

DESIGN ALGORÍTMICO INTEGRADO

{Renata Castelo Branco, António Leitão} ⁽¹⁾

(1) INESC-ID, Instituto Superior Técnico, Lisboa

Resumo

Atualmente, o processo de desenvolvimento de um projeto de arquitetura conta com um leque de ferramentas usadas por cada uma das partes envolvidas para desenvolver a sua especialidade. A combinação de todas elas num mesmo projeto obriga à partilha e conversão de dados entre os vários sistemas de informação, processo que nem sempre é bem-sucedido. Design Algorítmico Integrado (DAI) é uma abordagem ao projeto de arquitetura, aqui proposta como forma de ultrapassar as limitações impostas pelas ferramentas de modelação e análise, entre outras, abrangendo os aspetos e fases mais relevantes do seu desenvolvimento. DAI defende a produção de uma única descrição algorítmica do projeto - um programa - que muda e evolui ao longo das diversas fases do processo e contém toda a informação relativa ao mesmo.

1. Introdução

O processo de criação de um projeto de arquitetura tem sofrido grandes alterações no decurso da história. No entanto, nas últimas décadas, a mudança tem-se feito sentir com maior intensidade. Nunca antes houve tantas ou tão diversas ferramentas, técnicas e métodos disponíveis para realizar um projeto. O design pós-digital tornou-se uma tarefa de curiosa experimentação, especulação e manipulação [1]. Significa isto que o produto resultante é, mais do que nunca, influenciado pela forma como se projeta que, por sua vez, é influenciada pelos métodos e ferramentas utilizados no processo.

Entre os mais importantes desenvolvimentos ao nível das ferramentas, realçam-se aqui as de *Computer-Aided Design* (CAD), de *Building Information Modelling* (BIM) e de análise de performance. Cada uma confere vantagens diferentes ao processo de design e, combinando as valências de cada uma, o arquiteto consegue juntar no seu projeto as operações mais importantes que o estado da arte tem para oferecer.

Para além das ferramentas, novos métodos de abordar o projeto de arquitetura têm também vindo ter impacto [2]. Design algorítmico é uma abordagem computacional ao projeto que permite ao arquiteto criar formas através de algoritmos [3], descrevendo-as através de uma série de regras e restrições. A abordagem não só facilita a modelação de geometrias complexas que seriam difíceis de modelar utilizando abordagens manuais, como oferece também um grau de liberdade ao projeto que seria difícil obter de outra forma.

1.1 Interoperabilidade

Para além dos avanços impostos pela tecnologia, a complexidade dos projetos contemporâneos apresenta novos desafios de cariz construtivo e também ambiental, que motivam uma interação constante entre especialistas [4]. A prática da arquitetura é, hoje mais do que nunca, um processo iterativo que exige uma rede funcional de profissionais e recursos em colaboração constante [5] e a divulgação do paradigma BIM é espelho desta realidade, marcada pela necessidade de uma estreita colaboração entre as partes durante o desenvolvimento dos projetos [6]. Quanto mais intrincada for a cooperação, menos dificuldades se farão sentir na transmissão de informação entre arquitetos, engenheiros, clientes, fabricantes, etc.

A comunicação não é, no entanto, trivial, em particular quando os participantes trabalham com diferentes sistemas de informação. Neste caso, o processo de partilha é muitas vezes realizado através de importações e exportações de ficheiros que, infelizmente, faz com que parte da informação se perca nos processos de transferência e conversão e/ou tenha de ser refeita por alguma das partes envolvidas. Este problema pode, no entanto, ser minimizado através de abordagens que promovam a portabilidade da informação.

As Industry Foundation Classes (IFC), desenvolvidas com o objetivo de criar representações consistentes da informação de construção que permitisse a sua partilha por diferentes ferramentas, apresentam-se como um possível mecanismo de interoperabilidade [6]. Uma opção diferente é oferecida pelos CORE studio: TTX é uma plataforma de interoperabilidade privada, por eles desenvolvida e utilizada [7], assente numa base de dados capaz de armazenar as alterações feitas aos modelos BIM numa ferramenta específica e de automaticamente as traduzir para outra. Atualmente a plataforma suporta Revit, Grasshopper, Tekla, SAP2000 e ETABS. Flux.io [8] apresenta um sistema semelhante baseado numa plataforma de colaboração e intercâmbio de dados capaz de ligar várias ferramentas, tais como, SketchUp, Revit, Dynamo, Grasshopper, AutoCAD e também Excel.

1.2 Design algorítmico portátil

As soluções apresentadas na secção anterior constituem mecanismos auxiliares de tradução, que facilitam a cooperação entre as diferentes partes envolvidas no processo. Por outro lado, o design algorítmico tem potencial para se tornar num mecanismo de portabilidade por si só: as descrições algorítmicas são abstrações matemáticas do projeto e, como tal, possuem qualidades de portabilidade que transcendem as particularidades de qualquer ferramenta. Isto tem levado ao aparecimento de ferramentas de design algorítmico portáteis, ou seja, que são capazes de se conectar com diferentes ferramentas.

O Grasshopper [9] é uma delas. Intimamente ligado a uma ferramenta de modelação CAD, o Rhinoceros, este ambiente de programação visual possui diversos plug-ins que conectam o programa desenvolvido a diferentes ferramentas de BIM e de análise. Outro exemplo é o ANAR+, um ambiente de programação textual vocacionado para geometria paramétrica [10]. Os objetos disponíveis no ANAR+ são independentes de qualquer interface gráfica que possa ser usada para os reproduzir, nomeadamente as ferramentas de CAD com as quais ele comunica. Ainda no paradigma da linguagem textual, temos o Rosetta, capaz de gerar a modelos em várias ferramentas de CAD e de BIM [11]. Mais recentemente, foi também estendido para incluir ferramentas de análise, nomeadamente o Radiance para análise lumínica e o Robot para análise estrutural [12].

Estes ambientes de design algorítmico portáteis permitem uma transição mais suave entre as diversas ferramentas e paradigmas. Ainda que nalguns casos parte das descrições algorítmicas possam não ser portáteis, as vantagens de comunicar com diversas ferramentas modelando todo o projeto num único ambiente de programação são inegáveis.

2. Design Algorítmico Integrado

Garber afirma que o arquiteto se encontra atualmente numa posição de ‘diretor criativo’ [13], que não só projeta tirando proveito das suas ferramentas, como tem também de operar com as ferramentas usadas pelos restantes participantes no processo para desenvolver as diversas especialidades. Para que o arquiteto possa tirar proveito do extenso leque de técnicas e ferramentas de modelação ao seu dispor, reunindo o melhor de cada uma no seu próprio processo de projeto, precisa de uma descrição centralizada do mesmo. Para isso, o design algorítmico oferece-lhe a possibilidade de incorporar os diferentes paradigmas e fluxos de trabalho num único ambiente de trabalho, sem necessidade de importações ou exportações de ficheiros.

Neste artigo, propomos uma abordagem algorítmica integrada ao projeto que pretende abranger os aspetos mais relevantes de um projeto de arquitetura. A proposta baseia-se na produção de uma única descrição algorítmica do projeto - um programa, que muda e evolui ao longo das fases do processo e que contém toda a informação necessária, desde a conceção à produção, apresentação ou construção. A esta metodologia damos o nome de Design Algorítmico Integrado (DAI). Para cobrir todas as etapas, integrámos as três principais categorias de ferramentas necessárias para o processo de modelação algorítmica do projeto: (1) CAD e (2) BIM, como paradigmas e ambientes de visualização e (3) ferramentas de análise, como fontes fundamentais de dados para informar o processo de design.

Com a metodologia DAI os arquitetos podem modelar e explorar as suas ideias de projeto, usando uma ferramenta de programação que suporta design algorítmico portátil, beneficiando das vantagens de ambos os paradigmas, CAD e BIM, integrando-os no processo de acordo com seu próprio fluxo de trabalho. Além disso, podem ainda incorporar a análise do projeto em qualquer fase do processo. Esta abordagem dá liberdade ao arquiteto para explorar as diferentes ferramentas, integradas num processo algorítmico controlado por si. A

DAI deixa ainda em aberto a possibilidade de integrar mais ferramentas ou paradigmas que os arquitetos possam achar relevantes para o processo de design.

2.1 Aplicação prática

Para a avaliação da metodologia restringimos a nossa investigação às ferramentas da prática atual que foram acima mencionadas. Um esquema da aplicação prática da metodologia pode ser visto na figura 1.

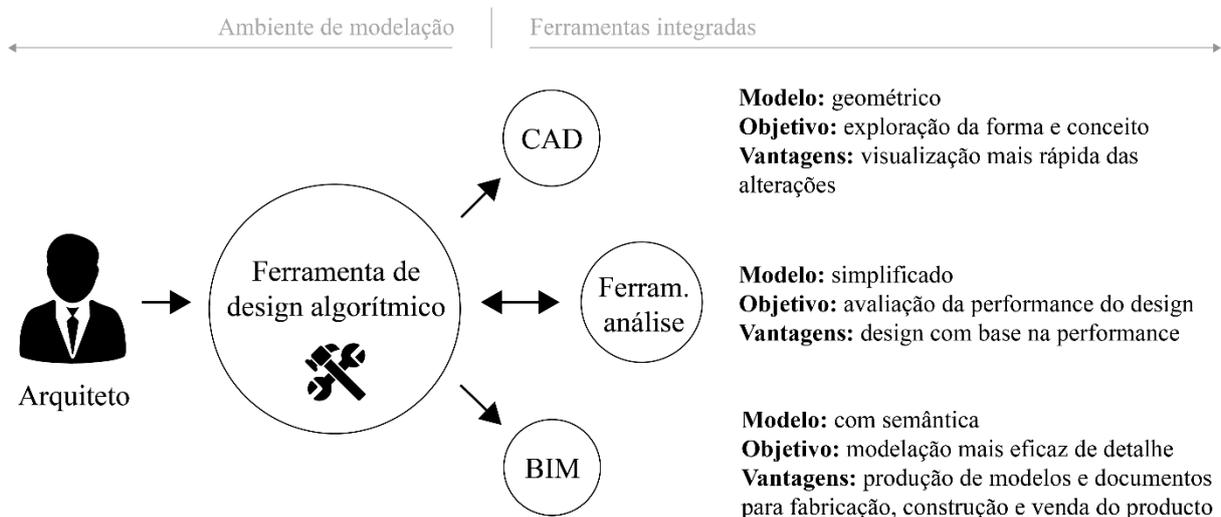


Figura 1: Exemplo de aplicação da metodologia de Design Algorítmico Integrado.

Utilizando uma ferramenta de design algorítmico portátil como ambiente de modelação, o arquiteto desenvolve um programa paramétrico do seu projeto, utilizando as operações de modelação portáteis disponíveis na ferramenta. A ferramenta deverá conter toda a informação necessária sobre os elementos modelados, independentemente das ferramentas onde o modelo do projeto possa vir a ser gerado.

Para fases iniciais de exploração da forma e do conceito do projeto, a visualização do modelo em ferramentas CAD apresenta mais vantagens. Uma vez que estas lidam apenas com geometria, ignorando parte da informação contida no programa, são capazes de gerar modelos mais rapidamente. A velocidade inerente às ferramentas CAD motiva uma modelação mais exploratória, uma vez que o arquiteto consegue visualizar os resultados das alterações que faz no programa num curto espaço de tempo.

A integração da análise do projeto pode ser feita em qualquer fase, dependendo dos objetivos da mesma, e consiste na incorporação da avaliação do desempenho do design na sua modelação. Para isso, a ferramenta de design algorítmico conecta-se à ferramenta de análise, fornecendo-lhe os dados necessários para a avaliação do modelo. Após feita a avaliação, a ferramenta de análise devolve os resultados à ferramenta de design algorítmico, onde o arquiteto os utiliza para influenciar a modelação do design.

Numa fase mais avançada do projeto, onde a forma e o conceito se encontram já relativamente bem definidos, o arquiteto pode transitar para a modelação do projeto em ferramentas BIM. Estas não só conseguem interpretar toda a informação contida no programa desenvolvido pelo arquiteto, como oferecem também mais vantagens ao nível da modelação de detalhe. Para além disso, as ferramentas BIM contêm bibliotecas de objetos pré-modelados que poupam bastante trabalho de modelação ao arquiteto. Para isso, a ferramenta de design algorítmico tem de permitir o acesso a estes objetos, por forma a dar ao arquiteto controle sobre os mesmos no programa que contém a descrição algorítmica do seu projeto.

3. Avaliação

Para avaliar a nossa abordagem e exemplificar as fases propostas, foi selecionado um caso de estudo: a Biblioteca Nacional de Astana, dos BIG. O projeto apresenta uma forma bastante complexa, a de uma fita de Moebius tridimensional, que o enquadra na categoria de edifícios que beneficiam de uma abordagem algorítmica. Seguindo a metodologia DAI, para modelar o caso escolhido foi eleita uma ferramenta de design algorítmico portátil, o Rosetta. Esta ferramenta permite aos arquitetos formular descrições algorítmicas e paramétricas dos seus projetos, conseguindo estes, assim, uma ampla gama de possíveis variações da forma, dependendo da manipulação dos parâmetros.

A portabilidade do Rosetta garante que o mesmo programa é interpretado de forma diferente consoante a ferramenta em que pretendemos gerar o modelo do edifício. Como exemplo, a figura 2 apresenta o modelo da Biblioteca de Astana gerado em quatro ferramentas diferentes, de CAD e BIM, através do mesmo programa descrito em Rosetta.

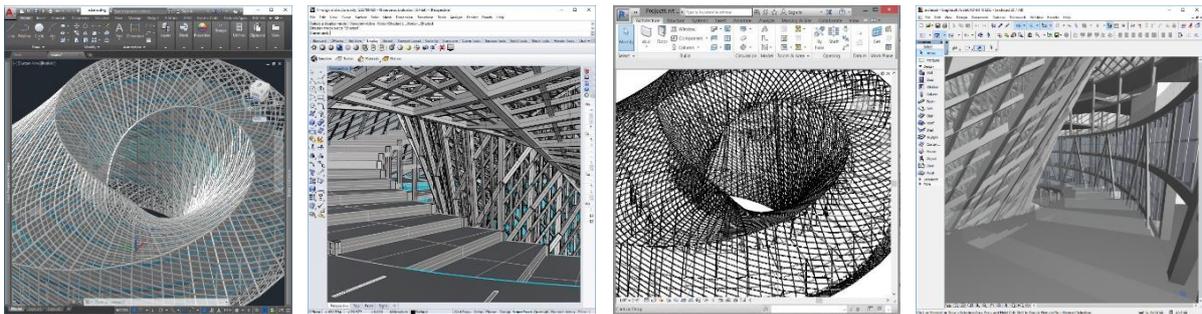


Figura 2: Modelo da Biblioteca Nacional de Astana gerado em AutoCAD, Rhinoceros, Revit e ArchiCAD.

3.1 CAD

Na fase inicial de modelação do projeto, o modelo foi repetidamente gerado em ferramentas de CAD. Visto que não lidam com a semântica inerente aos objetos BIM, estas são mais eficientes, permitindo ao arquiteto testar, em menos tempo, um leque mais vasto de soluções para o seu projeto. Como exemplo, a figura 3 ilustra algumas variações à forma do edifício, através da manipulação dos parâmetros por nós definidos no programa.

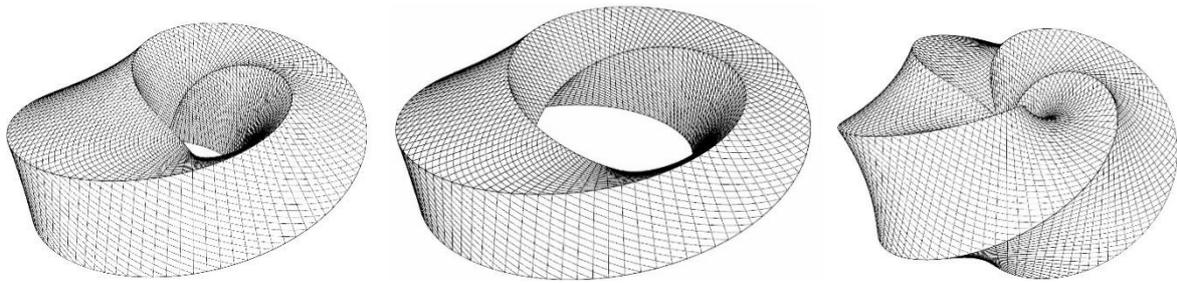


Figura 3: Diferentes variações do modelo, resultantes de alterações aos parâmetros da fita de Moebius tridimensional que compõe a forma do edifício.

3.2 Análise

Para o modelo da Astana fizemos também a incorporação da análise do edifício na sua modelação, seguindo a ideia original dos arquitetos. A camada exterior da fachada da biblioteca está coberta de painéis fotovoltaicos com formas triangulares, cujos tamanhos e arranjo modelam o sombreamento do espaço interior, absorvendo ainda energia solar. Devido à torção da fachada, a mancha térmica resultante tem uma ampla gama de intensidades ao longo da fita de Moebius. Os arquitetos decidiram basear o design da matriz de triângulos no mapa de radiação da fachada.

Para esta análise foi utilizado a ligação do Rosetta ao Radiance, uma ferramenta de análise de iluminação e radiação. Tal como o Rosetta é capaz de, a partir de um mesmo programa, produzir modelos com diferentes níveis de informação em ferramentas de CAD ou de BIM, também é capaz de produzir, para ferramentas de análise, modelos contendo apenas os elementos essenciais para a análise em questão. No caso do Radiance, apenas são produzidas as superfícies expostas à radiação, bem como os sensores para medição da radiação. Os valores que resultam da avaliação são recolhidos pelo Rosetta e utilizados na descrição algorítmica da biblioteca para calcular os tamanhos dos painéis a distribuir pela fachada (ver figura 4).

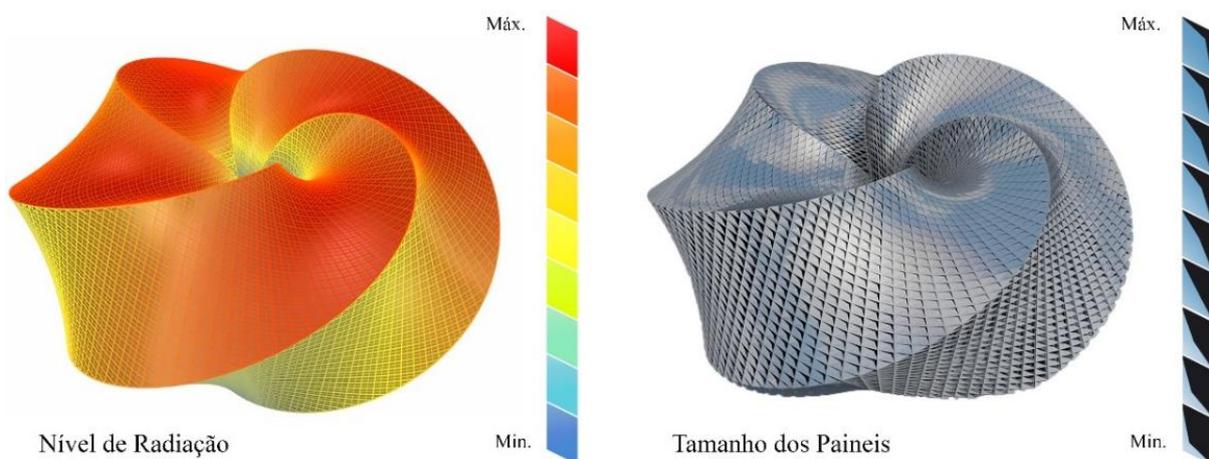


Figura 4: Modelo de análise, com os resultados gerados no Rhinoceros (à esquerda), modelo final em ArchiCAD, com os painéis corretamente colocados (à direita).

Contrariamente à abordagem DAI, nas abordagens manuais o utilizador tem de realizar uma série de tarefas para configurar cada análise, que requerem tempo e esforço não negligenciáveis. Por este motivo, o arquiteto coíbe-se frequentemente de realizar repetidas análises a variações do modelo. Na abordagem DAI, contudo, a ferramenta de design algorítmico automatiza muitas destas tarefas, motivando o arquiteto a projetar mais ambiciosamente, uma vez que pode facilmente conduzir procuras exploratórias por melhores soluções ao nível da performance.

3.4 BIM

À medida que o projeto evoluiu para mais altos níveis de detalhe o modelo passou a ser gerado em ferramentas BIM. Para além disso, a sua modelação passou também a tirar proveito dos objetos disponíveis nas famílias ou bibliotecas das ferramentas BIM integradas no processo. Com esta mudança, mais informação é automaticamente incutida ao modelo gerado. Qualidades dos elementos modelados, como por exemplo o tipo de elemento construtivo de que se trata ou a sua materialidade, são especificadas pelo arquiteto na descrição algorítmica do projeto e são passadas para as ferramentas BIM ao gerar o modelo.

3.4.1 Detalhe construtivo

Assim que começamos a modelar maiores graus de detalhe no modelo, as vantagens de trabalhar no paradigma BIM tornam-se ainda mais evidentes. Criar elementos como, por exemplo, paredes de vidro, escadas, corrimões, portas, etc., é consideravelmente mais rápido e mais fácil dentro do paradigma BIM, visto que esses elementos estão já incorporados nas ferramentas com todo o detalhe necessário (figura 5). Gerar os mesmos elementos em ferramentas CAD requereria a modelação completa de todos eles, ou a utilização de blocos disponíveis online que, na sua grande maioria, são constituídos apenas por uma ou mais vistas desgarradas do objeto.

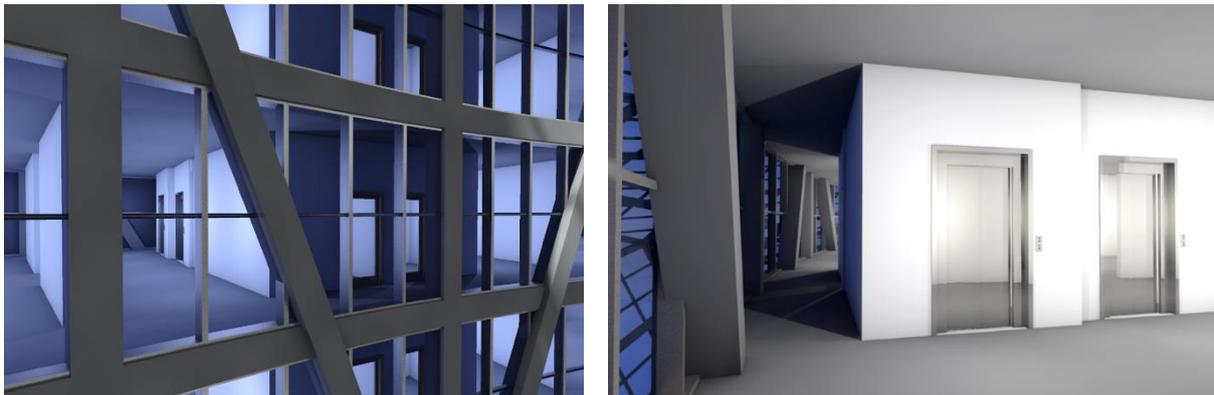


Figura 5: Detalhe das portas e elevadores do volume central, do modelo BIM da biblioteca, gerado em ArchiCAD.

O Rosetta permite ao utilizador aceder aos objetos disponíveis nas ferramentas BIM, o que significa, no entanto, que alguns deles só estão disponíveis na ferramenta de onde provêm. Visto que a maioria dos objetos presentes nas bibliotecas são paramétricos, o Rosetta permite também ao utilizador controlar e modificar os parâmetros dos objetos em questão no seu programa para que melhor se adequem ao projeto.

3.4.2 Documentação

Dentro do paradigma BIM encontramos ainda muitas outras vantagens para além da utilização de objetos pré-modelados. A produção automática da documentação do projeto é uma delas. Em CAD, plantas e cortes são normalmente feitos separadamente do modelo 3D, o que facilita a introdução de inconsistências nos diversos desenhos. Naturalmente, é também possível extrair desenhos 2D do modelo 3D, mas a operação de corte é pontual, o que significa que os desenhos não são alterados automaticamente no caso de o modelo 3D o ser, ao contrário do que acontece em BIM.

Além disto, e uma vez que os programas de CAD não fazem uma interpretação informada da geometria, os desenhos resultantes necessitam, por norma, de algum trabalho acrescido por parte do arquiteto. Como é possível verificar na figura 6, o modelo CAD é incapaz de discernir, por exemplo, as transparências dos vidros da fachada, uma vez que não tem em conta a materialidade dos elementos, ao passo que o modelo BIM sim. Para além dos desenhos técnicos, as ferramentas BIM são também capazes de extrair de modelo outro tipo de documentos úteis como mapas de quantidades, custos, etc.

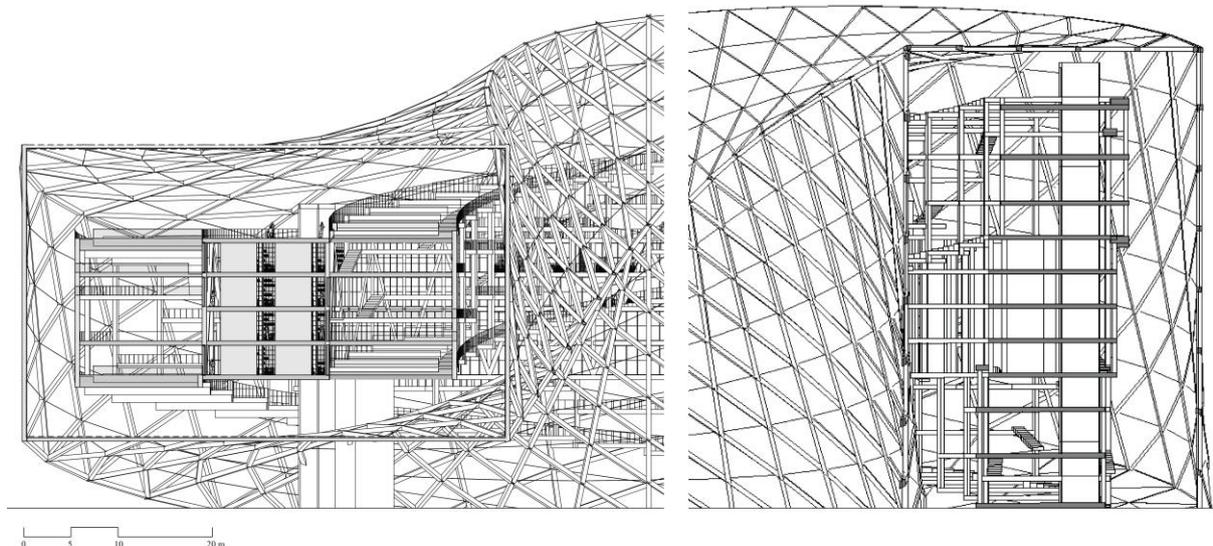


Figura 6: Corte produzido automaticamente pelo ArchiCAD (à esquerda) e corte extraído diretamente do modelo 3D em AutoCAD (à direita).

3.4.3 Produção de visualizações

Plantas, cortes e alçados são necessários enquanto elementos técnicos para construção. Para outros efeitos, como seja a venda do produto ou da ideia ao cliente, imagens geradas digitalmente (*renders*) serão representações mais adequadas. A produção de *renders* dos projetos, não é, no entanto, uma tarefa rápida. Naturalmente, quanto mais detalhe o arquiteto desejar no modelo, mais tempo terá de investir para o conseguir, tanto na modelação do mesmo como na espera pelo render em si. Para este tipo de trabalho, os objetos pré-modelados das ferramentas BIM, são, uma vez mais, de vital utilidade. Com relativamente pouco investimento de modelação o arquiteto consegue alcançar bons níveis de detalhe para gerar imagens do seu modelo.

A utilização de uma abordagem algorítmica oferece ainda outras possibilidades, nomeadamente a de programar uma distribuição paramétrica de elementos pelo modelo, que se adapte às alterações paramétricas do mesmo. No caso da biblioteca de Astana, utilizámos alguns objetos oferecidos pela ferramenta ArchiCAD e programámos uma distribuição dos mesmos de acordo com a lógica do edifício. Dado a distribuição ser também paramétrica, alterações ao modelo irão refletir-se também no mobiliário (figura 7).

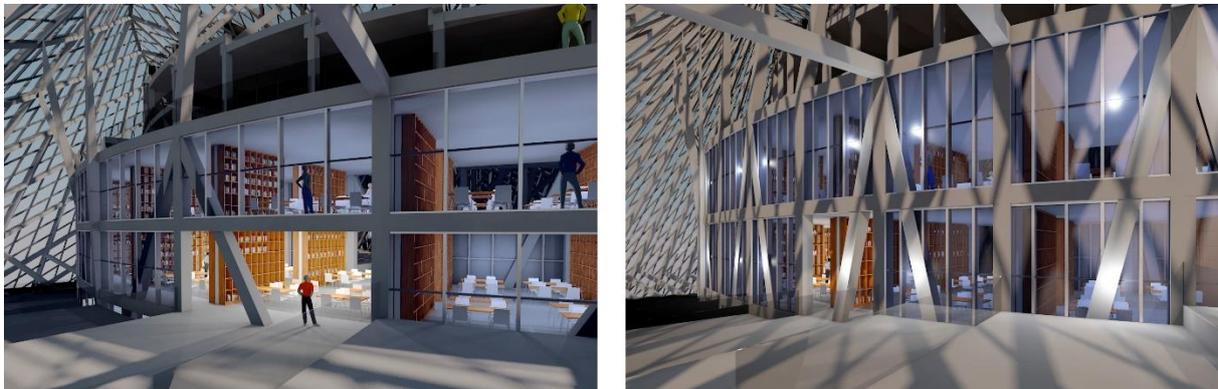


Figura 7: *Renders*, na mesma perspetiva, de dois modelos gerados com parâmetros distintos.

4. Conclusão

Neste artigo propusemos uma solução que integra alguns dos paradigmas e ferramentas atualmente mais usados em projetos de arquitetura. A solução apresentada não recorre aos falíveis métodos tradicionais de conversão de formatos entre ferramentas, atenuando os problemas de portabilidade que muitos profissionais enfrentam hoje em dia. A metodologia proposta baseia-se numa abordagem algorítmica capaz de transcender as limitações das ferramentas com as quais o arquiteto trabalha. A capacidade de produzir uma descrição algorítmica do projeto independente de qualquer ferramenta onde ele possa vir a ser gerado permite ao arquiteto integrar no seu processo de trabalho as vantagens de diversas ferramentas como melhor lhe aprouver, sem ter de se adaptar às especificidades de cada uma.

Neste artigo, na avaliação da metodologia focámo-nos apenas na análise de radiação solar. No entanto, outros tipos de análise poderiam fazer sentido, como por exemplo análise estrutural, energética, aerodinâmica, acústica, de custos, etc. O passo seguinte será incluí-las numa aplicação prática ainda mais completa da metodologia DAI. Para além da incorporação de mais ferramentas de análise, tencionamos juntar também motores de render especializados, para a geração de modelos mais detalhados e produção de imagens com fotorrealismo em fases finais do processo.

Agradecimentos

Este trabalho teve o apoio de fundos nacionais da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) com referência UID/CEC/50021/2013.

Referências

- [1] B. Sheil, "Protoarchitecture: Between the Analogue and the Digital," *Architectural Design*, no. Protoarchitecture - Analogue and Digital Hybrids, pp. 6-11, 2008.
- [2] B. Peters, "Computation Works: The Building of Algorithmic Thought," *Architectural Magazine*, vol. Computation Works: The Building of Algorithmic Thought, no. 222, pp. 8-16, 2013.
- [3] K. Terzidis, *Algorithmic Architecture*, Abingdon and New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2006.
- [4] B. Kolarevic, *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*, Spon Press – Taylor & Francis Group, 2003.
- [5] A. Rahim, "Designing and Manufacturing Performative Architecture," in *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*, B. Kolarevic, Ed., Spon Press – Taylor & Francis Group, 2003, pp. 199-216.
- [6] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks and K. Liston, *BIM Handbook: A Guide to building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- [7] T. Tomasetti, "CORE studio | Thornton Tomasetti," 2017. [Online]. Available: <http://core.thorntontomasetti.com/tag/ttx/>. [Accessed 15 February 2018].
- [8] FLUX®, "Flux.io," 2017. [Online]. Available: <https://flux.io/>. [Accessed 23 April 2017].
- [9] S. Davidson, "Grasshopper: Algorithmic Modeling for Rhino," 2018. [Online]. Available: <http://www.grasshopper3d.com/>. [Accessed 15 February 2018].
- [10] G. LaBelle, J. Nembrini and J. Huang, "Programming framework for architectural design ANAR+: Object oriented geometry.," in *Joining Languages, Cultures and Visions: Proceedings of the 13th International CAAD Futures Conference*, Montréal, Canada, 2009.
- [11] S. Feist, G. Barreto, B. Ferreira and A. Leitão, "Portable Generative Design for Building Information Modelling," in *Living Systems and Micro-Utopias: Towards Continuous Designing, Proceedings of the 21st International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia CAADRIA 2016*, Hong Kong, 2016.
- [12] R. Aguiar, C. Cardoso and A. Leitão, "Algorithmic Design and Analysis Fusing Disciplines," in *DISCIPLINES & DISRUPTION: Proceedings of the 37th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)*, Cambridge, 2017.
- [13] R. Garber, *BIM Design: Realising the Creative Potential of Building Information Modelling*, Chichester, United Kingdom: Wiley, 2014.