

(BIO)CLIMATIC WYVERN: Tool for Environmental Analysis in the Initial Project Stages

Lucas de Castro Luciano¹, Isabela Wanchutz Britto Reizinger¹, Caio Augusto Rabite², Letícia Maria de Araújo Zambrano¹, Aline Calazans Marques³

¹ Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil
lucas.luciano@arquitetura.ufjf.br; isabela.wanchutz@arquitetura.ufjf.br;
leticia.zambrano@ufjf.br

² Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil
caio.rabite@ufjf.br

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil
alinecalazans@fau.ufrj.br

Abstract. This paper presents the development of a tool named Wyvern, designed to provide bioclimatic analysis during the early stages of design. It is evident that the growing demand for more comfortable and sustainable built environments holds significant importance within the realm of contemporary architectural practice. However, concepts pertaining to thermal comfort and the utilization of tools through software development for analysis pose challenges in both practice and education. The objectives of this study aim to address these challenges by introducing a parametric tool with a user-friendly interface capable of conducting those analyses. The methodology takes an exploratory and practical approach, outlining the tool's key functions and its developmental process. Additionally, this study reports its application and integration across three disciplines within the architecture and urbanism curriculum, while evaluating its relevance to the intended audience.

Keywords: Parametric analysis, Bioclimatic architecture, Environmental analysis, Simulation, Friendly-interface.

1 Introdução

As edificações têm entre suas funções a proteção dos eventos climáticos e a busca por condições de conforto. As revoluções industriais trouxeram avanços que permitiram a criação de ambientes construídos confortáveis por meios mecânicos, baseados em sistemas artificiais para aquecimento, resfriamento, iluminação, etc. Entretanto, ao longo do tempo houveram indícios de que os padrões correntes de consumo energético e da natureza poderiam comprometer a condição de vida na terra para as futuras gerações.

Neste cenário, estabeleceu-se para o mundo o novo paradigma do Desenvolvimento Sustentável, segundo o qual a sociedade deve engendrar todos os esforços para atingir objetivos que estabeleçam padrões admissíveis de uso dos recursos naturais, tanto energéticos como materiais.

Para o setor da construção civil, uma das indústrias que mais consomem recursos energéticos e materiais da natureza, tem-se o grande desafio de como se obter os padrões desejáveis de conforto com o menor dispêndio e desperdício, tanto energético como material. Para além disso, as mudanças climáticas somam outras escalas de problemas, tanto relacionados aos extremos climáticos, como relacionados aos acidentes ambientais, como alagamentos, escorregamentos, dentre outros. Ou seja, os profissionais da construção civil precisarão estar aptos a desenvolver soluções das mais engenhosas para predizer o comportamento de seus projetos, de forma a garantir o desempenho pretendido.

Como forma de responder a tais desafios, os avanços nas simulações de desempenho de edifícios têm possibilitado aos projetistas uma melhor compreensão de como os fatores ambientais interagem com os edifícios e como estes se comportam nos diversos contextos e configurações, dando sentido ao conceito de design baseado em desempenho, no qual as avaliações obtidas passam a orientar o processo de concepção do projeto (Aksamija, 2013).

A simulação ambiental da edificação é objeto de estudo e prática há diversos anos, mas sua adoção no projeto não é algo elementar e pode assumir características de complexidade em função da etapa do projeto e do nível de precisão que se almeja atingir. A forma e o momento em que as simulações são incorporadas ao fluxo de trabalho costumam ser problemáticos (Hensen, 2004). Entretanto, o avanço das ferramentas de design computacional e da disponibilidade de dados bioclimáticos acrescentam a possibilidade de gerar uma gama de soluções em um curto prazo de tempo, de maneira dinâmica e interativa, mantendo a assertividade e possibilitando a gestão das condicionantes necessárias para a geração de simulações simples e confiáveis.

Porém, obstáculos como interoperabilidade de ferramentas e diálogo entre os diferentes domínios especializados, além das interfaces computacionais pouco amigáveis e tempo necessário para análises podem ser alguns dos pontos que contribuem para gerar uma incerteza no processo de projeto, resultando em baixo desempenho ou atrasos no seu ciclo (Oxman, 2009).

As avaliações de desempenho são geralmente feitas em estágios avançados do projeto, pois dependem de uma série de definições que só se obtêm nas etapas mais adiantadas de detalhamento do projeto (Zambrano, 2008). Entretanto, é na etapa conceitual do projeto que são tomadas as decisões mais cruciais, as quais exercem impacto significativo no desempenho do edifício, definindo as condições iniciais para o bom comportamento geral da edificação, como a determinação da massa do edifício, sua orientação, volume,

estratégias de sombreamento, estratégias de iluminação natural, dentre outros aspectos.

No ensino da Arquitetura e Urbanismo, é necessário estar atento a essas demandas que o contexto impõe e que a profissão exige uma resposta. Como uma amostra do que acontece entre os arquitetos na atuação profissional, nas disciplinas de Conforto Ambiental e Modelagem Computacional percebeu-se a dificuldade que estudantes enfrentam para lidar com conteúdos avançados (da geometria solar, da física da edificação, etc.) e com as ferramentas, tanto computacionais como gráficas.

Buscando criar soluções e mecanismos que facilitem o acesso e o trato com tais conhecimentos, professores e estudantes envolvidos nas disciplinas de Modelagem Computacional e Conforto Ambiental idealizaram um exercício acadêmico que pretendeu auxiliar no aprendizado dos conteúdos envolvidos através de uma abordagem multi e transdisciplinar.

Os conteúdos da disciplina de Conforto Ambiental I são aplicados no projeto que está sendo desenvolvido na disciplina Projeto de Arquitetura III, através de ferramentas adotadas na disciplina de Modelagem Computacional. Tratam-se de três disciplinas que são colocadas em articulação para a promoção do aprendizado tanto de conteúdos de difícil apreensão como do aprendizado da prática interdisciplinar.

Para além disso, sabendo-se das dificuldades inerentes ao aprendizado de conteúdos aprofundados de Modelagem Computacional e Conforto Ambiental, propôs-se o desenvolvimento da ferramenta Wyvern, para uso experimental no contexto do experimento relatado com essas disciplinas.

A ferramenta Wyvern visa resolver as dificuldades encontradas por estudantes de arquitetura - e também (futuros) arquitetos - em suas análises, principalmente buscando facilitar a visualização, para posterior análise, dos fatores ambientais que impactam as decisões de projeto através de uma interface amigável.

2 Metodologia

O presente artigo se refere a uma sequência de experimentos realizados de forma interdisciplinar, envolvendo os professores, monitores e estudantes de turmas de Conforto Ambiental para Arquitetura e Urbanismo I e Modelagem e Prototipagem, submetidos a um exercício em que deveriam realizar estudos climáticos e análises do projeto que estavam desenvolvendo na disciplina de Projeto de Arquitetura e Urbanismo naquele mesmo período.

Para o desenvolvimento deste trabalho, optou-se por utilizar o software Rhinoceros 3D, especificamente pelo uso de sua extensão Grasshopper, que tem como ponto forte a capacidade de construir modelos associativos simples, sendo mais efetivo para o ensino àqueles com pouco ou nenhum

conhecimento e interesse em programação, devido à uma interface atrativa (Aish, 2013).

Os procedimentos mais usuais para a integração de simulação e análise bioclimática em projetos de arquitetura em estágios iniciais são através da exportação do modelo do projeto para uma ferramenta que executará a análise. A partir dos resultados obtidos, faz-se o ajuste no modelo de projeto no programa que foi utilizado para o desenho e realiza-se uma nova análise, repetindo o processo.

Para executar as análises ambientais, foi utilizado o plugin Ladybug Tools, capaz de apoiar o processo de tomada de decisão durante os estágios iniciais de projeto através da criação de gráficos 2d e 3d interativos para visualização de dados meteorológicos e gerar resultados de análises de radiação e horas de luz solar, além de fornecer modelagem de iluminação natural e energia através do EnergyPlus, Radiance e Daysim, mecanismos de simulação já validados (Roudsari & Pak, 2013).

As etapas a seguir descrevem a sequência de iterações realizadas com as turmas, ao longo de três semestres consecutivos (2022/1, 2022/3 e 2023/1). Nos três períodos, os alunos da disciplina de Conforto Ambiental I foram convidados a desenvolver o exercício proposto na disciplina, podendo escolher as ferramentas que iriam utilizar, uma das opções sendo a partir da ferramenta Wyvern, desenvolvida no contexto deste estudo.

2.1 Primeira iteração

A partir de um viés prático-exploratório, foram elencados os componentes SunPath, Sky Mask, Wind Rose e Direct Sun Hour devido à seu potencial para análises em fases iniciais de projeto, sendo suas funções, respectivamente: gerar a trajetória solar, calcular obstruções na abóbada celeste, gerar rosas dos ventos e simular a quantidade de horas de sol em determinada superfície.

A partir de um arquivo climático padrão do EnergyPlus (.epw) do local em estudo, o Ladybug extrai as informações climáticas e localizacionais e as utiliza como base para análises precisas.

Tomando como exemplo a simulação de quantidade de horas de sol (Figura 1), após tais informações serem processadas, é gerado um diagrama 3D da trajetória solar, fornecendo como output os vetores solares que então podem ser utilizados para simular as horas e direções de insolação por período do ano e horas do dia, além da quantidade de horas de sol em uma geometria em estudo.

Ao adotarem-se tais definições para análises ambientais com os alunos das disciplinas mencionadas, sem ou com pouco conhecimento no uso do Grasshopper, percebeu-se que há dificuldade no uso da ferramenta, o que levou a um menor uso de seu potencial de análise.

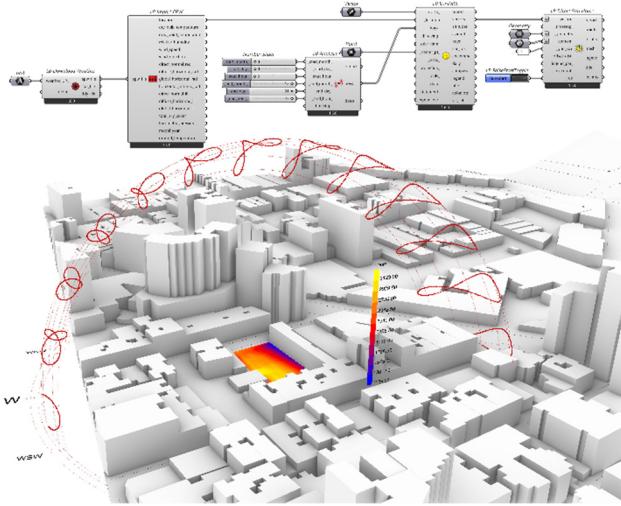


Figura 1. Definição e resultado da simulação de quantidade de horas de Sol e trajetória solar. Fonte: Autores, 2023.

Para simplificar o seu uso, para que fosse possível focar no processo de análise ao invés de no processo de construção do código, foram criados clusters dentro do Grasshopper, que serão explicados mais adiante, que foram então aplicados nas turmas subsequentes.

2.2 Segunda Iteração: Clusters

Um cluster é uma coleção de diferentes componentes no Grasshopper que suportam a estrutura e a transparência da definição (Fink, Koenig, 2019), utilizado principalmente para manter a definição limpa, facilitar o compartilhamento e o reuso do código no futuro, podendo ser adicionado à barra de componentes.

O que nomeamos de Wyvern é, inicialmente, uma série de clusters com o intuito de simplificar as definições necessárias para utilização do Ladybug, possuindo como características principais a tradução dos inputs e outputs para o português e a união da maioria das etapas em componentes únicos.

Possuindo inicialmente sete componentes (Figura 2), sendo os quatro primeiros para as funções mencionadas na seção anterior, o quinto, nomeado Carta Solar, é a união da trajetória solar com o estudo de obstruções, e o sexto e sétimo são, respectivamente, um atalho para o arquivo climático da cidade de Juiz de Fora e um seletor do período a ser analisado.

Sobre o período de análise, foram adicionados cinco períodos pré-definidos correspondentes à cada estação do ano do hemisfério sul – verão, de 21 de dezembro à 22 de março, outono, de 23 de março à 20 de junho, inverno, de 21 de junho à 22 de setembro e primavera, 23 de setembro à 20 de dezembro – e ao ano inteiro. Para todas as iterações posteriores, utilizou-se esse padrão.

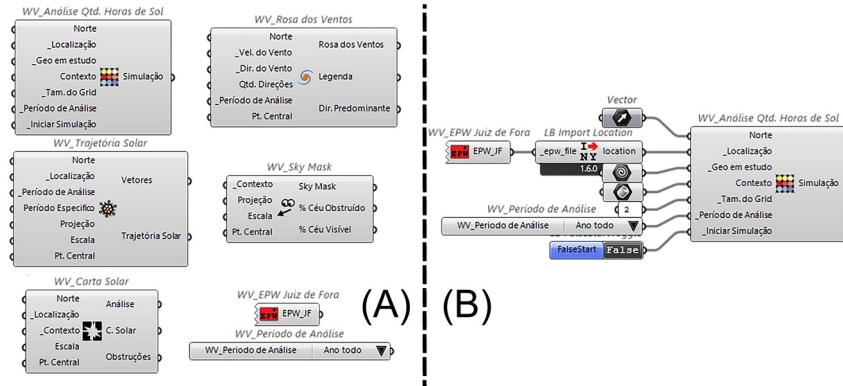


Figura 2. (A) *Clusters* da primeira versão do Wyvern. (B) Definição para simulação de quantidade de horas de sol utilizando *Cluster*. Fonte: Autores, 2023

Ainda como exemplo, na análise da quantidade de horas de Sol é perceptível que o componente Análise Qtd. Horas de Sol (Figura 2) reduz significativamente a complexidade de se executar a análise proposta com a redução para apenas sete parâmetros. Contudo, com os testes de uso do Wyvern realizados com a segunda turma de alunos, observou-se que a dificuldade com o uso do Grasshopper permaneceu sendo um impedimento para a realização efetiva das simulações, especialmente pela ausência de uma interface amigável e intuitiva para iniciantes no uso do software.

2.3 Terceira Iteração: Ferramenta Wyvern

Após as considerações das turmas anteriores, buscou-se opções para criação de uma interface amigável para os usuários (UI), que viesse a substituir o uso da interface nativa do Grasshopper. Para tal, utilizou-se o Human UI (NBBJ, 2016), um plugin para criar interfaces amigáveis à parte do Grasshopper, gerando janelas em que o usuário pode interagir com a definição em tempo real.

De modo a tornar viável a criação da interface, foi necessário aumentar consideravelmente a complexidade do código envolvido (Figura 3). Entretanto, não é necessário que o usuário possua conhecimentos avançados no uso do software, sendo preciso somente que abra o código e ative a interface ao apertar um botão, após isso o Grasshopper poderá ser minimizado e passar a utilizar somente a interface do Wyvern.

A UI é composta por um conjunto de janelas intercambiáveis a partir de um menu principal. Ao iniciar a interface, é aberta uma janela onde é configurado o local de estudo, a partir da inserção de um arquivo climático EPW, o que pode ser feito através de um link para um site na internet ou através da seleção do arquivo no próprio computador.

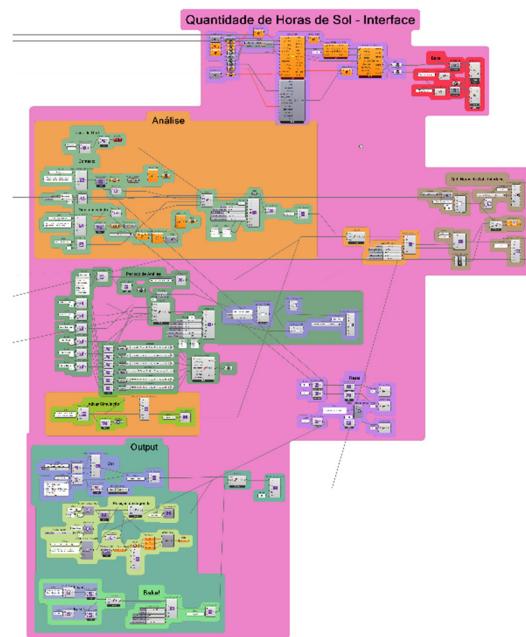


Figura 3. Trecho da definição por trás da Ferramenta Wyvern. Fonte: Autores, 2023.

Com a localização selecionada, a interface informará o nome da localidade cadastrada, assim como sua altitude e suas coordenadas geográficas. Também é nesta primeira janela que deve ser escolhida a posição do norte de projeto. Após as configurações iniciais, o usuário deverá escolher qual análise deseja executar, dentre as opções disponíveis, para ser aberta em uma nova janela.

Tomando a simulação de quantidade de horas de sol como exemplo (Figura 4), a sua janela é dividida em duas abas, sendo a principal chamada de Análise, com os seletores da geometria em estudo e contextual a partir do Rhinoceros, uma lista suspensa para seleção do período escolhido para análise e um botão para ativação.

Já a segunda aba, chamada de Output, configura os aspectos gráficos da análise, antes que ela possa ser transferida para o ambiente do Rhinoceros, onde poderá ser salva.

Outros parâmetros comuns à maioria das análises são a seleção do ponto base, da escala a ser exibida, e da opção de selecionar um período personalizado de análise, além dos já descritos anteriormente.

Além da simulação de quantidade de horas de sol mencionada anteriormente, foram desenvolvidas na Ferramenta Wyvern outras quatro opções de análise, descritas a seguir.

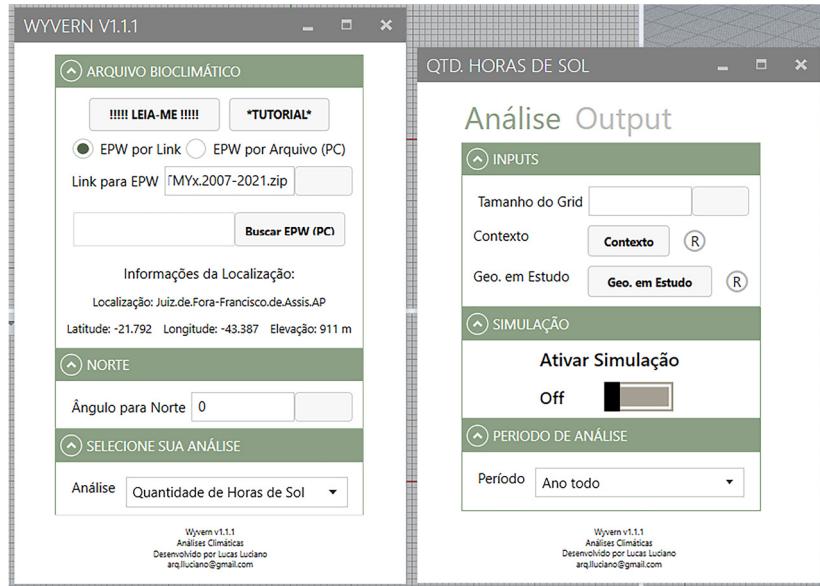


Figura 4. (Esquerda) Janela principal da interface Wyvern. (Direita) Janela para simulação de quantidade de horas de sol. Fonte: Autores

A análise de Carta Solar (Figura 5a) cria uma representação gráfica dos percursos aparentes do sol ao longo do dia e do ano, possibilitando a avaliação da penetração solar e das obstruções do entorno em projeção estereográfica - própria das cartas solares, possibilitando a determinação da melhor orientação da implantação da edificação.

Já a Matriz Celeste (Figura 5b), adiciona a funcionalidade da Matriz de Proveito de Radiação, útil para avaliar estudos de massas de edificação e projetos de fachada em termos de ganho de calor passivo versus aumento de gastos com resfriamento (Ladybug Tools, 2023). Nesta janela também é possível fazer estudos iniciais de tamanhos de anteparos com base na angulação relativa.

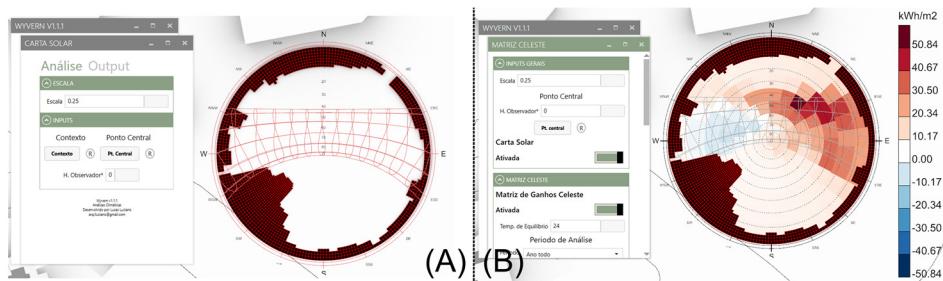


Figura 5. Janelas e suas respectivas análises. (A) Carta solar com estudo de obstruções; (B) Matriz de Ganhos Celeste, com estudo de obstruções e carta solar. Fonte: Autores, 2023.

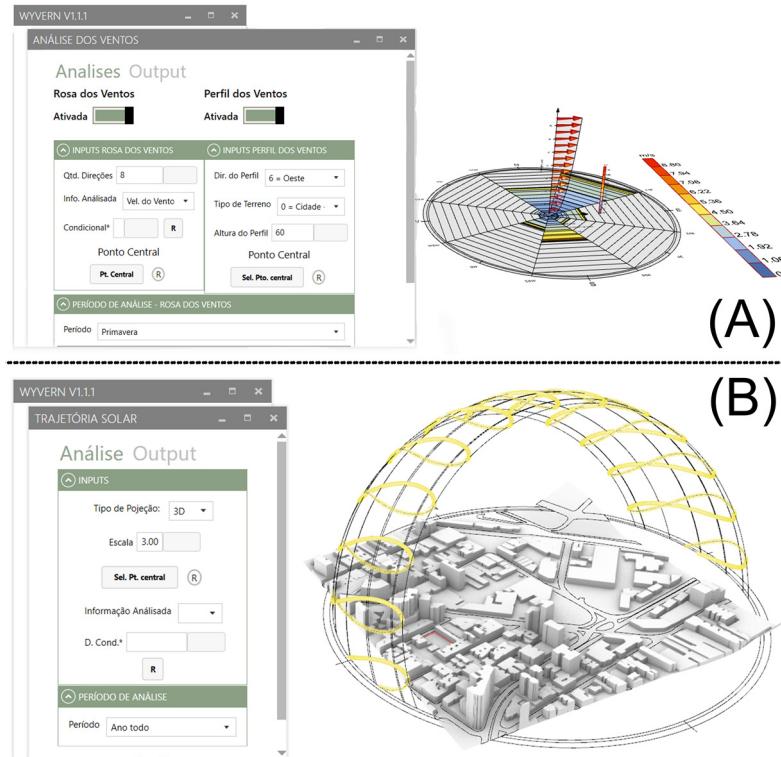


Figura 6. Janelas e suas respectivas análises. (A) Rosa dos ventos e Perfil de Ventos; (B) Trajetória Solar. Fonte: Autores, 2023

Em estágios iniciais de projeto, é imprescindível o estudo da ventilação, podendo ser feito através da janela da Análise dos Ventos (Figura 6a), com a rosa dos ventos exibindo as direções do vento predominantes com suas respectivas velocidades ou temperaturas, além de um perfil dos ventos, exibindo a variação de velocidade de acordo com a altitude.

Por fim, a Trajetória Solar (Figura 6b) permite a análise da posição do sol no domo celeste, possuindo a capacidade de exibir informações climáticas, como temperatura e radiação incidente, junto à localização do sol em dado momento.

3 Resultados

Os resultados positivos do desenvolvimento da ferramenta Wyvern puderam ser percebidos a partir do momento em que os alunos da disciplina de Conforto Ambiental I utilizaram a ferramenta para a execução e

apresentação de análises climáticas do terreno em estudo, como opção de instrumento de apoio à avaliação.

Como já mencionado, os estudantes puderam optar pelo instrumento de auxílio para a análise ambiental que julgassem mais adequado, tendo como uma das opções o uso da Ferramenta Wyvern. Após a conclusão dos trabalhos com a terceira turma, foi solicitado que os estudantes respondessem voluntariamente a um breve questionário, com o intuito de avaliar se a ferramenta facilitou a análise e se gostariam de utilizá-la novamente em futuros estudos.

Em uma turma de 44 alunos de Conforto Ambiental I, foram obtidas 10 respostas ao questionário. Analisando os resultados, percebeu-se que 80% dos respondentes utilizaram a ferramenta Wyvern, enquanto 10% optaram por utilizar a combinação do AutoCad e carta solar e 10% utilizaram o software SketchUp. Dentre os que utilizaram a ferramenta, 87,5% afirmaram que utilizariam novamente o Wyvern em estudos futuros. Por outro lado, todos que utilizaram a combinação AutoCad e carta solar responderam que pretendem utilizar a ferramenta Wyvern no futuro.

Embora seja possível aprimorar a ferramenta, após o final do experimento nas disciplinas envolvidas e com o resultado do questionário, percebe-se que a interface amigável do Wyvern atendeu seu propósito de facilitar o uso de simulações computacionais para análises bioclimáticas nos estágios iniciais de projeto.

4 Discussão

Sabe-se das dificuldades enfrentadas pelos estudantes e mesmo por arquitetos com determinados conhecimentos especializados. É o caso do que acontece com os estudos de geometria solar no conforto ambiental e a linguagem de programação, no caso da modelagem e prototipagem.

Por outro lado, o mercado oferece uma ampla gama de ferramentas digitais que facilitam a geração de gráficos e imagens tridimensionais renderizadas que ilustram com perfeição a trajetória do sol, demonstram sombras no entorno, indicam horas de ganhos solares e térmicos, etc.

Ainda que a utilização da ferramenta Wyvern em colaboração com as disciplinas de Projeto e Conforto tenha se demonstrado eficaz como facilitador, além de otimizar a relação tempo e praticidade, caberá ao usuário interpretar corretamente as análises obtidas.

No acompanhamento deste experimento observou-se alguns elementos que merecem destaque. Muito embora se tenha à disposição uma grande gama de instrumentos de auxílio que facilitam a geração de gráficos e imagens, permanece a dificuldade de compreensão e análise do que está sendo representado.

Por exemplo, a leitura de uma carta solar com obstruções, em qualquer que tenha sido a sua geração ou uso (Analysis Bio/Autocad ou Rhinoceros com Grasshopper, por exemplo), para muitos segue apresentado o desafio de sua compreensão e da diferenciação em relação aos estudos de sombras realizados com SketchUp. Foi observado um grupo que depois de ter feito os estudos de obstrução com carta solar, somente conseguiu compreender as fachadas sujeitas à insolação a partir do estudo de insolação do SketchUp, por ser mais simples e de visualização imediata, muito embora muito limitado em termos do que se pode extrair de informação e análises, muito aquém do que o oferecido pelos plugins do Grasshopper.

Como ponto positivo a destacar é a aproximação que as ferramentas digitais, como o Wyvern, promovem ao dialogar com conteúdos, ferramentas e conhecimentos que são próprios da disciplina de conforto ambiental. Perceber que são conteúdos tratados por ferramentas de vanguarda, que criam o interesse e captam a atenção dos estudantes. Também a possibilidade de transitar entre ferramentas distintas e de poder optar por aquelas com as quais há maior afinidade ou facilidade também tem se demonstrado importante elemento facilitador do aprendizado.

As novas tecnologias de informação, parametrização, modelagem, simulação e disponibilidade de dados estão e precisam ser cada vez mais aplicadas ao processo de ensino-aprendizagem e formação de futuros profissionais atrelados à tarefa de projeto, com a construção de interfaces ou o uso de instrumentos capazes de facilitar a visualização e compreensão dos fenômenos envolvidos, lacuna que a ferramenta Wyvern buscou preencher.

Para além disso, é importante reconhecer que as complexidades envolvidas nos projetos demandarão cada vez mais do arquiteto a habilidade de reunir diferentes atores em torno de diálogos colaborativos, prática que pode também ser vivenciada com esta experiência.

Referências

- Aish, R. (2013). First Build Your Tools. In: Smartgeometry: Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design, p. 36–49.
- Aksamija, A. (2013). Building Simulations and High-Performance Buildings Research: Use of Building Information Modeling (BIM) for Integrated Design and Analysis, Perkins and Will Research Journal, 5,(1), p. 19-38.
- Fink, T. & Koenig, R. (2019). Integrated Parametric Urban Design in Grasshopper / Rhinoceros 3D: Demonstrated on a Master Plan in Vienna. DOI 10.5151/ proceedings-ecaadesigradi2019_398.
- Hensen, J.L.M. (2004). Towards More Effective Use of Building Performance Simulation in Design, In: Van Leeuwen, J.P. and H.J.P. Timmermans (eds.) Developments in Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning, Eindhoven: Eindhoven University of Technology, ISBN 90-6814-155-4, 291-306.

- Ladybug Tools (2023). Benefit Sky Matrix. Ladybug Primer. URL: docs.ladybug.tools/ladybug-primer/components/2_visualizedata/benefit_sky_matrix
- NBBJ (2016). Human UI. Food4Rhino URL: <https://www.food4rhino.com/app/human-ui>.
- Oxman, R. (2009). Performance-based Design: Current Practices and Research Issues, International Journal of Architectural Computing, 6(1), 1-17.
- Roudsari, M. S. & Pak, M. (2013, August). Ladybug: A parametric environmental plugin for grasshopper to help designers create an environmentally-conscious design. Proceedings of BS 2013: 13th Conference of the International Building Performance Simulation Association. 3128-3135.
- Zambrano, L. M. A. (2008). Integração dos Princípios da Sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: proarq.fau.ufrj.br/teses-e-dissertacoes/1032/integracao-dos-principios-da-sustentabilidade-ao-projeto-de-arquitetura. Acessado em: 07/08/2023.