

Trabalho de conclusão de curso. Momento de aprendizagem?

Undergraduate project. Learning moment?

Sérgio Dias Maciel¹

RESUMO

A evolução dos recursos digitais trouxe desafios ao ensino de arquitetura, que ainda é considerado defasado. Cada vez mais, os recursos digitais são considerados importantes na projeção e apesar de em muitos casos, no ensino de graduação limitar-se à representação arquitetônica, existem diversas experiências que trazem novas abordagens. Esse artigo tem como objetivo discutir sobre a pertinência ao aluno de aprender novos recursos digitais no desenvolvimento de trabalhos de conclusão de curso e nesse sentido, refletir sobre qual deve ser o papel do professor orientador, se condutor do processo ou necessariamente especialista desses novos recursos. Dessa forma, esse artigo apresenta três trabalhos de conclusão de curso, em Arquitetura e Urbanismo, realizados no ano de 2019, em que o aprendizado de novos recursos digitais, serviram como base para melhorar a fundamentação e também enriquecer os repertórios de projeção dos alunos, oportunizando novas perspectivas de conhecimento. Os trabalhos apresentaram conhecimentos que envolveram a simulação do ambiente, modelagem geométrica e paramétrica e recursos de fotogrametria respectivamente, todos desenvolvidos sob mesma orientação. Esse artigo apresenta particularidades do processo como uso de softwares, dificuldades encontradas, alguns resultados e a percepção sobre as vantagens conseguidas na relação ensino-aprendizagem. Traz autores que descrevem a evolução dos recursos digitais na projeção e bem como a importância desses recursos no ensino. Da mesma forma, traz considerações sobre a importância do aprendizado de diferentes recursos digitais, como um processo voltado às metodologias ativas e o papel do professor na condução das atividades.

Palavras chave: Ambiente digital. Trabalho de conclusão de curso. CAD.

ABSTRACT

The Evolution of digital resources has brought challenges to the teaching of architecture, which is still considered outdated. Increasingly, digital resources are considered important in architectural design and although in many cases, in undergraduate education, they are limited to architectural representation, there are several experiences that bring new approaches. This article aims to discuss the relevance to the student of learning new digital resources in the development of course completion works and, in this sense, to reflect on what the role of the guiding teacher should be, if he is the conductor of the process or necessarily a specialist of these new resources. Thus, this article presents three course completion Works, in Architectural and Urbanism, carried out in 2019, in which the learning of the digital resources, served as a basis to improve the reasoning and also enrich the students design repertoires, providing new perspectives of knowledge. The Works presented knowledge that involved the simulation of the environment, geometric and parametric modeling and photogrammetry resources respectively, all developed under the same guidance. This article presents particularities of the process, such as use of software, difficulties encountered, some results and the perception of the advantages achieved in the teaching-learning relationship. It brings authors who describe the evolution of digital resources in architectural design and the importance of learning different

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso – Unemat, sdmac@terra.com.br

digital resources, such as a process focused on active methodologies and the role of the teacher in conducting activities.

Keywords: Digital Environmental. Undergraduate project. CAD.

1 INTRODUÇÃO

O trabalho de conclusão de curso (TCC) é a síntese da formação em arquitetura e urbanismo e nesse momento, o aluno se expõe para uma última avaliação. Dessa forma, em uma atividade que deverá mostrar o resultado do que foi alcançado em sua formação, são válidas novas experiências e aprendizado de novos recursos? Ainda cabem novas descobertas?

Se há poucas décadas, os recursos mais acessíveis resumiam-se ao desenho no computador e a modelagem geométrica, a evolução das tecnologias digitais e a criatividade mudaram a forma de projetar e os resultados da projeção. Vários recursos foram desenvolvidos para aproximar melhor o projeto de seu objetivo que é a construção e compreender melhor os seus impactos. Dentre eles, a utilização de programação visual (ou algoritmos) para consolidação da forma, especialmente quando tratados com aspectos ambientais, a modelagem da informação da construção (BIM)², a utilização de fotogrametria e realidade virtual para representação e apresentação do espaço. O projetista passou a ter um melhor controle sobre as etapas de planejamento e produção do edifício.

Devido a carga horária mínima dos cursos de arquitetura e urbanismo ser um fator limitador de uma formação mais ampla e atualizada, quando se trata do ensino de recursos digitais, torna-se difícil para os cursos conseguirem durante a graduação, apresentarem os diversos recursos digitais existentes. Assim, é comum os cursos de graduação oferecerem disciplinas onde os recursos digitais sejam mais voltados para a representação, sendo uma primeira vez com o ensino dos recursos de desenho e uma segunda vez para tratar do modelo, outrora geométrico e mais recentemente BIM³.

A difusão dos conhecimentos que envolvem os recursos digitais na projeção, devido à velocidade e à acessibilidade da informação compartilhada, expandiu seus limites, porém tornou difícil manter-se atualizado com tantas áreas distintas que oferecem novos recursos. Nesse sentido, há uma dificuldade para o acompanhamento desses recursos, tanto pelo aluno quanto pelo professor e da mesma forma para os cursos.

² *Building Information Modeling*.

³ No caso referido está sendo limitado a modelagem do edifício em si, sem contar com todas as etapas concernentes a sua produção e manutenção.

Em um TCC, é pouco usual ao aluno aprender novos recursos digitais para serem empregados em um projeto importante com pouco tempo para sua realização. Assim, este artigo tem como objetivo apresentar parte do processo de três trabalhos realizados no ano de 2019, de alunos concluintes do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNEMAT⁴, que aprenderam novos recursos digitais úteis para as fundamentações e consolidação de suas propostas. Não é objetivo desse artigo descrever as soluções apresentadas pelos alunos, face aos problemas arquitetônicos de cada trabalho, mas somente apresentar os novos recursos aprendidos e como esses puderam trazer melhores perspectivas sobre os resultados.

Outra questão a ser explorada, é se o momento era pertinente ao aprendizado desses recursos, uma vez que a orientação os apresentou de modo superficial e o objetivo específico do TCC é a verificação do aprendizado do aluno durante seu percurso nos anos de graduação. Sob esse aspecto, destaca-se que o objetivo didático-pedagógico do orientador, que sendo professor, é o de transmissão do conhecimento, podendo ser de técnicas específicas atuais dentro do ambiente digital, independente da situação do aluno, concluinte ou não.

Apesar de muitas das aplicações desses recursos digitais não serem novidades no meio acadêmico, foram assim considerados pelos alunos, porque não fizeram parte dos conteúdos das disciplinas durante sua formação e nesse sentido, uma rápida aprendizagem desses recursos pode ser significativa no resultado do TCC e possivelmente poderão trazer novos estímulos à continuidade de sua formação e o decorrer de sua vida profissional.

Assim, o primeiro trabalho serviu como novidade ao aluno, a utilização do computador na simulação de áreas iluminadas e de sombra para projeção de paisagismo residencial. O segundo trabalho apresentou a geração da forma utilizando recursos de modelagem geométrica e paramétrica e o terceiro trabalho, fotogrametria para modelagem de patrimônio edificado e animação em tempo real.

Na UNEMAT, onde foram realizados esses trabalhos (2019), o TCC é dividido em duas fases, sendo que a primeira o aluno defende a pesquisa (monografia) do tema escolhido em uma pré-banca enquanto a segunda faz a defesa final do seu trabalho. Em pré-banca, o aluno apresenta a pesquisa e os recursos que serão utilizados para a consolidação da proposta e para a banca final há o desenvolvimento dos projetos (arquitetônicos, urbanísticos ou outro). Nos três trabalhos, a pesquisa sobre o tema foi acrescida do aprendizado dos novos recursos digitais pelos alunos, sendo que o tempo dedicado para tal não limitou o desenvolvimento da projeção,

⁴ Universidade do Estado de Mato Grosso.

mas agregou novo repertório aos alunos e trouxe novidades aos trabalhos, diferenciando-se dos demais.

2 Os recursos digitais usados na projeção

Diferentes abordagens trouxeram novas experiências na criação e na construção de uma nova forma arquitetônica, com a utilização de programação visual, descritos por Kolarevic (2003), Oxman (2006) e Burry e Burry (2010). Kvan e colaboradores (2004), disseram que a revolução digital, a comunicação em rede e as tecnologias transformariam a cultura e trariam desafios à produção arquitetônica e ao seu ensino, que se apresenta como desafio, dada a complexidade com que se permite trabalhar as abstrações e a precisão.

Desde a regulamentação⁵ da aplicação de recursos digitais no ensino de Arquitetura e Urbanismo, há um impasse no que tange aspectos didáticos e instrumentais. Se naquele período praticamente não havia diversidade de recursos, a utilização pragmática reproduziu no computador os meios do desenho tradicional. No período, inicialmente foram descritos experimentos como por exemplo Andrade, Amorim, Pereira (1994) e Farrag, Braga, Teixeira (2000) evidenciando que o uso do computador para representação, por meio do desenho digital e modelos geométricos.

Kowaltowski (2000), Celani (2007) e Nardelli (2007), destacaram a importância de utilização mais criativa dos recursos digitais. No ensino foram descritos experimentos realizados por Flório (2011), Sedrez e Celani (2014) e Tramontano (2015), tratando especialmente do que Oxman (2006) definiu por Digital Design, entre outros. Mais recentemente, a difusão do conceito que abrange o modelo único (BIM), que segundo Campestrini e colaboradores (2015), traz uma variedade de recursos para o planejamento da projeção, desde a concepção da sua forma por programação visual, análise da forma segundo sua performance, planejamento e gestão da sua produção, em uma suíte de aplicativos.

Apesar dos vários recursos digitais para a projeção, há pouca variedade na divulgação de experimentos explorados no ensino de graduação, que de um modo geral especializou-se no ensino da modelagem do edifício. A apresentação de diferentes recursos digitais, que permitem ao aluno explorar novos caminhos para a projeção é fundamental, uma vez que nesse processo podem ser descobertos novos objetivos profissionais. Entretanto, devido limitações dos cursos

⁵ A Informática Aplicada à Arquitetura e Urbanismo, pertence ao núcleo de disciplinas profissionais desde a portaria do MEC, nº 1.770, 1994.

como carga horária, disponibilidade de licenças de softwares e computadores adequados o ensino tornou-se mais pragmático.

De certa forma, a utilização de recursos diversificados de tecnologia, entre diferentes softwares, com diferentes escalas de complexidade, traz a possibilidade de aluno e professor crescerem em conjunto em uma contínua mediação entre os recursos, que segundo Gebran (2009), aponta como um caminho para o desenvolvimento do potencial criativo. Neste caso, para Boden (1999) a novidade enquanto realização de experiências mesmo que já difundidas em outras esferas de ensino, pode ser um relevante enriquecimento da criatividade individual.

Moran (2013) destaca movimentos distintos que são descritos em um processo de aprendizagem do aluno, individualmente em seu percurso, nas relações que ocorrem entre semelhantes e quando há contato com um professor/ orientador. Em todos os movimentos, o aluno deve assumir o papel de produtor do conhecimento, transformando as experiências já realizadas e sendo assim, a tecnologia torna-se indispensável. Camargo e Daros (2018), evidenciam que deve haver diferentes formas de relacionamento nas relações de ensino, entre os agentes e os recursos utilizados.

Logo, a utilização de recursos digitais diferenciados no ensino da projeção arquitetônica e diferentes ações voltadas ao ensino, podem transformar o percurso do aluno e enriquecer a relação de aprendizagem com os agentes do processo. Novas abordagens pelos alunos, trazem novas descobertas para si, valorizam sua autonomia, podendo transformar o seu repertório e seu processo criativo de investigação, e é nesse sentido que os novos recursos digitais foram apresentados aos alunos.

3 Os trabalhos

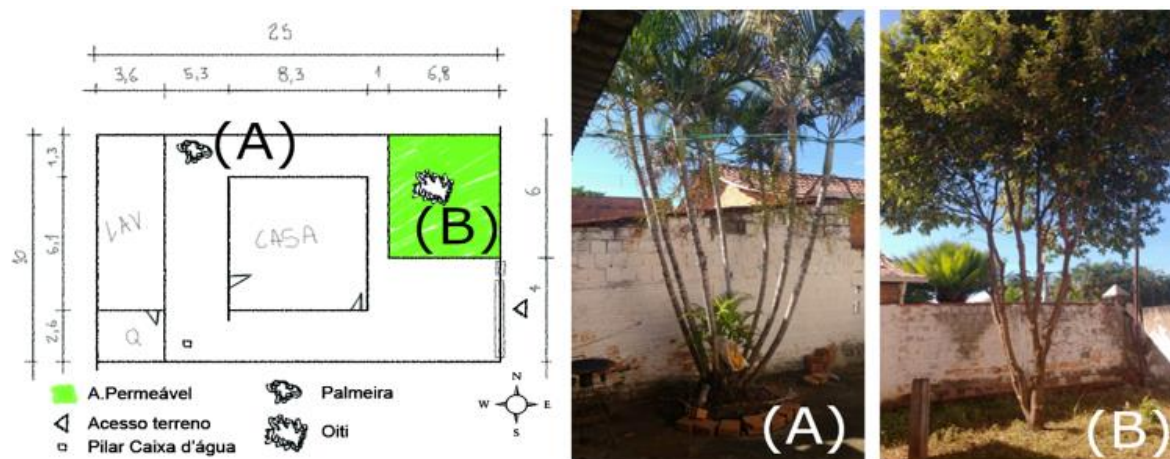
Os trabalhos foram desenvolvidos por alunos no mesmo período acadêmico, 2019, com o mesmo orientador. Apesar de transitarem em diferentes áreas de ensino, como conforto ambiental, paisagismo, projeto e patrimônio, os recursos digitais foram colocados como ferramentas auxiliares no desenvolvimento dos trabalhos e não como discussão principal de seus temas. Da mesma forma, esse artigo apresenta apenas como foram utilizados esses recursos digitais, o processo e algumas dificuldades.

3.1 Uma atividade com simulação para projeto de paisagismo

O primeiro trabalho tinha como objetivo o projeto de paisagismo para uma pequena residência. Um dos objetivos do aluno era mostrar a importância do projeto de paisagismo na valorização de todo projeto ou ambiente. Para enriquecer a proposta a ser desenvolvida, foi sugerido ao

aluno que fizesse um estudo mais aprofundado sobre as questões de insolejamento para o local. Dessa forma, seria mais significativo para as escolhas das espécies se o aluno soubesse as condições de luz na área de projeto durante todo o ano. Para o início do trabalho foi feito o desenho da edificação, identificando os materiais empregados e as espécies já existentes e das casas vizinhas, uma vez que essas casas poderiam projetar sombra na área de estudo em algum momento. A Figura 1 mostra um croqui do local e a vegetação existente com sua localização.

Figura 1: Croqui do local e vegetação existente



Fonte: Elaborado pelo aluno Orlando Rodrigues de Campos Júnior

Devido a necessidade de pesquisa sobre softwares para análise do ambiente, o aluno investigou trabalhos dos autores Kolarevic (2003) e Tedeschi (2014), especialmente com relação a representação de resultados baseados em Métodos de Elementos Finitos (FEM), para análise de insolejamento. O conhecimento sobre o tipo de representação utilizado pelos autores, serviu como investigação para a decisão sobre qual software deveria ser utilizado, qual a disponibilidade para aquisição e de compatibilidade com os recursos previstos para a modelagem geométrica da proposta projetual.

O software *Blender 3D*⁶ foi escolhido para a modelagem geométrica e para a análise do ambiente, utilizando o plugin *VISuite*⁷, que para o seu funcionamento requer a instalação de outros softwares como *Energyplus*⁸ e *Radiance*⁹. Após a modelagem da edificação e entorno, foi realizado o primeiro conjunto de análise com a ferramenta *Sunpath*, verificando o insolejamento. Para a utilização da ferramenta foi inserido o arquivo EPW¹⁰ referente ao

⁶ Software livre de modelagem e animação.

⁷ O plugin *VISuite* é um conjunto de ferramenta para análise do ambiente, integrado ao software *Blender 3D*, desenvolvido em universidade inglesa.

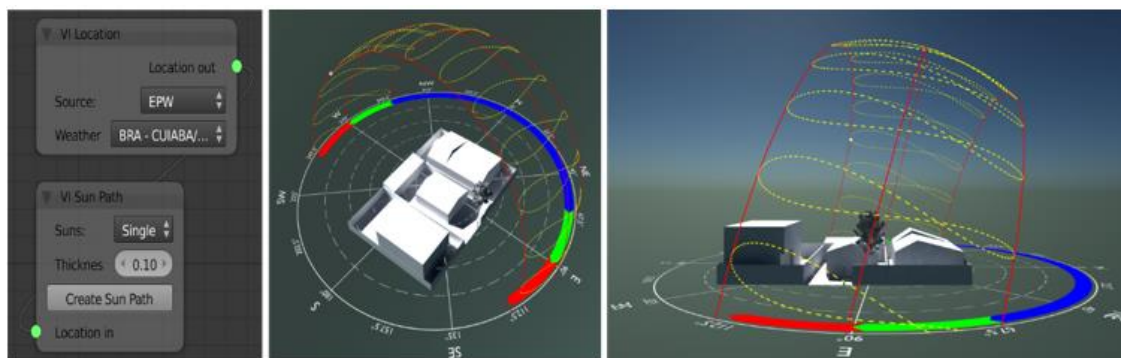
⁸ O software *Energyplus* é destinado a simulação energética do edifício.

⁹ Suíte de programas para a análise e visualização da luz em projetos.

¹⁰ Dados climáticos de locais para apoio à simulação.

município de Cuiabá. A ferramenta *Sunpath* cria uma simulação do “percurso solar” segundo dia, mês e o horário permitindo a visualização da incidência da luz solar e a criação de sombras no modelo. A Figura 2 mostra a ferramenta *Sunpath* e sua configuração inicial em (a) e a trajetória do “percurso aparente de sol” em (b) e (c).

Figura 2: Ferramenta *Sunpath* em (a); e "Percurso solar" em (b) e (c)



Fonte: Elaborado pelo aluno Orlando Rodrigues de Campos Júnior.

Para verificação da simulação, foi tomado por fotografia um ponto da área de estudo e conferido com o resultado digital. A Figura 3 mostra a verificação realizada no dia 18/08/2019 às 15 h 00 min.

Figura 3: Visualização no local

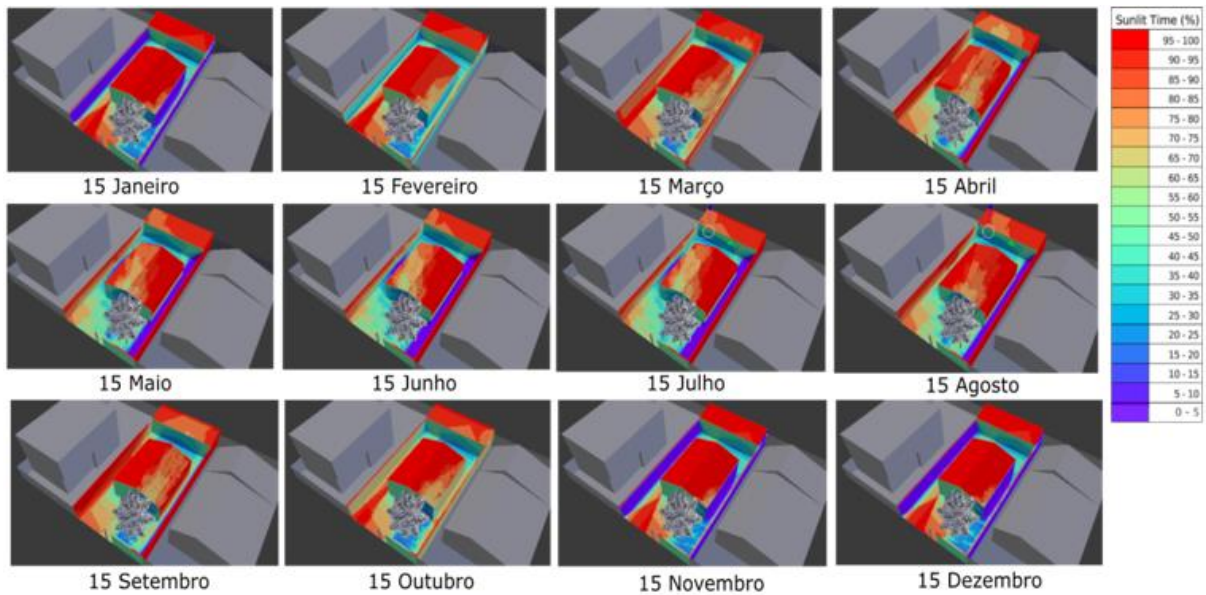


Fonte: Elaborado pelo aluno Orlando Rodrigues de Campos Júnior.

Com a finalidade de compreender melhor as áreas que recebem maior quantidade de luz natural e sombras, foi realizado um levantamento em uma data específica (todo dia 15) em todos os meses. O levantamento utilizou outra ferramenta, *Sunlight (ShadowMap)*, que descreve em porcentagem a quantidade de luz natural da área de estudo, dentro de um intervalo de horas específico, que no caso foi estabelecido das 6 h 00 min. até às 18 h 00 min. Como recursos complementares, foram realizadas outras leituras, como radiação solar (w/m²) e ventos dominantes. A Figura 4 mostra o resultado da análise da sombra no local de projeto (*Sunlight*),

em datas específicas durante todos os meses do ano 2019, no período das 6 h 00 min. às 18 h 00 min.

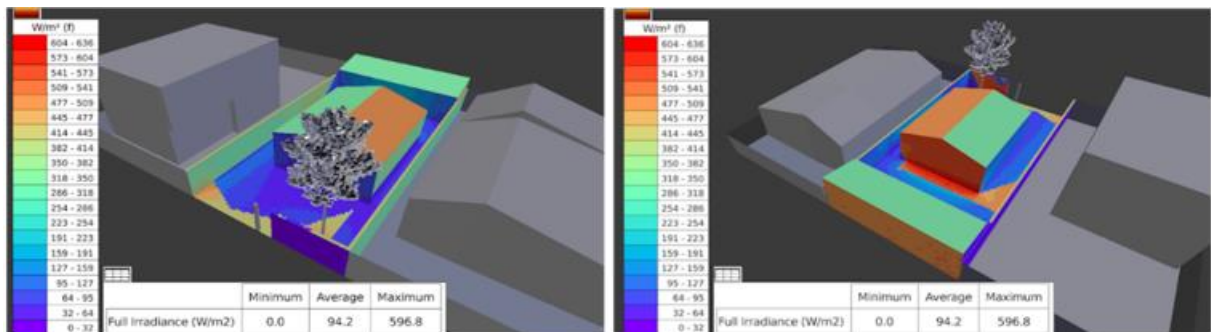
Figura 4: Resultado de análise de sombra no local



Fonte: Elaborado pelo aluno Orlando Rodrigues de Campos Júnior.

A Figura 5 mostra o resultado para uma análise da radiação solar, para o dia 18/08/2019 às 15 h 00 min, vista frontal no local, em (a) e vista dos fundos no local, em (b).

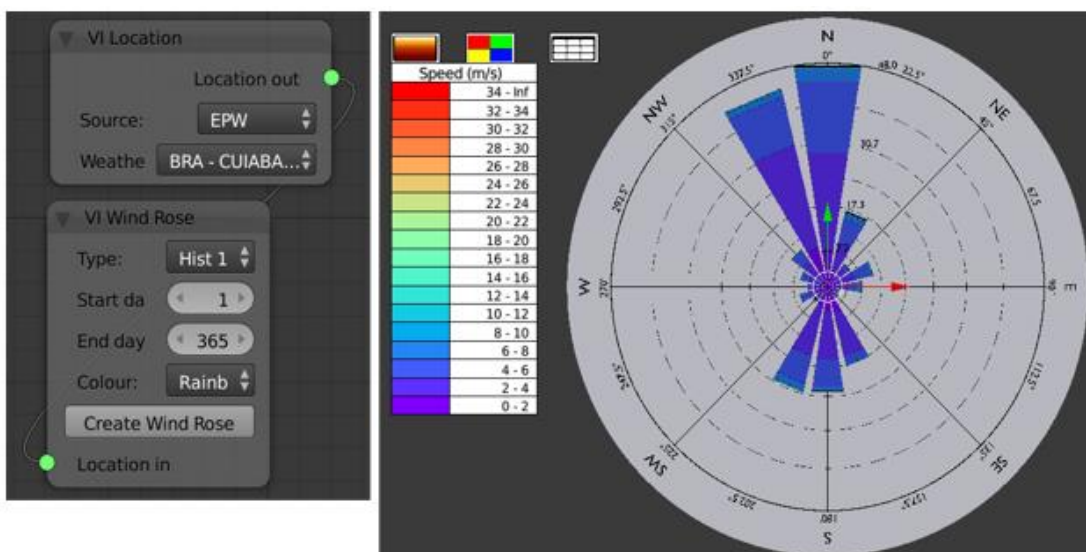
Figura 5: Resultado da radiação solar na frente da residência (a); nos fundos (b)



Fonte: Elaborado pelo aluno Orlando Rodrigues de Campos Júnior.

Também foi utilizada a ferramenta *WindRose* para verificar a orientação e a velocidade dos ventos dominantes, conforme a Figura 6.

Figura 6: Ferramenta WindRose (a); resultado da verificação (b)



Fonte: Elaborado pelo aluno Orlando Rodrigues de Campos Júnior.

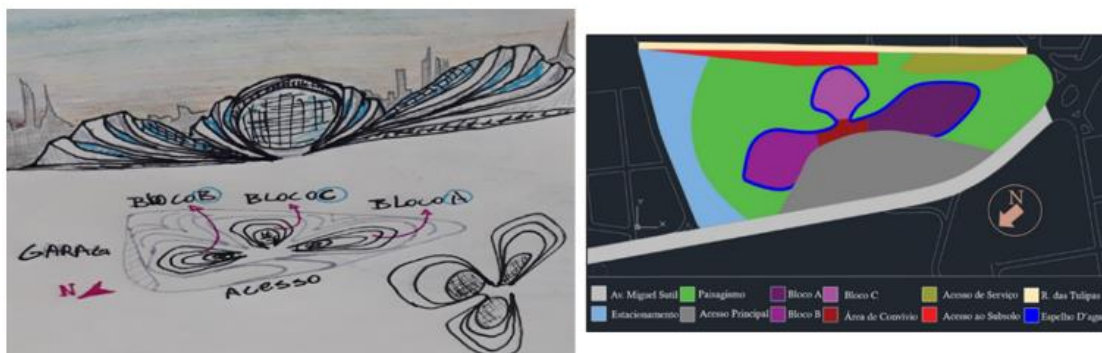
As análises feitas trouxeram uma nova perspectiva para a pesquisa e essa questão atendeu as expectativas didático-pedagógicas do orientador. Com resultado das análises ficou evidente uma nova postura do aluno face ao desenvolvimento de seu trabalho e o desejo de novas abordagens. As análises discutidas, entre o aluno e o orientador, fundamentaram a escolha das espécies segundo maior necessidade de iluminação diária ou de sombra, e de resistência às variações de temperatura ao longo de um ano. Para a realização das análises, a maior dificuldade do aluno foi aprender a modelagem geométrica com software *Blender3D*, mesmo de modo superficial, segundo a constituição da estrutura de dados dos objetos, composta por meio de vértices, arestas e face. No caso, a subdivisão das faces em diversas faces menores possibilitou a leitura dos dados por variação de cor, após a utilização do *VISuite*, em um processo conhecido como FEM¹¹ (Método de Elementos Finitos).

3.2 Uma atividade com modelagem geométrica e paramétrica

O segundo trabalho tinha como objetivo principal a projeção de um edifício com o tema: centro cultural. Ainda, como objetivo secundário do aluno, desenvolver a proposta projetual segundo modelagem paramétrica utilizando programação visual (ou algoritmos) empregando o *Grasshopper*. Para isso, o aluno desenvolveu croquis evidenciando a tipologia do seu interesse, baseando-se em superfícies complexas, cuja principal referência foi o *Harbin Opera House*, MAD Architects, 2015. A Figura 7 mostra croquis do projeto em (a), e uma implantação preliminar em (b):

¹¹ Finite Element Method.

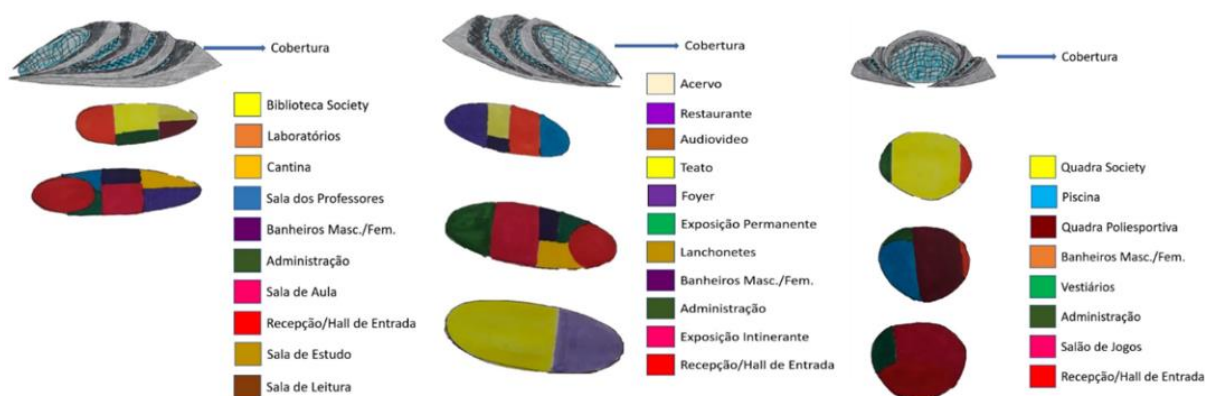
Figura 7: Diagramas evidenciando a distribuição do programa



Fonte: Elaborado pelo aluno Luiz Fernando Pereira.

Figura 8, aprofundamento dos diagramas, evidenciando a distribuição do programa:

Figura 8: Aprofundamento nos diagramas



Fonte: Elaborado pelo aluno Luiz Fernando Pereira.

Apesar da forma externa “orientar”¹² o partido arquitetônico adotado, e ser de extrema complexidade, a orientação não limitou a concepção à modelagem geométrica e paramétrica, fazendo necessária a utilização de croquis e diagramas manuais como método em conjunto com o uso do computador.

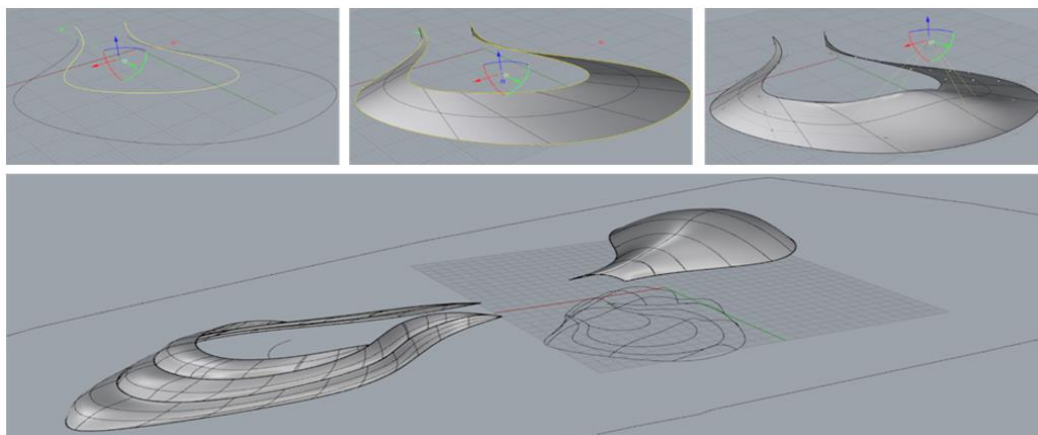
Foi discutido, entre aluno e orientador, que as superfícies complexas deveriam ser modeladas separadamente e inseridas em outro software para a continuidade da projeção arquitetônica, com o desenvolvimento de plantas, cortes, fachadas etc. A dificuldade inicial foi o desconhecimento do aluno sobre a modelagem paramétrica por linguagem visual, que determinou pesquisas iniciais sobre o melhor método para modelar a proposta. Dessa forma, foram apresentadas leituras iniciais sobre o conhecimento de modelagem, inicialmente geométrica com Gomes e Velho (1990), evidenciando recursos primitivos para construção de

¹² Nesse caso, por definir a volumetria e setorização do programa.

formas como extrusão, *sweep*¹³ e *loft*¹⁴, leituras para compreender melhor a modelagem paramétrica com autores como Kolarevic (2003) e Tedeschi (2014), nos conceitos que envolvem a simulação, projeção e execução de obras com essa tipologia, Flório (2011) e Tramontano (2015), sobre experimentos realizados em sala de aula com apoio de maquetes físicas e Lima (2013), sobre as diversas tipologias projetuais decorrentes da modelagem paramétrica.

Foi sugerido ao aluno que a modelagem de cada bloco deveria partir da determinação de elementos primitivos como curvas, e criadas as superfícies entre essas. No caso, por se tratar de uma concepção paramétrica, esperava-se que todos os pontos que determinassem as curvas e as superfícies fossem discriminados para que pudessem ser controlados. Devido ao pouco tempo disponível da licença de estudante (3 meses) e devido à pouca experiência na condução da modelagem estabelecendo parâmetros de modo vetorialmente, foi adotada uma solução híbrida, modelando tradicionalmente as superfícies, por meio da ferramenta *loft*, ajustando sua deformação pelos seus pontos de controle e utilizando a modelagem paramétrica apenas em áreas específicas. A Figura 9 mostra parte do processo de modelagem das superfícies e da deformação por seus pontos de controle¹⁵ em (a), (b) e (c) e em (d), diferentes resultados de processos de modelagem com *loft*.

Figura 9: Processo de modelagem das superfícies



Fonte: Elaborado pelo aluno Luiz Fernando Pereira.

Apenas em áreas específicas da modelagem foram utilizados recursos paramétricos com programação visual. Nesses casos, a modelagem tradicional das superfícies (em vermelho), destinadas a servirem como domus, foram selecionadas pelo *Grasshopper* para que sua

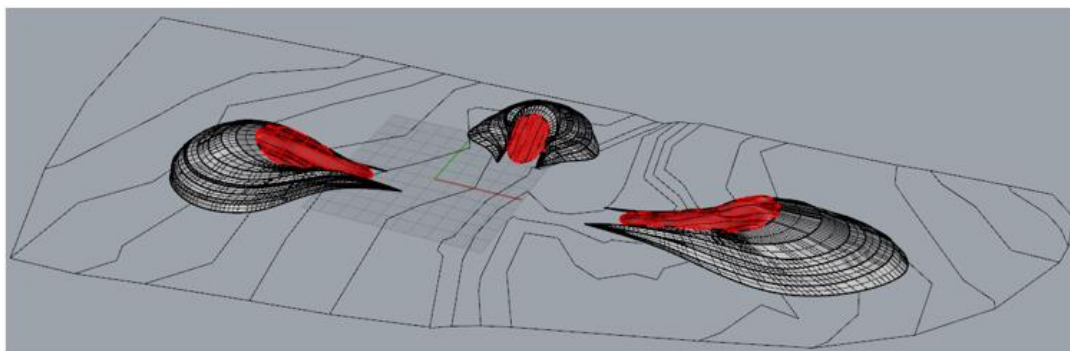
¹³ Técnica de varredura de uma curva de qualquer seção transversal, sobre uma curva guia (*path*).

¹⁴ Técnica para construção de superfícies interpolando as seções ao longo de um eixo.

¹⁵ Para aumentar o número de pontos de controle sobre a superfície foi aplicado o recurso *rebuild*.

estrutura fosse desenvolvida com a ferramenta *Lunchbox*¹⁶. A Figura 10 mostra em destaque (áreas vermelhas) onde foram aplicados recursos do *Grasshopper* e da ferramenta *Lunchbox*.

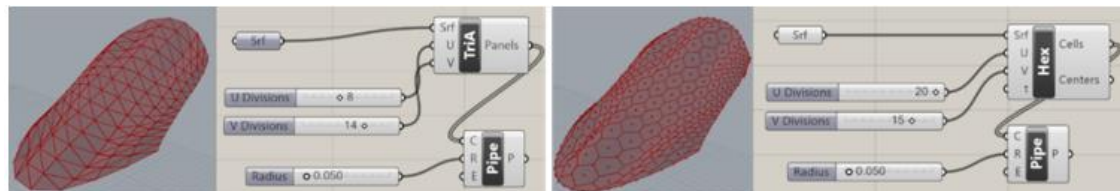
Figura 10: Áreas em destaque



Fonte: Elaborado pelo aluno Luiz Fernando Pereira.

Na ferramenta *Lunchbox* foi definida uma trama segundo diferentes escolhas de padrões disponíveis, com possibilidade de alteração no número de segmentos definidos numericamente em U e V. Ao ser definida a trama, foi aplicada uma determinada espessura (5 cm) para simular a estrutura do domus. A Figura 11 mostra dois modelos testados para o domus, com trama triangular em (a) e hexagonal em (b):

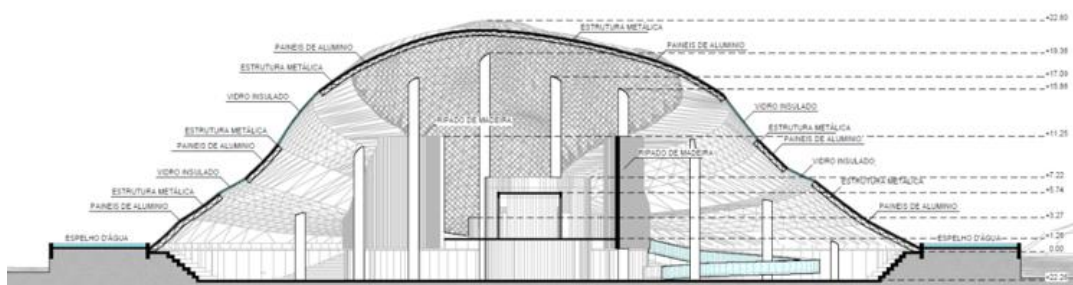
Figura 11: Modelos de tramas para os domus (a); e (b)



Fonte: Elaborado pelo aluno Luiz Fernando Pereira.

A importação das formas modeladas no Rhinoceros e no *Grasshopper* para o Revit, trouxe como inconveniente as arestas visíveis das superfícies. A Figura 12 mostra um corte do bloco B com as arestas visíveis.

Figura 12: Corte com arestas visíveis nas superfícies



Fonte: Elaborado pelo aluno Luiz Fernando Pereira.

¹⁶Plugin para o Grasshopper que auxilia na criação de superfícies paramétricas.

Apesar do resultado da modelagem não ter sido completamente desenvolvido a partir de uma concepção por programação visual, o aluno teve oportunidade de conhecer autores e pesquisas sobre o assunto e experimentar o processo, conhecendo suas prerrogativas. As análises que foram discutidas, entre o aluno e o orientador, fundamentaram a definição de pontos específicos que determinaram as curvas, no plano (terreno) e no espaço, para a construção da superfície complexa. Para a construção das curvas, foi utilizado o modelo de curva *spline*, que permite a passagem por pontos definidos. Nesse caso, ficou claro ao aluno a necessidade da determinação com precisão dos elementos que constituíram a forma e como estes, se modelados por meio da programação visual, dentro de uma determinação correta de seus parâmetros, poderiam facilitar e melhorar o processo da concepção da forma e seus ajustes.

3.3 Uma atividade com fotogrametria

O terceiro trabalho tinha como objetivo inicial a construção de um jogo digital envolvendo um espaço arquitetônico. Posteriormente foi definido entre orientador e aluno que o espaço arquitetônico seria uma pequena igreja, patrimônio do município¹⁷, e que para sua utilização como cenário do jogo, seria utilizado recursos de fotogrametria.

Dessa forma, a constituição do cenário deveria trazer como uma questão relevante a reprodução mais fidedigna possível do espaço construído, inclusive suas patologias. A Figura 13 mostra as quatro fachadas da igreja.

Figura 13: Fachadas da igreja



Fonte: Elaborado pelo aluno Jefferson Vinícios Rego Silva.

¹⁷ O município de Barra do Bugres, no estado de Mato Grosso.

A investigação sobre fotogrametria partiu da leitura dos trabalhos, Lopes (2010) que descreve o levantamento de fachadas em prédios históricos utilizando ortofotos e de Groetelaars e Amorim (2012), sobre o processo de criação de nuvens de pontos para representação do patrimônio. Apesar das leituras sobre diferentes recursos, o aluno pôde vislumbrar processos e softwares utilizados.

Para a atividade de fotogrametria, os recursos utilizados foram os softwares livres *Visual SFM*¹⁸, *Meshlab*¹⁹ e *Meshroom*²⁰. Para a visualização e manipulação do modelo criado foi utilizado o software livre *Blender 3D*. A escolha dos softwares foi para minimizar os custos da execução do trabalho que contou também para a aquisição das fotografias, com o uso de um telefone celular²¹. Para a construção do jogo foi utilizado o motor *Armory3D*²² que é integrado ao *Blender 3D*, versão 2.80.

Inicialmente para a construção do modelo por nuvem de pontos, foram tomadas 73 fotografias, ao redor do prédio. Apesar de muitas fotos apresentarem diferenças significativas entre áreas nas fachadas com maior ou menor incidência de luz solar, o modelo foi gerado utilizando o software *Meshroom*. A Figura 14 mostra a tomada dos pontos, a construção da nuvem de pontos e o resultado do processamento, já no *Blender 3D*.

Figura 14: Modelo geométrico gerado a partir de nuvem de pontos



Fonte: Elaborado pelo aluno Jefferson Vinícios Rego Silva.

¹⁸ Software para reconstrução 3D.

¹⁹ Software para processamento e edição 3D.

²⁰ Software para fotogrametria.

²¹ No caso, propriedade do aluno, um Samsung A6.

²² Motor de jogo para integração ao software Blender 3D.

O modelo produzido tinha 85 Mb e muito ruído nas paredes e desta forma não foi viável²³ integrá-lo ao *Armory 3D*. A solução foi a tomada de novas fotos para a geração de ortofotos das fachadas individuais para serem aplicadas como textura. Assim, foi feito um novo modelo, gerado convencionalmente no *Blender3D*. Neste caso, o modelo anterior criado no *Meshroom* serviu apenas como referência, em especial para aquisição de suas medidas externas.

Novas fotos foram tiradas para recomeçar o processo de criação das fachadas no software *Visual SFM*, por meio da construção de nuvem de pontos. A nuvem de pontos foi exportada para o software *Meshlab* para a criação das superfícies (estrutura tipo *mesh*) representando as fachadas com a textura respectiva, eliminando os vértices e as faces criados considerados desnecessários. As fachadas geradas pelo *Meshlab* foram exportadas para o *Blender 3D*, aplicadas e renderizadas para a criação de ortofotos. As ortofotos das fachadas, foram exportadas para um software de edição de imagens para serem recortadas e exportadas novamente para o *Blender 3D* como textura para aplicação no novo modelo de superfície. A Figura 15 mostra as texturas finalizadas das fachadas para serem aplicadas no modelo.

Figura 15: Fachadas renderizadas e recortadas



Fonte: Elaborado pelo aluno Jefferson Vinícios Rego Silva.

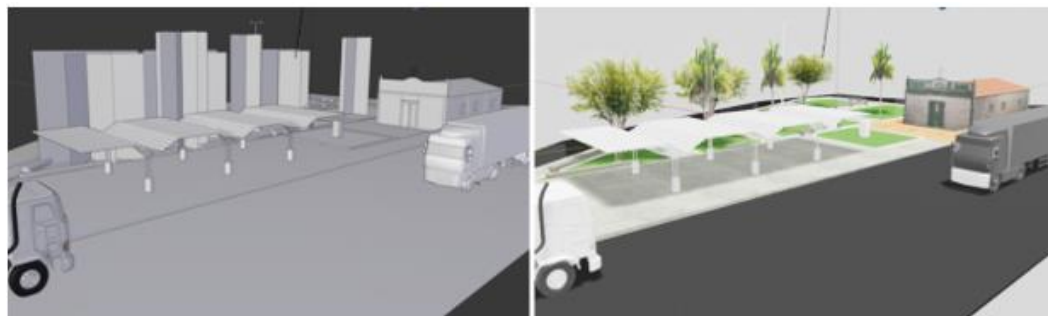
Após a modelagem da igreja²⁴ (externa e interna), com a aplicação das texturas das fachadas, foi feita a modelagem do entorno, constituindo o cenário do jogo. Foram acrescentados caminhões que circulam continuamente no ambiente para que o jogador tenha uma ambientação mais próxima do mundo real.

²³O tamanho do arquivo impediria a sua jogabilidade e também o modelo para ser integrado ao *Armory3D* precisaria sofrer diversos recortes.

²⁴ A cruz da igreja foi modelada geometricamente à parte e inserida no modelo final.

O resultado final trouxe um jogo em primeira pessoa, que possui uma pré-configuração no *Armory 3D*, onde foi possível circular no cenário e interagir com elementos físicos, como as portas e outros objetos. O jogo foi preparado para o sistema operacional Windows. Também foi feita uma versão para o sistema Android, que não foi completamente finalizada em função do tempo disponível.

Figura 16: Modelagem do cenário do jogo (a); cena renderizada (b)



Fonte: Elaborado pelo aluno Jefferson Vinícios Rego Silva.

A construção do ambiente do jogo com auxílio da fotogrametria permitiu ao aluno a descoberta de novos recursos, ampliando a qualidade da representação mais realística da igreja, com todas as suas patologias. Um ponto importante é que anteriormente a questão que envolvia somente a relação do jogo e a arquitetura foi acrescida de outras abordagens, como a representação do patrimônio e a identificação de marcos urbanos, adquirindo uma visão mais ampla sobre o jogo, com uma finalidade mais educativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados conseguidos, dentro de uma ótica didático-pedagógica, foram significativos pois os alunos puderam experimentar recursos diferentes que enriqueceram suas atividades e trouxeram novas perspectivas para a continuidade de suas formações. No processo, puderam por meio da pesquisa, conhecer novos autores e diferentes tecnologias. Ao final do TCC, todos os trabalhos foram considerados aprovados.

A relação entre os alunos e a orientação foi proveitosa para ambas as partes porque devido à proximidade entre os alunos durante as orientações, os resultados puderam ser compartilhados. Houve uma preocupação com relação a necessidade de se utilizar ao máximo softwares livres, uma vez que os alunos precisariam de mais tempo que normalmente são oferecidas as licenças estudantis, menores que o período do TCC. A Figura 17 faz um resumo dos recursos apresentados nas atividades, endereço para download.

Figura 17: Recursos utilizados

Atividade	Software utilizado e licença	Plugin
1	<i>Blender 3D</i> https://www.blender.org/	<i>VI Suíte</i> https://blogs.brighton.ac.uk/visuite/
	Livre	<i>Energyplus</i> https://energyplus.net/ <i>Radiance</i> https://www.radiance-online.org/
2	<i>Rhinoceros</i> https://www.rhino3d.com/	<i>Grasshopper</i> https://www.grasshopper3d.com/
	Comercial	<i>Lunchbox</i> https://provingground.io/tools/lunchbox/
	<i>Revit</i> https://www.autodesk.com.br/products/revit/	
Comercial		
3	<i>Blender 3D</i> https://www.blender.org/	<i>Armory 3D</i> https://armory3d
	<i>Meshlab</i> https://www.meshlab.net/	
	<i>Meshroom</i> https://alicevision.org/	
	<i>Visual SFM</i> http://ccwu.me/vsfm/	
	Livre	

Fonte: elaborado pelos autores.

A maior dificuldade no processo de aprendizagem esteve relacionada às fundamentações em modelagem geométrica que existem em diversos softwares e guardam os mesmos princípios para utilização. Ainda, o conhecimento sobre a modelagem, com estruturas diferentes, *mesh* e NURBS (*Non Uniform Rational B-spline*) foi uma importante descoberta para o aprendizado sobre modelagem geométrica e paramétrica. Há nesse sentido, uma necessidade sobre um direcionamento do ensino de recursos matemáticos, especialmente para modelagem paramétrica, envolvendo o uso de vetores, matrizes, séries e outros.

Ao final das orientações, ficou claro que o ensino dos recursos digitais nos cursos de Arquitetura e Urbanismo, precisa de maior abrangência tanto no emprego de softwares variados quanto no ensino de fundamentações teóricas e práticas. Ao mesmo tempo que é preciso difundir a evolução dos recursos na arquitetura e o conhecimento das pesquisas sobre suas metodologias, mesmo que reproduzindo experimentos já realizados, explorando outros resultados.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, V. H. M.; AMORIM, A. L.; PEREIRA, G. C. Ensino de projeto arquitetônico e CAD: uma experiência piloto. *In: SIMPÓSIO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA EM ARQUITETURA, ENGENHARIAS E ÁREAS AFINS*, 2., 1994, Salvador. **Anais [...]** Salvador: UFBA, 1994. p. 143-148.

BODEN, Margaret *et al.* **Dimensões de criatividade**. Porto Alegre: Artes Médicas do Sul, 1999.

BURRY, J.; BURRY, M. **The new mathematics of architecture**. London: Thames & Hudson, 2010.

CAMARGO, F.; DAROS T. **A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo**. Porto Alegre: Penso, 2018.

CAMPESTRINI, T. F. et al. **Entendendo BIM**. Curitiba: UFPR, 2015. Disponível em: <https://www.entendendobim.com.br/>. Acesso em: 6 abr. 2017.

CAMPOS JÚNIOR, O. R. **Projeto de paisagismo residencial em Barra do Bugres**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Barra do Bugres, 2019.

CELANI, G. A importância da pesquisa na formação docente, o caso da “informática aplicada a arquitetura e urbanismo”. **Cadernos de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo**, v. 7, n. 1, 2007. Disponível em: <http://editorarevistas.mackenzie.br>. Acesso em: 20 jan. 2011.

FARRAG, C.; BRAGA, G. P.; TEIXERA, P. Investigação de metodologia de ensino de informática aplicada à arquitetura. *In: CONGRESSO DA SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL*, 4., 2000, Rio de Janeiro. **Anais [...]** Rio de Janeiro: CumInCAD, 2000. p. 1-3. Disponível em: <http://papers.cumincad.org/data/works/att/567d.content.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2018.

FLORIO, W. Modelagem paramétrica, criatividade e projeto: duas experiências com estudantes de arquitetura. **Gestão e Tecnologia de Projetos**. São Carlos, v. 6, n. 2, p. 43-66, dez. 2011. DOI 10.4237/gtp.v6i2.211. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/51010>. Acesso em: 9 jan. 2018.

GEBRAN, M. P. **Tecnologias educacionais**. Curitiba: IESDE Brasil, 2009.

GOMES, J. M; VELHO, L. C. **Conceitos básicos de computação gráfica**. São Paulo: IME USP, 1990.

GROETELAARS, N. J.; AMORIM, A. L. Um panorama sobre o uso de nuvem de pontos para a criação de modelos BIM. *In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DOCUMENTAÇÃO DO PATRIMÔNIO COM USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS*, 2., 2012, Belém. **Anais [...]**. Belém: UFPA, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/276007399_UM_PANORAMA_SOBRE_O_USO_DE_NUVENS_DE_PONTOS_PARA_CRIACAO_DE_MODELOS_BIM. Acesso em: 29 maio 2019.

KOLAREVIC, B. **Architecture in the digital age: design and manufacturing**. New York: Spon Press, 2003.

KOWALTOWSKI, D. *et al.* **O processo criativo: relacionando a teoria à prática no ensino do projeto arquitetônico**. Campinas: Unicamp, 2000. Disponível em: <http://www.dkowaltowski.net/1072.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2016.

KVAN, T. *et al.* Ditching the dinosaur: redefining the role of the digital media in education. **International journal of design computation**, n. 5, Cambridge: MIT Press, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/265217834_Ditching_the_Dinosaur_Redefining_the_Role_of_Digital_Media_in_Education. Acesso em: 13 mar. 2018.

MORAN, J. **Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda**. Disponível em: http://www.2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/metodologias_moran1.pdf. Acesso em: 6 jan. 2020

LIMA, F. Arquitetura digital e as sintaxes das geometrias computacionais. *In*: Fórum PROJETAR – Ensino, pesquisa e prática, 6., **Anais [...]**. Salvador: UFBA, 2013.

LOPES, S. M. M. **Análise de produtos obtidos com a utilização da fotogrametria terrestre no levantamento de fachadas para fins de restauro**. Salvador UFBA, 2010. Disponível em: http://www.lcad.ufba.br/arqdoc/trabalhos/Trab_27.pdf. Acesso em: 30 maio 2019.

NARDELLI, E. S. Arquitetura e projeto na era digital. **Arquitetura Revista**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 28-36, 2007. Disponível em: <https://goo.gl/TdKmDM>. Acesso em: 9 jan. 2018.

OXMAN, R. Theory and design in the first digital age. **Design studies** v. 27, n. 3, p. 229- 265, 2006.

PEREIRA, L. F. **Adoção dos conceitos de Arquitetura Isomórfica**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Barra do Bugres, 2019.

SEDREZ, M.; CELANI, G. Ensino de projeto arquitetônico com inclusão de novas tecnologias: uma abordagem pedagógica contemporânea. **PÓS. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP** v. 21, n. 35, p. 78-97, 2014. DOI 10.11606/issn.2317-2762.v21i35p78-97. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/posfau/article/view/84355>. Acesso em: 8 maio 2019.

SILVA, J. V.R. **Representação arquitetônica em ambiente digital**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Barra do Bugres, 2019.

TEDESCHI, A. **AAD_algorithms aided design: parametric strategies using Grasshopper**. Italy: Le Penseur Publisher, 2014.

TRAMONTANO, M. Quando pesquisa e ensino se conectam: design paramétrico, fabricação digital e projeto de arquitetura. *In: CONGRESSO DA SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL*, 19., 2015, Florianópolis. **Anais** [...] São Paulo: Blucher, 2015. p. 544-550. DOI 10.5151/despro-sigradi2015-30201. Disponível em: <https://goo.gl/53brtV>. Acesso em: 9 jan. 2018.

Recebido em: dezembro de 2020.

Aprovado em: março de 2021.

Como citar este trabalho:

MACIEL, S. D. Trabalho de conclusão de curso. Momento de aprendizagem? **Zeiki**, Barra do Bugres, v. 2, n. 1, p. 29-48, (2021).