-la, de forma precisa, é necessário identificar-se, também, a orientação da fachada no qual se insere o ambiente arquitetônico modelado. Ela está localizada na orientação noroeste e tem suas condições de iluminação intensificadas, pela correspondência com a orientação da fonte de luz natural, entre os horários de 14h00min h e 16h00min h. Dessa forma, a data e horário do dia a serem selecionados devem tornar possíveis as condições de visualização da iluminação dentro do ambiente, em função da orientação e da localização geográfica, reais, do modelo. Essa data e horário são, assim, identificados como sendo o equinócio de outono, dia 21 de março de 2007, no horário das 15 h e 30 min. A localização exata da cidade de Pelotas é informada com a inserção dos parâmetros de Latitude = 31,68 e Longitude = 52,41. As condições de iluminação a partir da aplicação da técnica de luz natural “Sunlight” podem ser observadas na fig. 4.



Figura 4: Simulação de iluminação natural, técnica “Sunlight”.

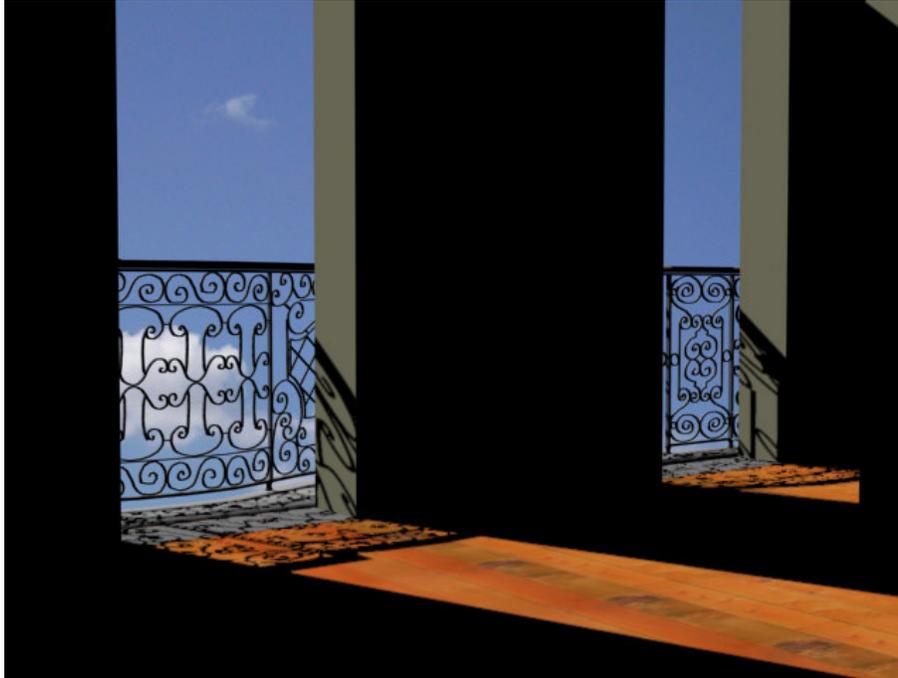


Figura 5: Simulação de projeção das sombras, técnica “Ray Trace Shadows”.

Após a ativação de um modelo de projeção de sombras, observa-se que determinadas superfícies ficam localizadas em áreas de penumbra, e há a projeção de polígonos de sombras, permitindo preverem-se os horários de insolação no ambiente arquitetônico (fig. 5). Para a simulação da projeção das sombras para o interior do ambiente modelado, de modo que se observem as formas da sacada, identifica-se uma técnica que possibilita representar, detalhadamente, a geometria de suas superfícies, caracterizada através do tipo de sombra Ray Trace Shadows. Esse modelo é aplicado por algoritmo de traçado de raios, que calcula as interseções com todos os polígonos que fazem parte da geometria do objeto modelado, definindo, então, a cor do pixel da imagem. A cor do pixel é a cor do objeto iluminado pelas fontes de luz no ponto de interseção referido. As condições de projeção das sombras a partir da seleção da sombra do tipo “Ray Trace Shadows” podem ser observadas na figura 5.

3.3 Resultados e Discussão

A partir da exploração exaustiva das técnicas disponíveis para simular os efeitos da incidência de iluminação natural em ambientes internos, por meios digitais, é possível reconhecer-se a interferência de cada um dos parâmetros manipulados, e promover-se a **estruturação** dos discursos didáticos, buscando associar as técnicas de resolução aos conhecimentos teóricos e científicos. Na atividade proposta, visando à estruturação desses **discursos didáticos**, analisam-se os textos explicativos produzidos e identificam-se os elementos tecnologias e teorias que podem ser associados: o **discurso tecnológico** está caracterizado ao se abordar as características da luz natural utilizada, de permitir atribuir-se parâmetros de localização no espaço geográfico, e ao se relacionar a característica do tipo de sombra ativada com o tipo de

projeção por traçado de raios; o **discurso teórico** está caracterizado ao se reconhecer e explicar a existência da correspondência entre o movimento do modelo de luz adotado e o movimento aparente do sol, real, e como se dá o processamento do traçado das sombras através de algoritmo de traçado de raios.

Reunindo-se os elementos que fazem parte da estrutura do saber, ao se propor essa atividade, busca-se centrar na questão da qualidade das situações didáticas e dos discursos utilizados, questionando-se a capacidade dos mesmos em promover processos de apropriação do conhecimento, científico e tecnológico. Ou seja, tem-se a proposta de disponibilizar materiais que trabalhem com a integralidade do saber em questão, isto é, explicando, por um lado, os modelos digitais implementados e, por outro, justificando o estudo para a potencialização da atividade arquitetônica. Considera-se que essa metodologia possibilita que se desenhem atividades que trabalhem com a integralidade da estrutura do saber envolvido, integrando técnicas, tecnologias e teorias para a resolução de problemas arquitetônicos de simulação dos efeitos da incidência de iluminação natural em ambientes internos.

Pretende-se, através da atividade proposta, que o exercício de simulação de iluminação natural em ambientes internos, a partir da resolução dos problemas abordados, torne possível o reconhecimento da tecnologia, e a contribua para a formulação de novas teorias, estabelecendo uma metodologia para a resolução, também, de outras classes de problemas arquitetônicos, a partir da aplicação da tecnologia digital. Estrutura-se, assim, uma situação didática que possibilita a exploração e aplicação da tecnologia digital, para a resolução de problemas pertinentes ao ambiente arquitetônico, buscando-se a integração dessa área aos saberes da área de Gráfica Digital.

4 Conclusão

A relevância de investir nas questões didáticas que envolvem o processo de apropriação de tecnologia digital está na proposta de inclusão, sistematizada, dos saberes relativos à Modelagem Geométrica e Visual no contexto de ensino/aprendizagem de Arquitetura, em especial para a atividade de avaliação dos fenômenos físicos da luz projetada em ambiente interno, que busca conceber o espaço digital como um espaço de laboratório para a avaliação do objeto arquitetônico.

Aposta-se que a metodologia apresentada nesse estudo possa contribuir para a: Promoção de processos de estruturação de materiais didáticos que considerem os pressupostos da integralidade de um saber; e Promoção de processos de estruturação de materiais didáticos específicos para a resolução de problemas arquitetônicos de iluminação natural, a partir das tecnologias digitais de representação.

Desta maneira, a principal contribuição deste estudo, para o avanço do conhecimento, estará na estruturação de situações e discursos didáticos, que contemplem os aspectos tecnológicos e científicos do processo de resolução de problemas arquitetônicos a partir da tecnologia digital.

Considera-se que este estudo possibilitará, dessa forma, a delimitação da Gráfica Digital como objeto de conhecimento para a Arquitetura.

Agradecimentos

Agradecemos aos professores Felipe Heidrich (Mestre, Professor Adjunto), Neusa Félix Rodrigues (Doutora, Professora Titular) e Ana Lúcia Lucas (Especialista, colaboradora), do Curso de Especialização em Gráfica Digital, UFPel, e a todos os alunos que contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho, em especial aos alunos da turma 2006, colaboradores nas etapas de modelagem geométrica e visual dos modelos digitais.

Referências

- [1] VALDERRAMA, F. **Tutoriales de INFORMÁTICA para ARQUITECTURA**. Madrid: Librería Mairea y Celeste Ediciones SA, 2001.
- [2] MONEDERO, J. I. **Aplicaciones Informáticas en Arquitectura**. Barcelona: Ediciones UPC, 1999.
- [3] CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. 2ª ed. Buenos Aires: Aique, 1991.
- [4] WILHELMI, Miguel R. **El momento del trabajo de la técnica en la evolución de un proceso de estudio: el caso de la determinación de una circunferencia**. *Universidad Pública de Navarra*, España.
- [5] FÉLIX, N. R. BORDA, A. B. A. S. HEIDRICH, Felipe, ABAD, Gabriel, LUCAS, A. L. Modela Pelotas. In: Gráfica 2005, VI International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design e XVII Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico. Recife: Fundação Antônio dos Santos Abranches, 2005. v 1, p.1 – 9.