

Arquitetura Fotorrealista:

A imagem de arquitetura como projeto

Mateus Santana Pimenta

M
2023



Arquitetura Fotorrealista

A imagem de arquitetura como projeto

Mateus Santana Pimenta

Orientação:

Prof. Doutor Pedro de Azambuja Varela

Co-Orientação:

Prof. Doutor José Pedro Ovelheiro Marques de Sousa

Dissertação de Mestrado Integrado

Faculdade de Arquitetura

Universidade do Porto

2023

Agradecimentos:

À minha avó, Mainha.

Notas:

A presente dissertação foi escrita ao abrigo do novo acordo ortográfico vigente.

Abstract

This dissertation investigates the photorealistic image of architecture as a highly realistic and photography-like representation of architecture using computer graphics. The computer-generated photorealistic visualization plays a unique role in project communication, serving as a tool for the design process, mean of representation and presentation. The interdisciplinary nature of architecture, design, painting, photography, and computer graphics is essential in addressing the complex challenges associated with creating these images. The study, encompassing both practical and theoretical approaches, explores the processes of lighting, materials, camera, and three-dimensional modeling as fundamental elements in understanding the virtual environment in which architectural simulations are photographed virtually. Examining the complexity and nuances of the photorealistic image, one could argue that there are affinities with the act of designing architecture, as a type of architecture of images. The study also examines the thoughts and issues arising from photorealistic images within the context and practice of architecture.

Keywords: photorealistic architectural visualization, photography, computer graphics, computer-generated image.

Resumo

Esta dissertação investiga a imagem fotorrealista de arquitetura como um meio de representação altamente realista e semelhante à fotografia de arquitetura, utilizando computação gráfica. A visualização fotorrealista, gerada por computador, desempenha um papel único na comunicação do projeto, sendo utilizada como ferramenta de processo, meio de representação e apresentação. A interdisciplinaridade entre arquitetura, desenho, pintura, fotografia e computação gráfica é relevante para enfrentar os desafios complexos associados à criação destas imagens. O estudo, entre uma abordagem prática e teórica, aborda os processos de iluminação, materiais, câmera e modelação tridimensional como elementos essenciais na compreensão do ambiente virtual em que se insere a simulação de arquitetura a ser fotografada virtualmente. Verificando a complexidade e nuances da imagem fotorrealista, pode-se argumentar que existem afinidades com o ato de se projetar arquitetura, numa espécie de arquitetura de imagens. O estudo também aborda as reflexões e problemáticas decorrentes do uso das imagens fotorrealistas no contexto e na prática da arquitetura.

Palavras-chave: visualização de arquitetura fotorrealista, fotografia, computação gráfica, imagem gerada por computador.

Índice

1. INTRODUÇÃO

1.1. Tema	11
1.2. Objeto	13
1.3. Objetivos	15
1.4. Metodologia	17

2. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

2.1. Desenho	21
2.1.1. A tradução de informação tridimensional para bidimensional	22
2.2. Pintura	25
2.2.1. A pintura de arquitetura como um espaço a ser interpretado	26
2.2.2. As nuances nas pinturas: entre o real e o imaginário	28
2.3. Fotografia	31
2.3.1. A fotografia de arquitetura como linguagem de comunicação	32
2.3.2. A manipulação da fotografia como forma de representação de arquitetura	36
2.4. Imagem gerada por computador (CGI)	38
2.4.1. A origem da imagem gerada por computador através da indústria cinematográfica	40
2.4.2. Imagem gerada por computador como visualização do projeto de arquitetura	42
2.5. Fotorrealismo	46
2.5.1. Imagem fotorrealista como visualização do projeto de arquitetura	48

3. CRIAÇÃO DA IMAGEM FOTORREALISTA DE ARQUITETURA

3.1. Introdução	53
3.2. O ambiente virtual	55
3.2.1. CGI, CAD e BIM: diferenças fundamentais	56
3.2.2. Modelador, motor de render e editor como ferramentas complementares	58
3.2.3. O espaço cartesiano no ambiente virtual	60

3.3. Modelo	62
3.3.1. Criação e transformação de modelos	64
3.4. Luz	67
3.4.1. A propagação retilínea da luz	68
3.4.2. Lei do quadrado inverso da distância	70
3.4.3. Luzes artificiais e temperatura de cor	72
3.4.4. Simulação de condições atmosféricas e iluminação natural	74
3.5. Materiais	77
3.5.1. Reflexão, absorção e refração	78
3.5.2. Polidez e intensidade de reflexo	80
3.5.3. Bump, displacement e normal	82
3.5.4. Composição de contexto através de inserção de peças bidimensionais	84
3.6. Câmara	87
3.6.1. Posicionamento de câmara e composição de imagem	88
3.6.2. Linhas divergentes	90
3.6.3. Lentes e ângulo de visão	92
3.6.4. Pós-produção	94
4. PROBLEMATIZAÇÃO	
4.1. Experimento prático	99
4.2. Entre o fotorrealismo e a realidade	110
4.3. A arquitetura como imagem	113
5. CONCLUSÃO	
5. Conclusão	119
6. REFERÊNCIAS	
6.1. Referências bibliográficas	124
6.2. Referências de figuras	126

1. INTRODUÇÃO

1.1. Tema

Esta dissertação tem como motivação os experimentos profissionais e pessoais de criação de imagens de arquitetura. Há vontade de compreender e examinar o sentido destas experiências já realizadas cuja complexidade parece sugerir uma espécie de arquitetura de imagens. Entre teoria e prática, assumimos que é relevante a interdisciplinaridade da arquitetura com áreas de tecnologia, fotografia e artes visuais. E que com responsabilidade, damos resposta aos desafios complexos que o contexto do mundo atual nos pede.

Na compreensão de imagem de arquitetura proposta por Patrik Schumacher, os desenhos bidimensionais não representam fielmente a percepção visual humana (Schumacher, 2012). São abstrações de um pensamento de geometria, em que há cortes imaginários e vistas impossíveis. Na criação de uma imagem tridimensional de arquitetura feita por desenho, imagem digital, pintura a óleo ou qualquer outra ferramenta, o projeto é representado por construção de perspectivas e graficamente são construídas elevações com sombras projetadas e texturas para indicar o volume e materialidade. O arquiteto assim consegue avaliar e testar a percepção visual do projeto, como uma fotografia antes de sua construção. A aparência visual dos edifícios e espaços são ponto chave da arquitetura: tanto os arquitetos como clientes demonstram interesse nesta previsão, inevitavelmente.

Nas imagens digitais, a computação gráfica utiliza o termo fotorrealismo quando se procura obter uma representação realista através da simulação de uma câmara virtual num modelo tridimensional. Através dos cálculos da interação entre material, luz e todas as condicionantes físicas, todos os pontos se parecem com fotografias de cenas reais. Há experiências em que observadores não conseguem distinguir de fotografias tradicionais. Embora uma imagem digital possa vir a parecer-se como uma fotografia, na verdade é profundamente diferente, bem como uma fotografia é completamente diferente de uma pintura. Esta distinção baseia-se sobretudo nas diferenças entre o digital e o analógico (Worsk & Mitchell, 1994).

A partir do prefixo foto, o fotorrealismo tem como constituinte básica a luz. Por outro lado, em arquitetura, a protagonista constituinte é sua matéria física que fornece solidez, resistência, dureza e flexibilidade. Nesse sentido os materiais se provocam construtivamente: são suas superfícies, interações com a luz e a envolvente que formam a imagem da arquitetura (Alberti, 1999). Nesta dissertação, buscamos o entendimento de arquitetura de Leon Battista Alberti como melhor forma que atravessa seus aspetos visuais – entre pintura e matéria física. Para Alberti, a pintura é a mais poderosa forma de representação da realidade, pois é capaz de representar todas as distâncias e materiais, incluindo superfícies transparentes de água, vidro e nuvens. Trazemos estes raciocínios da

pintura para ajudar a compreender os aspetos visuais da imagem de arquitetura, mesmo que a dissertação escolha como ferramenta protagonista a computação gráfica.

As imagens geradas por computadores, através da computação gráfica, são capazes de representar eventos que nunca ocorreram. E por isso, progressivamente, a manipulação de imagem digital foi sendo vista como transgressora por se desviar do regime da verdade fotográfica. A verdade visual, portanto, é a vigilância e interpretação da ambiguidade entre os discursos visuais de fatos registados e a construção da imaginação. A imagem que é visualmente verdadeira, constrói a imaginação coerentemente e obedece as leis da realidade, como se fosse um fato registado (Wosk & Mitchell, 1994). Por exemplo, na prática, uma imagem pode se parecer com uma fotografia, mas se seus objetos representados não obedecerem as leis da física como a gravidade, a verdade visual é rompida. Logo, muito embora seja possível criar representações de cenários surreais – como em ficção científica – não estão à serviço da arquitetura e da prática do arquiteto, que é o ponto central desta dissertação. Para nossa prática de imagens em questão, torna-se o desafio a ser vigorosamente superado dentro de nossas imagens evitar a ficção e obedecer a coerência, precisão e honestidade arquitetónica. De tal modo, teremos uma imagem que existe à serviço da arquitetura.

É incontornável sublinhar que estas imagens manipuladas fazem parte de um contexto da era da informação e da nova realidade digital. Esta realidade composta por *bits* ao invés de átomos ressignifica completamente o mundo físico e todas as suas condições estabelecidas (Picon, 2004). Quando criamos o mundo digital, nos movemos para uma segunda realidade, de tal maneira que a imagem da arquitetura possa ser um espaço a ser interpretado. Ademais, entre os conceitos de ilusão e simulação que dão corpo e argumentam a dissertação, qualifica-se a própria arquitetura como fotorrealista. Provoca-se que uma imagem de arquitetura possa ser a própria arquitetura: uma arquitetura fotorrealista. Este termo é o convite para observar a imagem de dentro para fora. Podemos fazer da imagem um projeto – e pensar, articular, desenhar como tal. Defende-se uma criação de imagem de arquitetura que não seja apenas fotorrealista, mas igualmente útil, bela e sólida como uma arquitetura construída fora da imagem se propõe a ser.

1.2. Objeto

O objeto central desta dissertação é a visualização fotorrealista de arquitetura, que consiste na elaboração de representações digitais altamente realistas e detalhadas de projetos de arquitetura. Tais imagens ambicionam imitar a aparência de fotografias verdadeiras, recorrendo a técnicas sofisticadas de iluminação, texturização e modelação tridimensional. O fotorrealismo possibilita que os arquitetos apresentem os seus projetos de forma mais persuasiva e realista, sendo utilizado como meio de comunicação no âmbito da indústria da arquitetura, em relação a projetos que poderão ou não ser concretizados futuramente. Estas imagens desempenham diversas funções, tais como ferramentas de processo do arquiteto, instrumentos em concursos de arquitetura, meios de apresentação de projetos a clientes e outros propósitos relevantes (Patrick Shumacher, 2012).

A imagem fotorrealista de arquitetura integra-se na categoria de visualização de arquitetura. Esta é definida como a representação gráfica de um projeto com o intuito de transmitir a aparência e a intenção da arquitetura aos clientes, colaboradores e outros intervenientes. A visualização pode ser concretizada através de esboços, modelos físicos, representações digitais ou outras técnicas de representação, a facilitar a compreensão do projeto e de suas características, bem como apoiar a tomada de decisões durante o processo de projetar (Hovestadt, 2020).

A imagem fotorrealista de arquitetura enquadra-se também no domínio das imagens geradas por computador, comumente denominadas com a sigla CGI que tem origem no termo da língua inglesa *computer-generated imagery*. Estas imagens são representações visuais elaboradas mediante o uso de *software* informático de computação gráfica. As imagens geradas por computador podem variar em termos de realismo e detalhe, desde abstrações estilizadas, imagens rudimentares e pouco realistas, até representações altamente fotorrealistas. Ademais, são aplicadas em inúmeras indústrias, desde o cinema até aos videojogos (Hovestadt, 2020).

O processo de renderização, ou na língua inglesa *rendering*, conforme explanado por Fernando Lisboa, consiste no simples processo de geração de uma imagem a partir de um modelo tridimensional, utilizando algoritmos e técnicas computacionais para simular iluminação, sombras, reflexos e texturas (Lisboa, 1997). O termo *rendering* tem sua origem no latim – *reddere*, que significa na língua inglesa traduzir, performar ou construir. O significado tem evoluído até hoje e é mais associado à produção de imagens digitais, as quais envolvem uma ferramenta digital de renderização (Hovestadt, 2020).

Entre alguns significados de fotorrealismo, podemos compreender em primeiro lugar como o movimento artístico que replica a aparência da realidade com precisão e detalhamento. Surgido na década de 1960 na pintura e na arte, o movimento fotorrealista se dedica à reprodução de detalhes

como texturas, cores, iluminação e sombras, com o objetivo de criar representações visuais indistinguíveis de fotografias autênticas (Meisel, 2013). Com o progresso das tecnologias digitais, o fotorrealismo significou também a criação de imagens geradas por computador em áreas como cinema, videogames, arquitetura, design, publicidade, efeitos visuais e animação, recorrendo a algoritmos e técnicas computacionais avançadas para simular aspectos realistas e gerar imagens digitais convincentes.

Nesta dissertação, optou-se por delimitar o objeto principal estritamente na visualização fotorrealista de arquitetura devido à sua especificidade e foco no realismo que se assemelha à fotografia. Este termo permite uma abordagem mais precisa e adequada ao tema central do estudo, enfatizando a importância da visualização, simulação e predição que é fotorrealista e convincente, no contexto e à serviço da arquitetura.

Ademais, a visualização de arquitetura é um termo muito abrangente, que engloba diversas técnicas de representação, não se restringindo apenas ao fotorrealismo. Já o tema de fotorrealismo pode abarcar um amplo espectro de aplicações, não estando unicamente relacionadas com a indústria de arquitetura.

Ao delimitar o objeto como visualização fotorrealista de arquitetura, esta dissertação dedica-se especificamente no estudo e análise da produção de imagens de arquitetura com elevado grau de realismo e detalhe, explorando as técnicas e metodologias utilizadas neste campo. Esta opção permite uma investigação aprofundada e rigorosa do tema proposto, contribuindo para um maior entendimento das questões relacionadas à prática do fotorrealismo na arquitetura e do seu papel na comunicação e promoção dos projetos arquitetônicos no mundo contemporâneo.

1.3. Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo principal explorar a relevância da visualização fotorrealista na prática da arquitetura. O foco principal é compreender por que usamos imagens extremamente realistas para representar projetos arquitetônicos e qual o propósito desta abordagem específica.

Além disso, há o objetivo de compreender a linguagem visual presente nas representações fotorrealistas de arquitetura. Isso envolve descobrir quais características e técnicas o fotorrealismo utiliza para criar imagens que parecem tão reais, a ponto de estimularem nossa imaginação ou até nos fazerem questionar se são fotografias genuínas.

Outro objetivo importante é desenvolver uma cultura visual crítica e avaliar as representações fotorrealistas na arquitetura. Isso significa aprender a escolher quais imagens são mais úteis, esteticamente agradáveis e relevantes para o propósito. Também pretendemos entender como as imagens nos transmitem mensagens e significados relacionados à arquitetura.

Uma parte decisiva deste estudo também é considerar como a comunicação visual por meio de imagens fotorrealistas pode afetar a credibilidade da representação da própria arquitetura. Há a vontade de descobrir até que ponto podemos confiar nessas imagens para interpretar um projeto uma vez que existem debates sobre se essas imagens podem às vezes simplificar demasiado a complexidade da realidade ou se as imagens podem até mesmo parecerem mais como entretenimento do que representações precisas.

Por fim, investigaremos como o fotorrealismo se relaciona com a prática da fotografia na arquitetura. Se faz necessário compreender como o conhecimento de técnicas fotográficas pode ser aplicado para a criação de imagens fotorrealistas de arquitetura. Será exposto temas sobre composição, ângulos de câmara e iluminação para aprimorar a qualidade dessas representações.

1.4. Metodologia

A metodologia adotada neste estudo se inicia com a coleta e interpretação bibliográfica. Esta fase serve para a construção de um repertório sólido que é a base para a elaboração da dissertação. Através da seleção, estudo e interpretação criteriosa da bibliografia relevante, estabelece-se o alicerce para os argumentos.

Seguimos com a apresentação de uma revisão histórica e crítica da imagem na arquitetura. Realiza-se uma curadoria das referências visuais de arquitetura que atravessam a história para classificação destas referências com base em critérios como problemáticas abordadas, técnicas utilizadas e contextos históricos pertinentes. A partir desta categorização é construída uma narrativa histórica que explora as implicações da imagem na arquitetura, com foco nas visualizações fotorrealistas. Analisa-se as origens, usos e evolução dessas imagens, bem como os motivos que impulsionaram sua criação a compreender assim como têm sido aplicadas ao longo do tempo.

Depois desta etapa, avança-se para a experimentação e criação de imagens fotorrealistas para a explanação de seus conceitos. Com o intuito de compreender a imagem fotorrealista, opta-se por uma abordagem prática. Com um projeto de arquitetura selecionado como ponto de partida, apresentam-se os conceitos e técnicas essenciais. O processo criativo é documentado desde a concepção até a criação final, e incluirá uma comparação entre as imagens resultantes e as fotografias de referência.

Como etapa final, se faz a reflexão e problematização do papel da visualização fotorrealista na arquitetura. Para atingir uma compreensão crítica sobre a relevância dessas imagens, esta etapa incorpora uma análise que usa a bibliografia selecionada como fonte de reflexão e motivação.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

2.1. Desenho

Os desenhos bidimensionais não representam fielmente a percepção visual humana (Schumacher, 2012). São abstrações de um pensamento de geometria, em que há cortes imaginários e vistas impossíveis. Logo, as imagens em perspectiva de arquitetura são representações de um espaço tridimensional, numa superfície bidimensional. Tal representação do espaço tridimensional usa inevitavelmente as regras da perspectiva, que derivam de um conjunto de preceitos da geometria descritiva que podem ser desenhados tanto manualmente, como calculado através de processamento digital em computadores.

Na história da arte e arquitetura, um importante arquiteto e teórico de arte que nos apresenta a perspectiva é Leon Battista Alberti no século XV. Muito sumariamente, Alberti definiu as imagens de perspectiva como o desenho deixado num plano por uma pirâmide de raios visuais que o intersectam. As imagens de Alberti, portanto, são impressões feitas por luz e pela própria natureza. Em sua teoria, o pintor deve escolher o ponto de vista e a o centro da construção da perspectiva, e quando completo, cada ponto do desenho é matematicamente determinado. Dadas as mesmas condições geométricas do mesmo espaço, qualquer artista que siga as regras de perspectiva de Alberti farão o exato mesmo desenho. Quando o desenho é criado, cada ponto do objeto tridimensional vai ser traduzido em um ponto no plano do desenho, e esta tradução é feita vice-versa em todas as projeções. A construção dos desenhos de Alberti é pura operação matemática a partir dos parâmetros geométricos fornecidos e também replicáveis infinitamente, a gerar sempre os mesmos resultados, não importa quem faça. Esta dinâmica pode ser transposta para o sistema digital: qualquer computador, dados os mesmos parâmetros geométricos, também podem gerar os mesmos resultados. Esta ideia básica é o que dá substância ao processo da transformação do espaço tridimensional em imagem bidimensional (Carpo, 2018).

2.1.1. A tradução de informação tridimensional para bidimensional

Leon Battista Alberti descreve detalhadamente na obra *De Pictura* em 1435 como representar o mundo tridimensional em uma superfície bidimensional através do método denominado por janela. Nenhuma versão desta obra escrita por Alberti foi ilustrada – a primeira menção em desenho que se tem a partir da ideia da janela de Alberti foi publicada no livro *Durer's Underweisung der Messung* em 1538 (figura 1).

O método de Alberti consiste em traçar um grande quadrado na superfície a ser desenhada e determinar a dimensão da figura humana na pintura (Alberti, 1999, p. 30). A dimensão desta figura é então dividida por três, formando uma grelha composta por linhas paralelas e ortogonais, semelhante a um papel quadriculado. Diante do pintor está a denominada janela, que é uma metáfora para um véu ou papel manteiga. A janela, portanto, fica posicionada em frente ao objeto ou paisagem a ser representada, contendo a mesma matriz desenhada no papel. Assim, tanto o objeto observado quanto a pintura parecem possuir a mesma escala (Alberti, 1999, p. 40).

Nessa janela, todos os raios de luz conectados entre o observador e o objeto são interceptados e seus pontos identificados e traçados, criando uma grelha para a pintura que pode ser transferida ou reduzida em escala. As imagens formadas no método de Alberti são cópias exatas da realidade, semelhantes às fotografias. No entanto, na época, a tecnologia não permitia o registo imediato dos raios visuais no véu ou papel manteiga, então Alberti precisava registrá-los manualmente, como se pintasse uma fotografia.

Alberti não especifica a quantidade de linhas horizontais ou verticais na grelha, mas o seu método já demonstrava uma abordagem tecnológica, eficiente e precisa na reprodução tridimensional em bidimensional. Se a grelha contivesse mais linhas e quadrados cada vez menores, os quadrados se transformariam em pontos, semelhantes aos *pixels*. O resultado seria uma matriz numérica ou um arquivo digital, com pontos mensuráveis atribuídos a cores específicas (Carpo, 2013).

Nesta estratégia da janela de Alberti, cada quadrícula da grelha é uma informação objetiva. O sistema estava pronto para uma sequência lógica, e a sua digitalização seria possível se naquela época existisse um processamento digital. 500 anos depois, somos capazes de processar imagens de forma análoga à janela de Alberti.



Siem noch ein anderen brauch zu Conterfeien/dardurch man eyn villichs Corpus mag grösser oder
 kleiner abconterfeien wie vil man wil. des halben nutzlicher das mit dem glas darumb das es freier ist/
 Darzu soll man haben ein ram mit einem gitter von starkem schwarzem zwirn gemacht die lücken
 oder stierungen eine ungefährlich zweyer finger breit/ Darnach soll man haben ein abschen oben zugespitzt/
 also gemacht/ das man es höher oder niedriger richten mag/ das bedeut das aug mit dem. o. Darnach leg
 hinaus in zimlicher weitten di corpus so du conterfeien wilt/ rucks vnd peugs nach deinem willen/ vñ get als
 weg hinder sich vñ hab dein aug zu dem abschen. o. neyst daran/ vñ besich das Corpus wie es dir gefall/
 vñ ob es recht nach deinem willen lig/ Darnach stell di gitter oder ram zwischen dem Corpus vnd deinem
 abschen also/ wile du wenig lücken oder stierungen begreiffen/ so ruck es desto näher zu dem Corpus/ darnach
 besich wie vil di corpus im gitter lücken begreiff nach leng vñ breyten/ darnach reiß ein gitter gros oder klein
 auf ein bappir oder tasel darcin du conterfeien wilt/ vñ sich hin vber dein aug. o. des spiz am abschen auf
 das Corpus/ vñ was du in yder stierung des gitters findest/ das drag in dein gitter das du auf dem bappir
 hast das ist gut vñ gerecht/ Wilt du aber für das spitzig abschen ein löchle machen/ dardurch du siehest ist
 eben so gut/ socher meinung hab ich hernach ein form aufgerissen.



Figura 1. Unterweisung der Messung, Albrecht Durer, 1538.

2.2. Pintura

De acordo com Alberti, a pintura é a arte que melhor apresenta e representa a arquitetura porque exhibe todas as geometrias e materiais, incluindo os transparentes – como a água, o vidro ou as nuvens. Pintores imitam o aspeto visual da natureza e a prática da pintura pede um conhecimento intelectual de perspectiva para compreender como os raios de luz incidem sobre as superfícies. Em contraste, os escultores poderiam ser considerados como artistas menos intelectuais por se resumirem num trabalho mecânico, em que seus trabalhos se faziam em permanecer cobertos de poeira de mármore. Mas, quando se fala em representação de anatomia, é de se admitir que a escultura tenha uma representação mais realista da natureza quando o objeto de reprodução é o corpo humano (Alberti, 1999, p. 106).

Alberti também insinua que a beleza da arquitetura nasceu da pintura. É a arquitetura que pede em empréstimo à pintura muitos elementos, em que primeiro eram imaginados em obras pintadas e só depois construídas. Segundo Alberti, o arquiteto “tomou do pintor as arquitraves, as bases, os capitéis, as colunas, fachadas e outras coisas que tais. Todos os fundidores, escultores, todos os ateliês e as artes todas se pautam pela régua e arte do pintor. Talvez não se encontre arte de algum valor que não tenha vínculos com a pintura, de tal forma que se pode dizer que toda beleza que se encontra nas coisas nasceu da pintura” (Alberti, 1999, p. 103). Ao traduzir este pensamento para as práticas atuais, nos questionamos se hoje a melhor arte que apresenta e representa a arquitetura é a imagem gerada por computador com qualidade fotorrealista, uma vez que são nestas imagens em que primeiro são imaginados os elementos de arquitetura com extrema precisão e só depois estes elementos são construídos.

2.2.1. A pintura de arquitetura como um espaço a ser interpretado

A intersecção entre a pintura de arquitetura e os espaços que abrigam a própria pintura originou uma multiplicidade de tipos e estilos de imagens. Durante o Renascimento, algumas destas imagens eram tão impactantes que permitiam expandir os espaços por meio de ilusões de perspectiva, transformando-os em ambientes virtuais.

Na sua criação muito sofisticada de efeitos de perspectiva em 1511, na Loggia de Galatea na Villa Farnesina, Baldassare Peruzzi se tornou um renomado especialista em pintura perspética de arquitetura, numa qualidade em que o espaço físico é ampliado através do efeito provocado na pintura (figura 2). Mais que uma arquitetura realista pintada sobre os frescos, é como se fosse o próprio espaço a ser ampliado (Carpo, 2008).

Para outros casos, a imagem realista pôde ser a própria solução de arquitetura. Neste projeto da Chiesa di Santa Maria Presso san Satiro, o arquiteto Donato Bramante criou uma ilusão em que o altar seria uma profundidade virtual no fresco da parede, em que pilares e elementos arquitetônicos são distorcidos para criar a ilusão. Não havendo espaço disponível para se criar arquitetonicamente um espaço de altar, a imagem serviu como ilusão para resolver este problema (figura 3). Bramante tratou a imagem de arquitetura como a própria arquitetura.

Bramante e Peruzzi evidenciam a interdisciplinaridade entre imagem e arquitetura, demonstrando um domínio metódico da matemática da ilusão e da perspectiva, fundindo assim a realidade bidimensional com a tridimensional. Essas ambiguidades sugerem que uma imagem de arquitetura extremamente realista possa ser encarada como uma extensão da própria arquitetura. É possível aplicar estas ideias e nuances na prática atual, ao criar imagens como espaços próprios a serem interpretados. Apesar das ferramentas e métodos de produção serem completamente distintos, as imagens geradas por computador de qualidade fotorrealistas também criam representações ilusórias e ambíguas.



Figura 2. La Sala Delle Prospettive, Baldassare Peruzzi, 1508-1511.

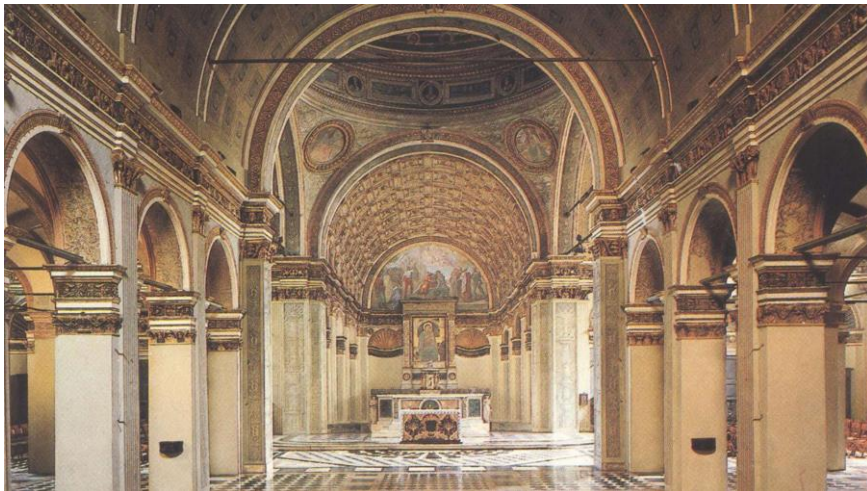


Figura 3. Nave Central da Chiesa di Santa Maria presso San Satiro, Donato Bramante, 1476-1482.

2.2.2. As nuances nas pinturas: entre o real e o imaginário

As pinturas de arquitetura podem transmitir uma atmosfera e uma composição que estimulam a imaginação ao mesmo tempo que respeitam o rigor do edifício. Na busca pela fidelidade à arquitetura, a perspectiva é considerada como a forma mais eficiente de representação, conforme sugerido por Alberti. Por outro lado, a fim de exemplificar as pinturas que provocam a imaginação, utilizamos como referência o pintor Giovanni Antonio Canal, mais conhecido como Canaletto.

Andrea Palladio descreve o projeto para o concurso da ponte de Rialto no capítulo XIII de *I quattro libri dell'architettura*, publicado em 1570 (figura 4). Em 1587, vários arquitetos submeteram projetos para este concurso e no final, foi selecionado o projeto do arquiteto Antonio da Ponte (Baetjer, 1989). Canaletto, pintor italiano célebre pelas suas paisagens urbanas de Veneza, baseou-se rigorosamente nos desenhos de Palladio para criar uma pintura em homenagem ao arquiteto.

Neste caso, podemos perceber, à primeira vista, como ocorre a transposição de desenhos em plantas e alçados para uma representação tridimensional, levando em conta sombras, cores e texturas dos materiais (figura 5). A vista do Grande Canal de Veneza é realista e mostra a inserção do projeto no contexto envolvente de forma adequada. A atual técnica de produzir uma visualização fotorrealista tem muita semelhança com o processo representação de Canaletto para o projeto de Palladio: a partir de plantas e alçados, criamos uma imagem realista com profundidade e informação tridimensional.

A precisão que a arquitetura é representada faz de Canaletto um dos maiores pintores de Veneza do século XVIII. Ao capturar com realismo a luz, a sombra e a atmosfera das cenas urbanas de Veneza, o pintor também acrescentava nuances curiosas e estimulantes às suas imagens. A sua perspectiva, por exemplo, é tão diminuída que somente seria visível com recurso de um telescópio. Na pintura de Canaletto, há um único ponto de fuga na linha do horizonte, e a cena urbana é retratada com luz solar intensa e sombras contrastantes, quase num drama teatral (Baetjer, 1989).

Esta mistura do real e do imaginário que Canaletto vigorosamente nos provoca é uma harmonia visual mais que uma pragmática e burocrática pintura de observação. Ou no caso, o que poderia ser uma observação, já que o edifício nunca esteve lá. As pinturas de Canaletto, como muitos outros de seus pintores contemporâneos, como Giovanni Battista Piranesi, nos provoca que nossas imagens de arquitetura possam ter subtilezas e simular junto à sua informação, uma atmosfera, uma composição que toca no imaginário e ao mesmo tempo obedece ao rigor do objeto de arquitetura.

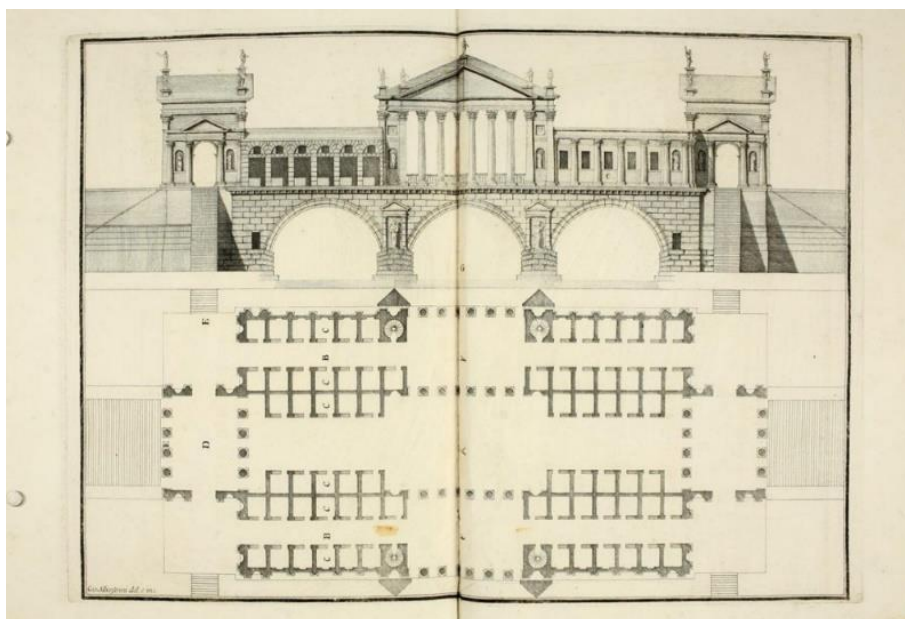


Figura 4. Projeto para a Ponte de Rialto em Veneza, Andrea Palladio, 1570.



Figura 5. Pintura do projeto Palladiano para a Ponte de Rialto em Veneza, Canaletto, 1742.

2.3. Fotografia

A fotografia é a filha da pintura. Para os historiadores da arte, há uma grande sobreposição de pintura e fotografia entre 1780 e 1850, em que fotografias e pinturas partilhavam das mesmas abordagens e experimentos em relação à luz. A câmara fotográfica como a conhecemos hoje teve inúmeras evoluções e transformações, principalmente como era capturada a luz e registada em uma superfície. Portanto esta não foi uma invenção linear, houve diversos experimentos em simultâneo sobre o mesmo tema. O processo químico para o registo de imagens que estamos familiarizados hoje é atribuído ao francês Joseph Nicéphore Niépce (Hockney, 2016).

A origem da fotografia mais remota, entretanto, remete à câmara obscura, um fenômeno ótico natural observado por Aristóteles desde o século IV a.C. Muito resumidamente, nada mais é que um pequeno orifício no qual a luz atravessa do exterior muito claro com muita luz, para o interior de um quarto escuro. Nisto, uma imagem invertida é projetada na parede oposta ao orifício, e seu tamanho vai afetar na nitidez do foco e do brilho da imagem projetada (Hockney, 2001). Inclusive, há um debate que questiona se o próprio Canaletto usou ou não um instrumento como a câmara obscura na produção de suas pinturas ao decalcar a imagem projetada sobre a tela de pintura (Steadman, 2022).

Quanto à etimologia de fotografia, o prefixo foto tem origem no grego *phōtos* e significa luz. A partir deste prefixo, surgem palavras como a fotografia e a fotocoloragem. A luz é, portanto, o conceito primordial para a compreensão do fotorrealismo e da fotografia.

2.3.1. A fotografia de arquitetura como linguagem de comunicação

Um movimento de fotografia sistematizou o que conhecemos hoje como a linguagem de publicação de fotografia de arquitetura em revistas e editoriais, numa abordagem direcionada especificamente ao objeto construído. Ezra Stoller foi pioneiro nesta linguagem e foi reconhecido já durante seu percurso profissional, tendo suas fotografias publicadas em inúmeras revistas de arquitetura em meados do século XX. Seus enquadramentos e pontos de vista muito próximos do edifício criam em suas fotografias uma leitura e percepção muito clara do espaço.

A fotografia de Ezra Stoller para um projeto de Frank Lloyd Wright (figura 6) exemplifica a riqueza informativa e a diversidade de composições estimulantes que podem ser exploradas, respeitando e interpretando a visão do arquiteto. A imagem guia o observador por um percurso, com elementos que sugerem profundidade e tridimensionalidade, além de contextualizar a relação da arquitetura com o ambiente circundante. Ao olhar a imagem atentamente e percorrer por sua geometria, quase que estamos na visão imaginativa do arquiteto ao desenhar as curvas.

Balthazar Korab por sua vez fotografa uma arquitetura sob um ponto de vista muito objetivo e descritivo (figura 7). Suas imagens são muito claras e descrevem a arquitetura e sua forma muitas vezes em ângulos frontais em paralelo. A simetria e um ponto de fuga ajuda a compreender a arquitetura de modo que podemos desenhar um alçado só ao ver a fotografia. Perante ao projeto de Ludwig Mies van der Rohe, a câmara tem uma longa exposição. Isto significa que os feixes de luz dos carros que passaram tiveram uma longa captação da luz pelo sensor fotográfico, fazendo com que os objetos em movimento tenham ficado em manchas, o que também a acaba por remover as pessoas e deixar a imagem limpa de objetos dinâmicos. Esta estratégia traz o destaque para os elementos estáticos, que é a arquitetura.

A atmosfera de Balthazar Korab não é retratada por acaso. Na fotografia, há um primeiro plano formado pela caixa inferior e o arranha céu muito alto ao fundo, que a medida que se sobe, vai mesclando com a atmosfera presente, quase a juntar-se com as nuvens. A atmosfera de luz nos recorre à atmosfera imaginativa, não é claro o horário do dia ou da noite em que esta fotografia foi tirada, pois ao mesmo tempo em que vemos o edifício com iluminação artificial muito forte, há um clarão diurno ao fundo. Este jogo cria um tempo surreal e imaginativo, mas nos traz informação descritiva à obra de Ludwig Mies van der Rohe e vemos claramente a quadrícula rigorosa do projeto.



Figura 6. Fotografia de Ezra Stoller para o projeto Marin County Civic Center de Frank Lloyd Wright, 1963.



Figura 7. Fotografia de Balthazar Korab para o projeto Toronto Dominion Center de Ludwig Mies van der Rohe, 1973.

Na linguagem fotográfica de arquitetura, o tempo é como uma dimensão extra, além do espaço a ser representado. Muitas vezes nas fotografias de arquitetura há a ausência de pessoas, numa limpeza estética como se o edifício estivesse imaculado e fizesse parte de um cenário quase não humano. É Julius Schulman que na segunda metade do século XX até a década de 1990 vai trazer uma linguagem fotográfica em que o tempo faz parte da fotografia, através da inserção calculada e minuciosa de pessoas.

Ao fotografar figuras humanas a transitarem pelos espaços, Julius Schulman retrata o estilo de vida e a forma como se vivia no tempo em que a fotografia foi capturada (figura 8). Não apenas fotografa a arquitetura, mas o que se passa neste edifício, de forma a vender uma maneira de viver, e inclusive, a vender a arquitetura ou o empreendimento imobiliário. Esta estratégia nos dá pistas e vai de encontro à um dos grandes objetivos da visualização fotorrealista, justamente o convencimento do projeto de arquitetura em frente ao público e ao cliente. A figura humana traz uma narrativa que o arquiteto quer contar, como uma história de acordo com o clima, o horário do dia, a presença de uma família, jovens, ou uma criança a brincar.

Lucien Hervé é outro fotógrafo relevante que conta histórias em suas imagens, numa relação ainda mais estreita com a arquitetura. Colega muito próximo de Le Corbusier, era o fotógrafo pessoal do arquiteto que conseguia capturar a estrutura da obra e seus materiais. Entretanto, seus enquadramentos eram mais reduzidos, muito mais próximas das superfícies, a criar composições bem mais abstratas e fotografias ditas como menos comerciais. Na fotografia (figura 9), o jogo de luz e sombra cria uma história, com uma garota a passar num espaço acima que nos sugere que o piso superior é acessível, além de estimular a imaginação e se narrar uma história.

Estas diversas linguagens de fotografia nas publicações de mídia de arquitetura sistematizaram-se, até chegar às imagens que os arquitetos constantemente veem e registam hoje. Paradoxalmente, estas fotografias ostentam uma perfeição que não corresponde à realidade por talvez buscar uma estética muito pura, limpa e quase de modo a reconfigurar o existente. Hoje os fotógrafos contemporâneos continuam a evocar a atmosfera imaginativa e bebem de estratégias dos clássicos fotógrafos de arquitetura do século XX. Esse estilo de fotografia, ou linguagem visual, é o que dá direção à muitas visualizações fotorrealistas. Há casos de publicações de projetos em que a fotografia do projeto já concretizado e a visualização fotorrealista do projeto confundem-se, e é justamente esta intenção que funciona à serviço do arquiteto e sua obra.



Figura 8. Fotografia de Julius Schulman para o projeto Stahl House de Pierre Koenig, 1960.



Figura 9. Fotografia de Lucien Hervé para o projeto La Maison Radiante de Le Corbusier, 1954.

2.3.2. A manipulação da fotografia como forma de representação de arquitetura

A fotografia pode ser manipulada, recortada e recriada para criar imagens de arquiteturas ainda não construídas. A prática mais conhecida de fotomontagens são definitivamente as de Ludwig Mies van der Rohe na primeira metade do século XX. A primeira fotomontagem do arquiteto que se tem notícia é para o concurso de Bismarck de 1910 em que foi criada uma imagem convincente através de uma sofisticada manipulação fotográfica (figura 10). A maquete foi cuidadosamente fotografada de um ângulo abaixo para manter a mesma perspectiva da foto de base do local. As técnicas de Ludwig Mies van der Rohe foram precursoras em mesclar graficamente uma ainda ficção do projeto a ser ou não construído com a realidade.

As práticas de Ludwig Mies van der Rohe influenciaram arquitetos modernos, e nos anos de 1960 houve uma releitura no discurso da fotomontagem em inúmeras práticas de arquitetura vanguarda. Archigram, Superstudio, Archizoom foram alguns gabinetes e grupos de arquitetos que rearranjaram de certo modo esta representação, a explicitar mais o abstrato que o real, tal como Ludwig Mies van der Rohe aos últimos anos de sua carreira fazia. Estas práticas são revisitadas até hoje e muitas representações são mais lúdicas e abstratas em composição, ao invés de serem uma tentativa de captura fotográfica que remeta à um rigoroso fotorrealismo (The Museum of Modern Art, 1947).

A prática atual da visualização de arquitetura pode utilizar fotografias do contexto existente como uma parte da imagem. Para que a inserção pareça realista, é importante garantir que as proporções, dimensões e perspectiva estejam coerentes entre a imagem gerada pelo computador e pela fotografia. Esta técnica não é muito diferente do que já era feito anteriormente, quando os arquitetos faziam as fotocollagens entre fotografias analógicas e esboços (figura 11). Assim, passou-se a utilizar imagens geradas por computador e *softwares* de edição de foto para automatizar a mesma técnica e torná-la muito mais rápida e eficiente (Hovestadt, 2020).



Figura 10. Colagem de fotografia para o projeto do Monumento Bismarck de Ludwig Mies van der Rohe, 1910.

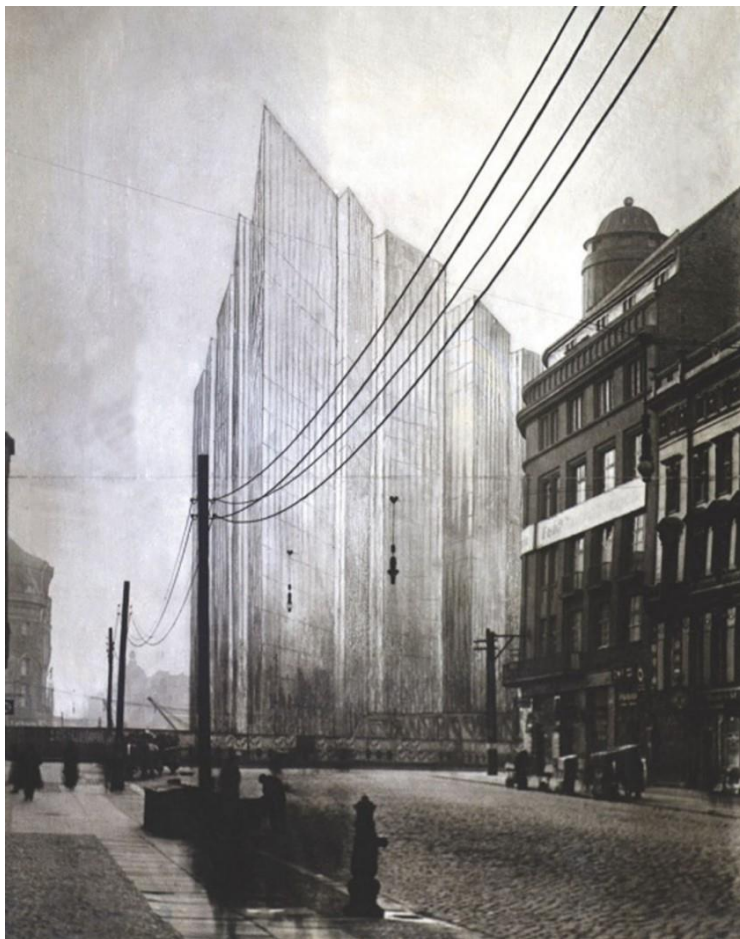


Figura 11. Colagem de fotografia para o projeto do arranha céu em Friedrichstrasse de Ludwig Mies van der Rohe, 1921.

2.4. Imagem gerada por computador (CGI)

A mudança de paradigma do analógico para o digital alterou radicalmente a maneira de se criar e manipular imagens de arquitetura. Uma imagem gerada por computador ou na sigla CGI, do inglês *computer-generated imagery*, é a criação de imagens, animações e efeitos visuais por meio de computação gráfica. O termo CGI foi adotado nos anos de 1970, quando a técnica começou a ser usada na indústria cinematográfica. Desde então, este tipo de imagem se tornou ferramenta amplamente utilizada em diversas áreas e hoje é plataforma pela qual criamos as imagens fotorrealistas de arquitetura.

As imagens geradas por computador tiveram em seu início abordagens similares ao método da janela de Alberti, desta vez recorrendo ao processamento computacional. As primeiras imagens geradas por computador eram como desenhos formados apenas por linhas, sem superfícies, luzes ou cor. Sua origem vem da ciência da computação gráfica, quando Ivan Sutherland criou seu experimento chamado de Sketchpad em 1962, que foi a raiz de todos os programas de desenho assistido por computador. O programa foi projetado para permitir que os usuários desenhassem objetos geométricos simples em um ecrã usando uma caneta de luz e uma espécie de *tablet*, e então manipulassem esses objetos por meio de comandos de computador (figura 12). O Sketchpad foi revolucionário em sua época, pois permitia que os usuários criassem imagens vetoriais em tempo real, algo que nunca havia sido feito antes em um computador (Hovestadt, 2020).

O Sketchpad lançou as bases para tudo o que se seguiu, até os *softwares* de desenho de arquitetura que os arquitetos usam hoje. É aqui que começa a evolução em direção ao fotorrealismo e indiscutivelmente forma-se uma interdisciplinaridade entre desenho assistido por computador e imagens geradas por computador, entre bidimensionalidade e tridimensionalidade. De facto, vários tipos de imagens geradas por computador e desenhos assistidos por computador partilham dos mesmos conhecimentos e métodos, em que tomam como base a ciência da computação gráfica.

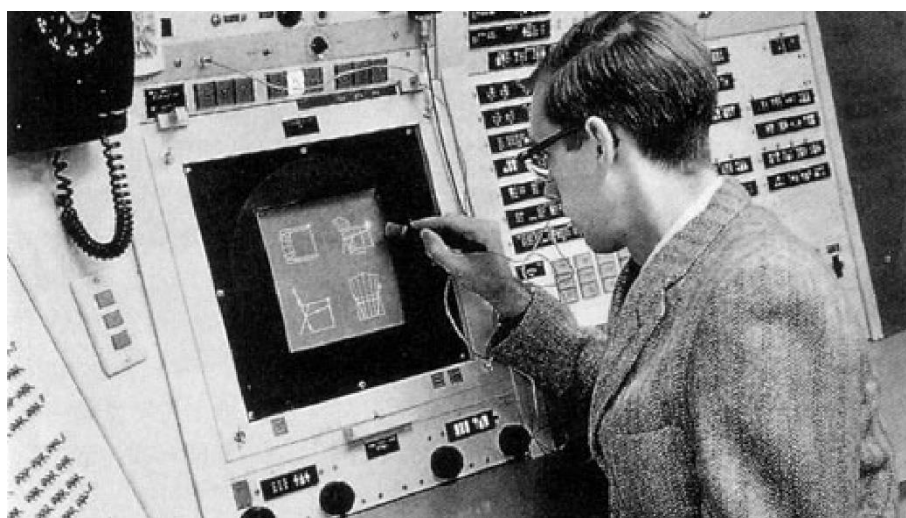


Figura 12. Sketchpad por Ivan Sutherland, 1962.

2.4.1. A origem da imagem gerada por computador através da indústria cinematográfica

A aplicação de imagens geradas por computador na criação de representações espaciais tem origem na indústria cinematográfica, com destaque para o filme *Star Wars*, de 1977. Nesse contexto, Larry Cuba, um artista pioneiro que fez parte da produção do filme, desenvolveu a simulação da Estrela da Morte utilizando várias imagens geradas por computador (figura 13). Larry Cuba conjugou desenhos de linhas e vetores para criar um modelo digital. A animação final deste modelo resultou de capturas em vídeo em *time lapse* do ecrã do computador a processar a imagem em tempo real, que foram posteriormente utilizadas no filme (figura 14). Este trabalho inovador demonstrou o potencial da tecnologia, mesmo numa época em que os recursos computacionais eram bastante limitados em comparação com a atualidade.

Curiosamente, as tecnologias empregadas na indústria cinematográfica foram adotadas por alguns arquitetos utilizando os mesmos *softwares*. Neil Denari, um arquiteto interessado em tecnologias disruptivas, explorou as capacidades das ferramentas usadas no cinema em seu projeto *Interrupted Projections* para a Galeria MA em Tóquio, em 1996. Nesta altura, as ferramentas já tinham avançado suficientemente para que Neil Denari pudesse criar uma visualização de seu projeto em forma de imagem gerada por computador. Seus conhecimentos técnicos foram adquiridos de forma interdisciplinar, trabalhando em colaboração com o renomado diretor de cinema J. J. Abrams, que o apresentou aos *softwares* e emprestou-lhe os computadores. Assim, Neil Denari aplicou as tecnologias em questão para concretizar suas ideias de forma a visualizar o projeto. Os *softwares* 3D utilizados incluíram o Softimage e o motor de render Mental Ray, também utilizados na altura pela indústria do cinema (Lynn, 2015).

Neil Denari defende que o conceito do projeto não pode ser dissociado do conceito da imagem. A arquitetura e a imagem estão intrinsecamente conectadas e são elementos fundamentais (Lynn, 2015). Mesmo que o fotorrealismo na época ainda fosse muito rudimentar, percebe-se uma semelhança visual entre a imagem gerada por computador (figura 15) e a fotografia (figura 16).

Estes exemplos sublinham as intersecções entre indústria cinematográfica para arquitetura: muitas ferramentas que os arquitetos utilizam hoje ao criar imagens fotorrealistas, vem da necessidade de os cineastas criarem espaços e imagens que sejam convincentes ao público.



Figura 13. Imagem gerada por computador por Larry Cuba para Star Wars Episódio IV: A Guerra das Estrelas, 1977.



Figura 14. Trecho do filme Star Wars Episódio IV: A Guerra das Estrelas dirigido por George Lucas, 1977.

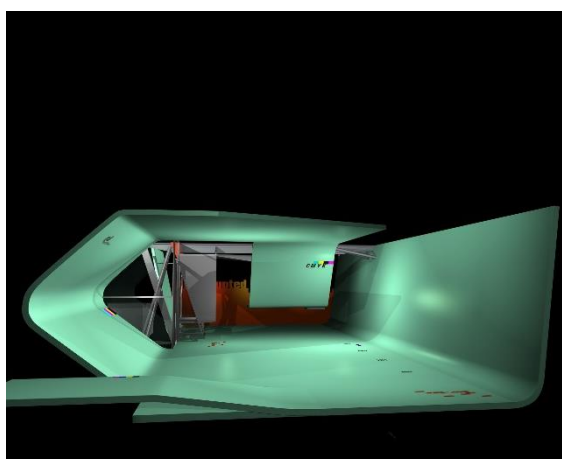


Figura 15. Imagem gerada por computador para o projeto Interrupted Projections de Neil Denari, 1996.



Figura 16. Fotografia do projeto Interrupted Projections de Neil Denari, 1996.

2.4.2. Imagem gerada por computador como visualização do projeto de arquitetura

A inovação tecnológica das imagens geradas por computador permitiu que alguns arquitetos mais disruptivos abandonassem as técnicas de representação e visualização tradicionais. Ao invés de maquetas físicas e esboços, passaram a visualizar os seus projetos em perspectiva no computador, o que revolucionou o ato de projetar e o processo de criação.

Um exemplo de visualização de arquitetura no ano de 2000 é o projeto não construído do Witte Arts Center, concebido pelos arquitetos Mónica Ponce de León e Nader Tehrani no escritório Office dA, nos Estados Unidos da América. Este projeto representa uma das primeiras e mais elementares práticas da utilização de imagens geradas por computador como ferramenta de visualização de projetos de arquitetura, num fotorrealismo ainda pouco presente (figura 17). Mesmo assim, o caso do Witte Arts Center demonstra a prática da fase de teste, previsão e visualização do projeto, auxiliando os arquitetos na tomada de decisões.

No projeto do Witte Arts Center, a visualização em perspectiva permitiu aos arquitetos estudarem a aparência do edifício, cuja estrutura principal é composta por tijolos. O desafio central do projeto explorava as diferentes composições e aplicações do tijolo, fazendo com que este elemento passivo se tornasse ativo e impulsionador da arquitetura. As respostas a este desafio foram obtidas através de visualizações que revelavam o jogo de volumes, recortes, cheios e vazios (Lynn, 2016).

O recurso das imagens geradas por computador no projeto do Witte Arts Center significou o abandono dos desenhos em perspectiva manual. Comparando as imagens geradas por computador com os desenhos bidimensionais, é evidente a diferença de profundidade e composição dos tijolos (figura 18). Embora existam várias maneiras e estilos de desenhos bidimensionais em alçados que poderiam representar a fachada do edifício com profundidade, neste caso, as imagens digitais mostraram-se a melhor opção.

Para Mónica Ponce de León e Nader Tehrani, a arquitetura deve ser visualizada a partir da perspectiva humana, ou seja, à uma altura entre 1,60 metros e 1,80 metros do chão, que é o nível do olhar. Esta abordagem está relacionada com a prática de fotografia de arquitetura, que também adota esta estratégia. A tentação da circulação livre pelo ambiente virtual na *viewport* do *software* 3D pode gerar vistas impraticáveis ou impossíveis. O posicionamento da câmara é fundamental e a falta de rigor ao pensar nesta escolha pode empobrecê-la e fazer com que a visualização tenha uma aparência falsa ou amadora.

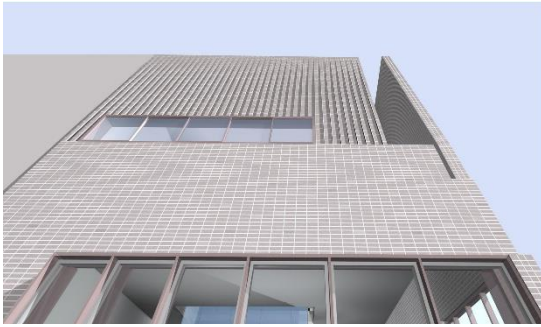


Figura 17. Visualização em imagens geradas por computador para Witte Arts Center, projeto de Office dA, 2000.

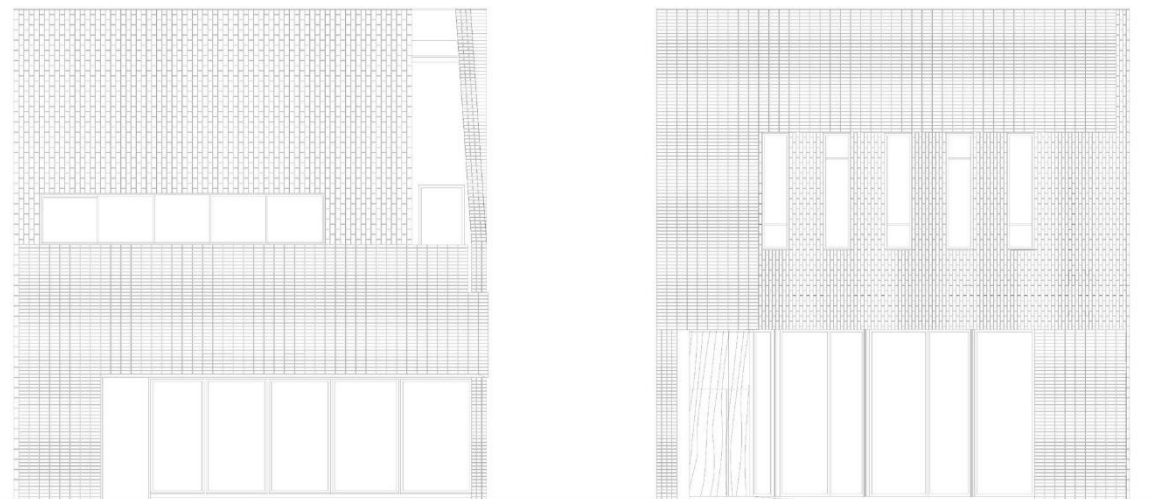


Figura 18. Desenhos de elevações para Witte Arts Center, projeto de Office dA, 2000.

Outra resposta ao surgimento deste novo conjunto de ferramentas digitais foi a crescente semelhança entre alguns projetos de arquitetura com as próprias imagens criadas por computador. Também no início dos anos 2000, Susan Kolatan e William Mac Donald, do gabinete de arquitetura KOL/MAC, projetaram um apartamento em Nova Iorque fazendo uso da imagem gerada por computador. Este projeto representou um experimento para explorar até que nível as visualizações poderiam ser transpostas do digital para o mundo real.

O projeto propôs uma estética distinta, originária de um ambiente digital onde o virtual e o real se tornam indistinguíveis. Os arquitetos começaram a vislumbrar uma nova abordagem no estudo de materiais e acabamentos, assim como na materialização da arquitetura a partir destes elementos (Lynn, 2016, p. 6).

A semelhança entre as imagens geradas por computador e os elementos construtivos do espaço interior está relacionada à estética do ambiente digital e aos modelos iniciais trabalhados, que apresentavam por predefinição superfícies polidas e brilhantes (figura 19). Esta similaridade se manifesta na realidade construída, com a utilização de materiais como pintura lacada, aço inoxidável e alumínio para criar um visual brilhante e cru que remete ao projeto visualizado no ecrã do computador (figura 20) (Lynn, 2016, p. 11).

A ferramenta de computação gráfica utilizada pela KOL/MAC foi o software Microstation, que permitiu a construção e fabricação de todos os elementos a partir do modelo tridimensional. Foram modeladas superfícies de fibra de vidro, metal inoxidável, madeira e alumínio, que foram estudadas, modeladas no computador e posteriormente fabricadas à medida. Este exemplo curioso demonstra que não é a imagem gerada por computador que se assemelhou à arquitetura, mas sim o oposto: a arquitetura passou a assemelhar-se às próprias imagens geradas por computador.

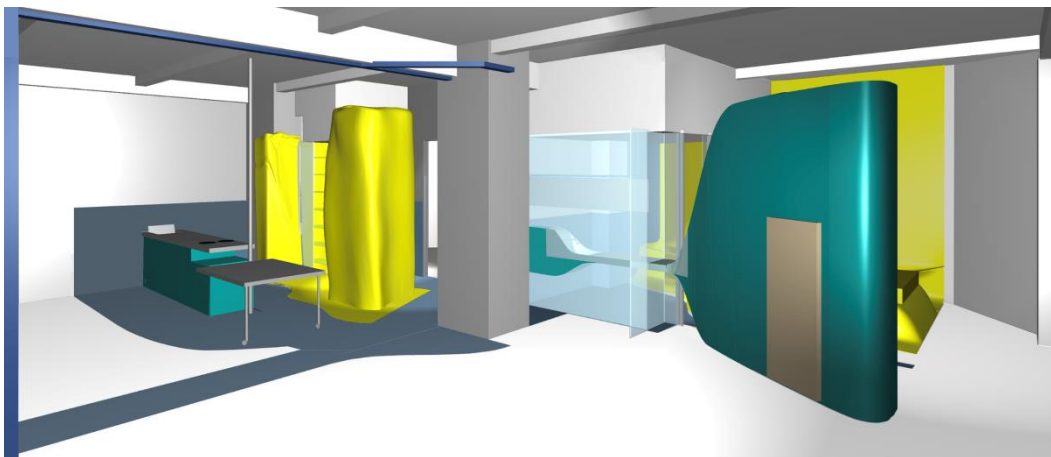


Figura 19. Visualização em imagem gerada por computador para O/K Apartment de Susan Kolatan e William Mac Donald, 1997.



Figura 20. Fotografia de O/K Apartment de Susan Kolatan e William Mac Donald, 1997.

2.5. Fotorrealismo

O significado de fotorrealismo pode ser compreendido de diversas maneiras. Num primeiro momento, podemos compreendê-lo através do mundo artístico e da pintura. Movimentos como o impressionismo, pós-impressionismo e surrealismo, surgidos entre séculos XIX e XX, provocaram uma nova geração de artistas que introduziu elementos de realismo em resposta à contínua abstração. Entre 1950 e 1970, surgia o movimento de pintura fotorrealista em que a fotografia passou a ser ferramenta protagonista (Meisel, 2013).

Os artistas fotorrealistas estudavam fotografias para reproduzi-las da forma mais realista possível, em pintura à óleo ou através de outras técnicas manuais. Por exemplo, Richard Estes foi um pintor norte-americano, considerado um dos expoentes do movimento fotorrealista que se destacou pela sua habilidade em reproduzir detalhes, reflexos e texturas com extrema precisão e fidelidade à realidade. A abordagem meticulosa de Richard Estes busca rigor tal como nossas visualizações fotorrealistas enquanto arquitetos (figura 21).

Concomitantemente, a possibilidade de se criar imagens fotorrealistas além do mundo artístico se passou no mundo da tecnologia. Impulsionado pela já mencionada evolução tecnológica e pela ambição de aprimorar a qualidade das imagens, o fotorrealismo tornou-se prática rápida e eficiente em diversas indústrias, inclusive em arquitetura, com imagens sendo criadas muito antes da construção dos edifícios, e em alguns casos, sem a sua materialização.

A indústria de jogos eletrônicos também tem se tornado cada vez mais relevante e influencia as técnicas e processos de fotorrealismo para visualizações de arquitetura. Tecnologias de realidade virtual que servem para a criação de jogos eletrônicos são usados em empréstimo para apresentar projetos de arquitetura em ambientes virtuais. Por exemplo, uma experiência em realidade virtual fotorrealista foi desenvolvida com o objetivo de proporcionar ao público um passeio virtual pela Ponte Danjiang, projetada por Zaha Hadid (figura 22), permitindo a visualização de uma série de perspectivas únicas e cenários de iluminação, enquanto os arquitetos apresentavam as principais características do projeto (Hovestadt, 2020).

Portanto, o significado de fotorrealismo tem bases artísticas e tecnológicas, a resultar em representações visuais que se assemelham à fotografia em diferentes plataformas, como imagem, filme ou realidade virtual. Essas representações são empregadas em várias indústrias para distintos propósitos. O fotorrealismo é prática abrangente e multidisciplinar, aplicável à objetos e espaços já existentes, ainda por serem construídos ou que servem apenas para a imaginação.

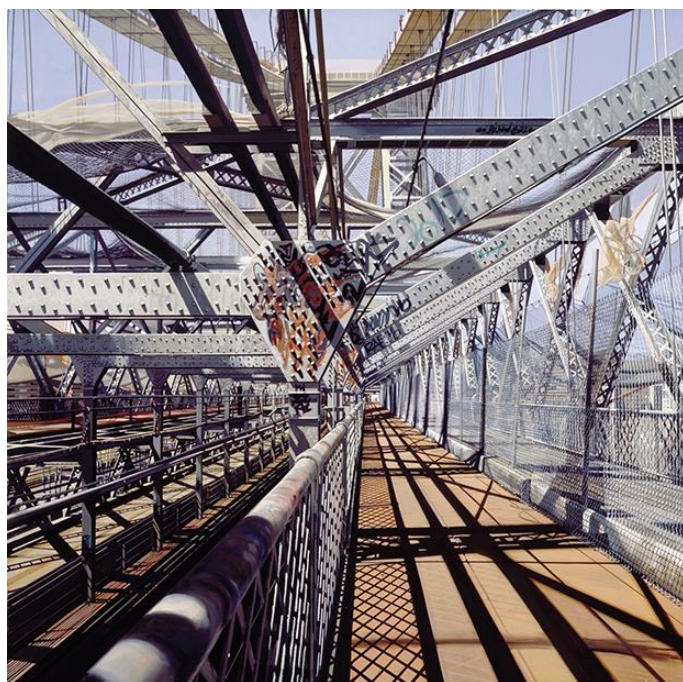


Figura 21. Pintura fotorrealista por Richard Estes, Williamsburge Bridge, 1995.

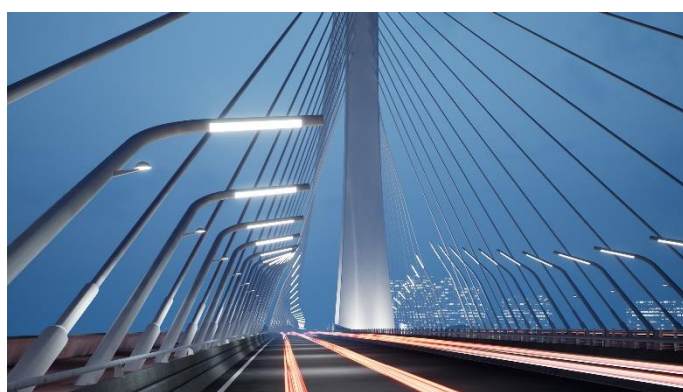


Figura 22. Experiência de realidade virtual criada pelo grupo Zaha Hadid, para o projeto da Ponte Danjiang, 2015.

2.5.1. Imagem fotorrealista como visualização do projeto de arquitetura

As representações fotorrealistas tem desempenhado um papel predominante na comunicação de projetos de arquitetura da prática contemporânea. O gabinete holandês Mecanoo exemplifica como gerar ilustrações convincentes e úteis ao comparar a imagem fotorrealista com a fotografia. No projeto Heungkuk Tower Namdaemun, em Seul, as imagens são repletas de informação e personagens humanos, de modo a retratar o ambiente que circunda o edifício (figura 23). A composição geral e a integração urbana do edifício revelam uma consonância entre a imagem fotorrealista e o registo fotográfico, que se reflete também na atmosfera e na paleta de cores (figura 24). A representação fotorrealista, de certo modo, possibilita representar o objeto antes mesmo da sua edificação, funcionando como um registo fotográfico antecipado.

Para o gabinete holandês de arquitetura MVRDV, o público contemporâneo é exigente e habituado ao padrão tecnológico oferecido por filmes de extrema qualidade gráfica e videojogos infantis com gráficos por vezes superiores aos *softwares* de arquitetura. Assim, as impressões abstratas são insuficientes para cativar clientes. As imagens fotorrealistas tornam-se não só uma necessidade, mas uma peça de contemplação e comunicação.

Na produção interna do escritório, estabelece-se um método quanto ao conteúdo das imagens fotorrealistas. A equipa resolve questões pertinentes nas imagens, como a decisão de quais efeitos tem a proposta no contexto envolvente, como seleccionar a perspectiva adequada para comunicar o projeto, como evidenciar o número de pisos se a fachada for opaca, qual luz do dia em que a sombra não escurece os detalhes relevantes, etc. Nesse sentido, a equipa de visualização mantém um contacto estreito com os arquitetos.

Em grande parte dos casos, as visualizações fotorrealistas são desenvolvidas quando o projeto já se encontra numa fase avançada e consolidada. Dessa forma, as imagens atuam como um meio eficiente de comunicação. No entanto, é inegável o papel persuasivo dessas representações junto aos tomadores de decisão e partes interessadas, exigindo que a equipa responsável pela visualização seja meticulosa em relação à veracidade das informações retratadas nas imagens. A importância de elaborar um conjunto de representações precisas e honestas deve ser levada em consideração, pois, caso as imagens discordem significativamente do projeto final, pode haver insatisfação e até mesmo um mal-estar por parte dos clientes, devido à percepção de engano. Assim, a equipa de visualização deve manter uma comunicação constante e eficaz com os arquitetos responsáveis pelo projeto, a fim de garantir a fidelidade das representações em relação ao projeto real (figura 25 e 26) (Davidson e Knikker, 2016).



Figura 23. Visualização fotorrealista para Namdaemun Tower, projeto por Mecanoo, 2014-2017.



Figura 24. Fotografia para Namdaemun Tower, projeto por Mecanoo, 2014-2017.



Figura 25. Visualização fotorrealista de Valley, projeto por MVRDV, 2022.



Figura 26. Fotografia de Valley, projeto por MVRDV, 2022.

3.
CRIAÇÃO DA IMAGEM FOTORREALISTA DE
ARQUITETURA

3.1. Introdução

Para explorar o processo de criação de imagens fotorrealista de arquitetura, o propósito primordial da dissertação é oferecer uma compreensão acessível, porém substancial, das etapas envolvidas nesse processo, a revelar as complexidades envolvidas na criação destas visualizações altamente realistas.

Dentro do contexto atual da prática profissional dos arquitetos, a construção de imagens fotorrealistas requer uma série de etapas interdependentes, em constante colaboração com a equipe de projeto e os arquitetos envolvidos. Este processo é dinâmico, caracterizado por um ciclo iterativo que tem como meta atingir a representação visual desejada. Para realizar este processo, é preciso compreender as finalidades subjacentes das imagens, que variam amplamente, desde competições de concursos de arquitetura até apresentações persuasivas de propostas aos clientes. Essas finalidades, por sua vez, moldam a estética e a linguagem visual das imagens geradas, adaptando-se aos contextos específicos.

Para explicar o processo da criação de imagens fotorrealistas, foi escolhido concentrar-se no estilo visual que procura replicar minuciosamente a qualidade fotográfica. Desta maneira, nos permitimos a focar nas técnicas e elementos essenciais para alcançar o nível de fotorrealismo que aplica-se para qualquer outra linguagem visual. Embora haja diversas abordagens válidas para criar imagens fotorrealistas, a pesquisa prioriza a exploração dos componentes básicos, relevantes para a prática da arquitetura. Ademais, não nos aprofundamos nas complexidades técnicas inerentes à ciência da computação gráfica ou replicamos os manuais de *software*, embora reconheçamos seu valor para aprimorar as técnicas de criação de imagens.

Ao fazer uma viagem em conjunto com o leitor e o processo de criação das imagens fotorrealistas, é fundamental examinar cada elemento que contribui para a formação do realismo visual. Como por exemplo, se faz necessário explicar o ambiente virtual no qual o processo digital acontece, bem como se faz os modelos tridimensionais que servem de base para posteriormente configurar os materiais. Além disso, explicar a manipulação da luz é indispensável, uma vez que molda a atmosfera e a percepção visual da cena resultante. Explicar o funcionamento da câmara, por sua vez, ajuda-nos a adotar estratégias que tornam os aspetos da imagem final semelhante à fotografia de arquitetura.

Para enriquecer o exercício prático desses conceitos, foi escolhido o projeto do Bairro da Bouça, um conjunto de edifícios de habitação do arquiteto Álvaro Siza Vieira, como objeto em que se faz as imagens sobre. A seleção de um projeto já edificado e de grande relevância permite comparar as imagens criadas com fotografias reais da construção, proporcionando uma análise comparativa valiosa em que confrontamos lado a lado, a imagem feita de maneira digital e a fotografia capturada.

Portanto, este exercício é muito semelhante do que seria na prática profissional criar imagens de um projeto ainda por edificar, uma vez que a criação de imagens fotorrealistas de arquitetura também exige a interpretação e junção de várias informações que servem de suporte, tal qual foi feito para o projeto do Bairro da Bouça. Como por exemplo informação do projeto, incluindo plantas, cortes, alçados, pormenores e outros desenhos relevantes; referências visuais e fotografias de arquitetura que possam servir como orientação de estilo ou linguagem visual; imagens e fotografias dos acabamentos e materiais utilizados que permitem uma reprodução fiel e detalhada informações sobre a localização do projeto e fotografias do local para sua reprodução rigorosa; e outras informações pertinentes ou orientações do cliente.

3.2. O ambiente virtual

A computação é definidora do ambiente virtual e por sua vez, meio de se criar uma imagem gerada por computador. O computador não apenas nos ajuda a criar nossos desenhos, mas nele está estabelecido a forma na qual desenhemos. Portanto, se quisermos aproveitar todo o seu potencial, devemos entender o *software* não como mera ferramenta, mas como um aumento das nossas capacidades já adquiridas. É importante, perante ao ambiente virtual, perceber que o desenvolvimento de qualquer atividade à serviço da arquitetura seja consciente, criteriosa e não automática. Assim, dominamos a máquina e não deixamos que sua interface nos sugestione a fazer de uma maneira pré-determinada.

Desta forma, tratamos o modelo tridimensional da mesma forma que um arquiteto trata seu projeto: a partir de decisão e articulação, a pensar seu propósito e sentido, de tal maneira que tratamos as imagens como uma espécie de projeto.

Na produção de uma imagem fotorrealista de arquitetura, tomamos decisões da mesma forma que um escultor: em edição ou subtração da geometria. Por isso que não há apenas um jogo interessante de geometria, mas a própria construção da arquitetura sob outros pretextos. Passamos pela própria construção de modo virtual e subimos paredes, desenhemos portas e janelas, modelamos elementos que se repetem.

As decisões de criação da imagem também se passam como um fotógrafo: em composição, luz e sensibilidade. O ambiente virtual permite fazer um percurso pelo objeto em um legítimo ensaio fotográfico, a ser aplicado os conhecimentos consensuais da disciplina de fotografia.

Se não tivermos esta postura criteriosa e interdisciplinar perante o ambiente virtual, nossa prática pode ser influenciada mesmo que de forma inconsciente. A armadilha é o automatismo de deixar nos levarmos pelas predefinições dos *softwares*. A má prática causa um grau de monotonia e falta de sensibilidade que pode se refletir na imagem. Pior que isto, pode resultar em perda de tempo, ineficiência e se correções precisarem serem feitas, extrema dificuldade de se voltar atrás ou modificá-las. Ademais, neste espaço virtual não há gravidade ou limites, e aberrações são perfeitamente possíveis. Por isto, tudo deve estar representado tal qual a realidade.

Portanto, mesmo que as imagens sejam feitas nos computadores, não são feitas por computadores. Como um arquiteto de espaços virtuais, é preciso diferenciar a máquina pode e não pode fazer, enquanto escolhemos criteriosamente quais ferramentas estão disponíveis para nós podermos usar, e perceber por que usar.

3.2.1. CGI, CAD e BIM: diferenças fundamentais

Para compreensão do ambiente virtual em que se instala a imagem fotorrealista, é importante uma definição do que é e o que não é a tecnologia do nosso ambiente virtual. *Computer-generated imagery*, imagem gerada por computador ou CGI, é uma disciplina da ciência da computação, muito exata que recorre à matemática, geometria e física em suas técnicas e metodologias. O CGI não deve ser confundido com CAD ou BIM, sistemas já muito familiar entre os arquitetos (figura 27).

O CAD é um método de produção digital de desenho rigoroso de arquitetura. É a representação dos espaços edificados referida como sistemas CAD – *computer-aided design*. São os desenhos tradicionais e bidimensionais de arquitetura (Lisboa, 1997). A evolução do sistema CAD resultou posteriormente no desenvolvimento do sistema BIM, um método em que a colaboração e gerenciamento, planejamento e coordenação de dados e informação de todas as fases de um projeto de arquitetura, desde sua concepção até construção é atrelada ao modelo 3D (Hovestadt, 2020). Muito embora o BIM seja fundamentalmente informação 3D, são sistemas muito diferentes e sua articulação de reaproveitamento entre importação e exportação de BIM para CGI é muito dispendiosa. Alguns *softwares* BIM até oferecem integrados um sistema de CGI que produz imagens a partir do modelo 3D, mas ainda hoje, é uma ferramenta muito primitiva e inadequada para criar imagens fotorrealistas.

Portanto, a diferença dos sistemas CAD e BIM para o CGI não só se destacam por sua finalidade, mas primordialmente por sua tecnologia base. As aplicações CAD e BIM automatizam a construção de geometria – linhas, superfícies ou sólidos - descritas por conjuntos de vectores num sistema *vector based*. CGI é uma tecnologia que dedica-se ao processamento de imagens gráficas baseado em *pixels* - num sistema *raster based* ou *bitmap-based graphics*. Geram imagens descritas por matrizes de pontos, ou de forma abreviada, *pixels*, como resultado, interesse e produto final. A lógica de *raster based* em *pixels* é extremamente relevante e vai impactar todo o processo de criação da imagem em todas suas etapas, e esta noção é determinante.

Portanto, as tecnologias de CAD, BIM e CGI tem seus respectivos *softwares* que servem para propósitos diferentes. Às vezes, é possível criar uma imagem ou desenho numa ferramenta de outro sistema. Contudo, para fins práticos, as tecnologias por serem destinadas à um propósito específico não são vantajosas nem eficiente em realizar uma função que não seja para a qual foi designada. Talvez num futuro próximo possa existir um sistema que integre todos os sistemas e os arquitetos possam utilizar uma só ferramenta.

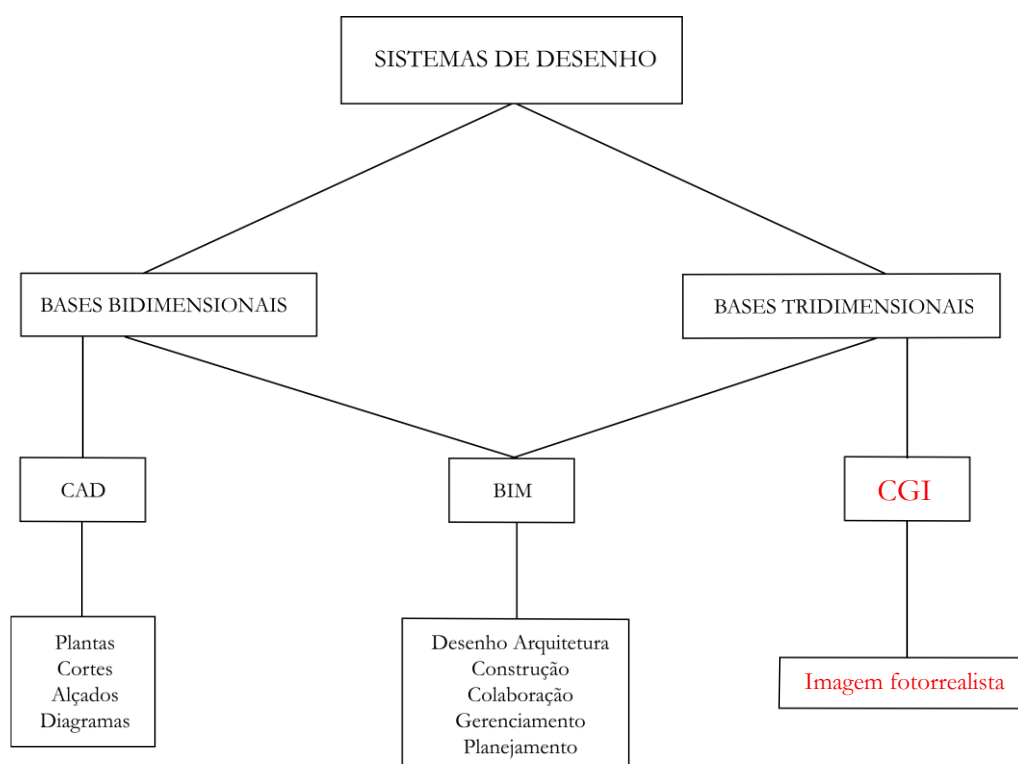


Figura 27. Diferenças fundamentais dos sistemas de desenho CAD, BIM e CGI (Schumacher, 2012).

3.2.2. Modelador, motor de render e editor como ferramentas complementares

Uma vez claro que o ambiente virtual se instala num sistema computacional de CGI, há diversas ferramentas ou *softwares* para o sistema CGI no qual articulamos e conjugamos (figura 28).

O modelador 3D é onde se encontra todas as informações do modelo, seus dados, inseridos num mundo tridimensional, determinados pelos eixos X, Y e Z. Neste modelador, podemos editar todas as propriedades do modelo, como escala, formato e formas. Os *softwares* de modelação mais comuns no mercado são Autodesk 3DS Max, Blender, Cinema 4D, Sketchup, Rhinoceros, etc. Muitos destes já familiares entre os arquitetos, nesta dissertação para o experimento prático é utilizado o Autodesk 3DS Max na versão 2021.

O motor de render é uma aplicação ou *plugin*, ligado ao modelador 3D, que captura e converte uma imagem em *raster*, a partir do modelo 3D em *vector*. Este processo é denominado de renderização, em que o produto resultante é o render ou o *rendering*. O trabalho do motor de render é converter o modelo numa série de *pixels* que serão exibidos numa *viewport*. O processo do motor de render “envolve diversas tarefas, executadas sucessivamente: a construção do modelo, definição de pontos de vista e iluminação, a atribuição de propriedades físicas e texturas a cada superfície, a determinação de arestas e superfícies visíveis, a atribuição de cor a cada pixel das superfícies visíveis, de acordo com as suas características e interação com a luz, a eventual combinação da imagem atual com outras previamente produzidas para por exemplos simular um cenário de fundo complexo. Este processo de extrair imagens a partir do modelo, seja de simular a interação entre luz e suas propriedades físicas das superfícies é o *rendering*” (Lisboa, 1997). No experimento desta dissertação foi usado o motor de render FstormRender na versão 1.4.3d.

O editor é simplesmente uma aplicação bidimensional para o que é habitualmente chamado de processo de pós-produção ou pós-processamento. Da mesma forma que a fotografia, esta parte pode ser mais ou menos importante que a produção da imagem. Com as ferramentas disponíveis hoje, de colagem e edição bidimensional, não há limites de como uma imagem pode ser editada transformada. Muitas vezes, a pós-produção pode ser considerada quase uma disciplina ou especialidade do artista visual, que consegue transformar uma imagem muito primitiva com informações toscas, numa imagem fotorrealista, complexa, convincente e rica de informações. Nesta dissertação foi usado o Adobe Photoshop 2021.

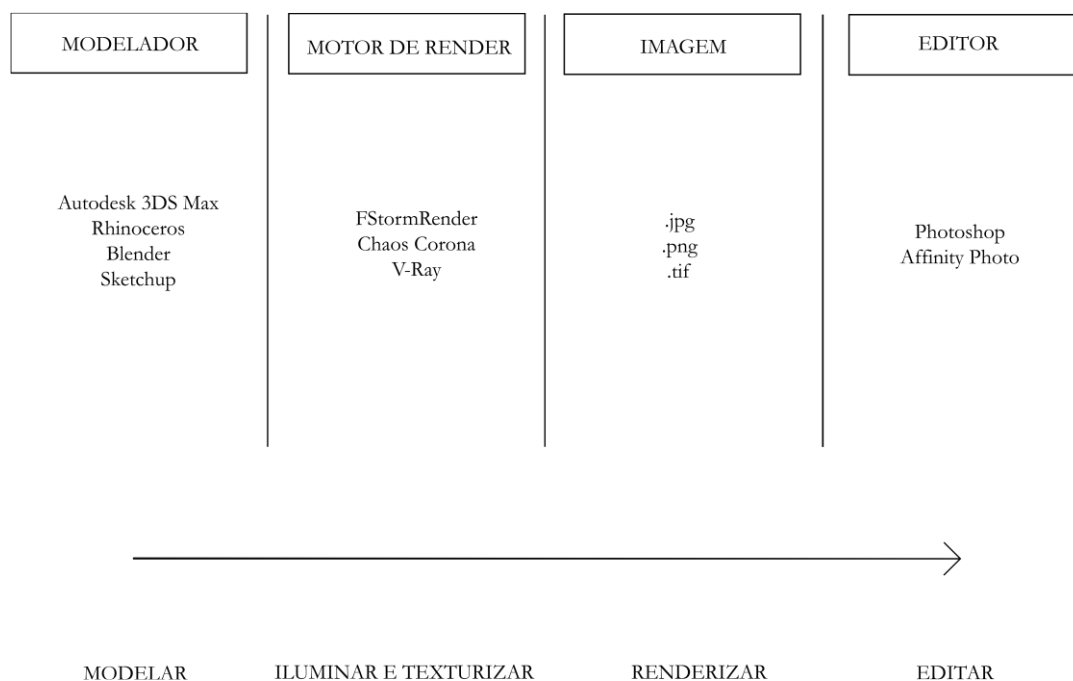


Figura 28. Ferramentas complementares e processo para criação de uma imagem gerada por computador de qualidade fotorrealista.

3.2.3. O espaço cartesiano no ambiente virtual

O ambiente virtual das ferramentas de modelação 3D é definido pela lógica do espaço cartesiano. Este tipo de espacialidade consiste em três eixos, X, Y e Z, que são dispostos ortogonalmente entre um e outro para encontrar o ponto comum zero, chamado de origem (figura 29). Desta forma, está criado o espaço tridimensional virtual. Qualquer ponto gerado neste sistema pode ser determinado exatamente por sua distância a partir da origem, por exemplo X: 1, Y:2, Z:10. As posições de cada objeto formam pontos, e suas partes constitutivas podem ser numericamente identificados e transformadas. Por exemplo, podemos transformar a posição de um objeto ao rotacioná-lo ao redor de seu eixo X, Y ou Z (figura 30) (Hovestadt, 2020).

Para navegar pelo ambiente virtual, usamos o rato do computador ou *trackpad* e possivelmente o teclado. A navegação 3D nos permite ver os objetos de diferentes ângulos, alturas e distâncias. O *orbit* 3D define um alvo da vista que permanece estático enquanto a localização da câmara ou ponto de vista se move ao redor deste alvo. O *zoom* simula o movimento de deixar o objeto mais próximo ou mais distante do ponto de vista. E o *pan* permite que arrastemos a vista horizontalmente ou verticalmente.

Na manipulação do mundo virtual, podemos visualizá-lo em vista perspectiva tridimensional ou alguma vista ortogonal, que é bidimensional. A possibilidade de uma das coordenadas permanecer constante permite visualizar de forma mais fácil e dinâmica o modelo tridimensional porque muitas vezes é mais fácil construir um objeto em vista ortográfica *top*, *left*, *right*, *front* ou *back* (figura 31). Uma vista no *software* é chamada de *viewport* e podemos ter mais de uma vista ativa ao mesmo tempo. A vista em perspectiva é uma representação aproximada, de uma imagem como ela é percebida por uma câmara.

Muito embora as ferramentas disponíveis do mercado possam ser diferentes entre si, todos estes conceitos valem para qualquer *software* modelador 3D. Essencialmente o mundo virtual funciona como uma grelha infinita, em que convém que as coordenadas dos objetos fiquem próximas do ponto zero do mundo. Tendo estes conceitos suficientemente compreendidos, é possível navegarmos pelo ambiente virtual e começar a criar nosso modelo em qualquer modelador.

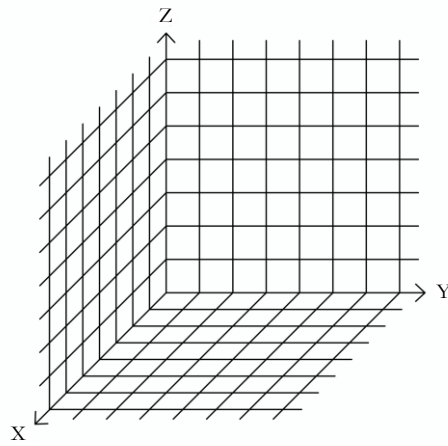


Figura 29. Sistema de coordenadas do espaço cartesiano.

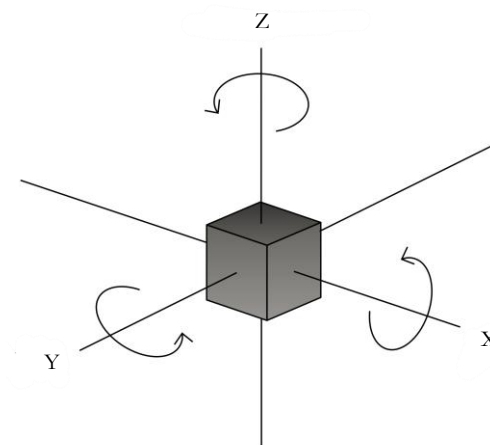


Figura 30. Rotação de um objeto ao redor do eixo X, Y ou Z.

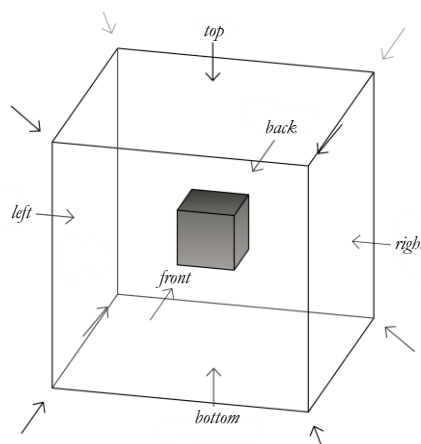


Figura 31. Vistas ortográficas.

3.3. Modelo

Um modelo, ou frequentemente chamado de modelo 3D, constitui uma representação digital tridimensional de uma estrutura ou espaço arquitetônico. Esse modelo é gerado através da conexão de arestas, vértices e faces num sistema de coordenadas cartesiano, originando uma estrutura geométrica que reflete a forma e as dimensões do objeto ou espaço em questão. Para construir um modelo tridimensional, é fundamental considerar que sua criação não se faz num plano bidimensional, mas sim com base nos três eixos do sistema de coordenadas X, Y e Z (figura 32).

A abordagem mais frequente para criar um modelo 3D envolve a disposição dos tradicionais desenhos bidimensionais de arquitetura, de modo a cruzar informações entre plantas, cortes e alçados, em torno do objeto a ser modelado (figura 33). Esta técnica foi utilizada na elaboração das imagens presentes nesta dissertação, na qual se recuperaram os desenhos bidimensionais do projeto e se construiu o modelo 3D a partir deles.

Neste processo, é essencial que a construção do modelo, que serve de base para as imagens fotorrealistas de arquitetura, seja precisa e rigorosa. É o modelo que vai receber posteriormente as informações de materiais e luz. Após estas etapas, temos acesso à uma variedade de perspectivas da geometria para que assim posicionemos as câmaras como um ensaio fotográfico virtual.

Portanto, podemos estabelecer uma analogia entre a criação de um modelo 3D como a oportunidade de construir efetivamente o objeto duas vezes: inicialmente como um modelo digital tridimensional e, posteriormente, no local, em sua forma física real.

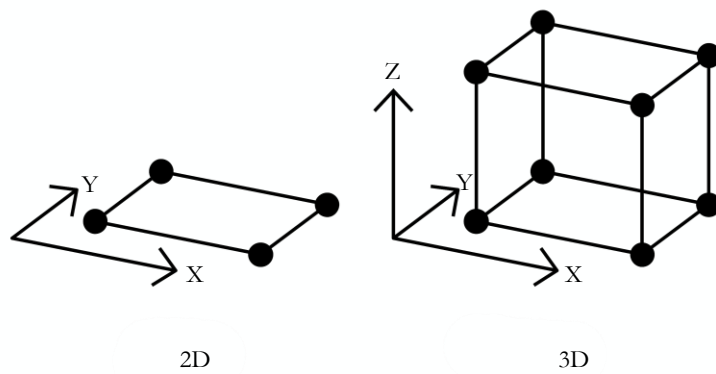


Figura 32. Diferença entre a informação bidimensional e tridimensional.

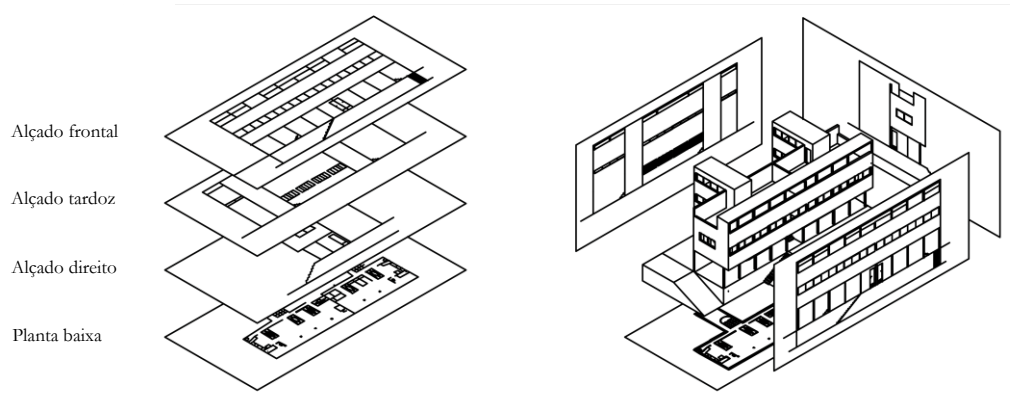


Figura 33. Técnica de tradução de desenhos bidimensionais para o modelo tridimensional.

3.3.1. Criação e transformação de modelos

Nos modeladores 3D, um sólido é uma geometria que tem uma massa e é fechada em si mesma, que contém vértices, arestas e faces (figura 34). Diferentes abordagens podem resultar no mesmo resultado. Por exemplo, podemos criar um cubo utilizando seis faces ou simplesmente selecionar um cubo pré-definido disponibilizado pelo modelador. Os modelos são concebidos a partir de sólidos primitivos, que são formas construídas utilizando métodos matemáticos predefinidos. Esses métodos permitem a criação automática de cubos, esferas, cilindros, prismas, pirâmides, cones e diversas outras formas. Dessa forma, não é necessário criá-las partir do zero, sendo possível ajustar facilmente suas dimensões e proporções. Após a criação dos modelos, é possível realizar transformações para obter uma geometria completamente única que atenda às necessidades do projeto em questão.

Os modelos tridimensionais possuem vértices, arestas e faces que podem ser precisamente posicionados e ter seus parâmetros (comprimento, altura, largura, raio) transformados. Isso permite moldar e transformar a geometria existente em uma outra forma (figura 35). Cada aresta, vértice ou face é um parâmetro que pode ser ajustado em relação às suas coordenadas no ambiente virtual. Por exemplo, ao criar um cubo, é possível selecionar uma face e estendê-la para formar um bloco retangular, como uma parede. Além disso, é possível dividir ou mesclar essas peças, gerando inúmeras combinações de geometrias até a criação do modelo completo.

As ferramentas de deformação ou modificação permitem manipular o modelo com base em princípios matemáticos. Para isso, aplicamos um modificador que altera diretamente a forma do modelo original. Existem várias operações disponíveis, desde as mais simples até as mais complexas, como torcer, afunilar, dobrar e desviar (figura 36). É possível combinar a transformação dos parâmetros dos vértices, arestas e faces com as deformações baseadas em princípios matemáticos, criando geometrias cada vez mais complexas.

Portanto, existem inúmeros modificadores disponíveis, que podem variar de acordo com o modelador 3D e as práticas de cada usuário. Diferentes abordagens podem ser utilizadas para alcançar o mesmo resultado. As imagens do Bairro da Bouça apresentadas nesta dissertação foram, em grande parte, criadas a partir da manipulação de cubos e suas transformações, como exemplificado pela criação das escadas (figura 37).

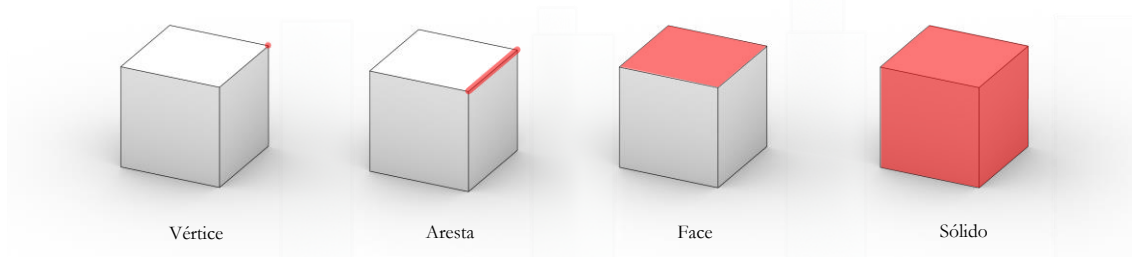


Figura 34. Composição de um modelo no modelador 3D.

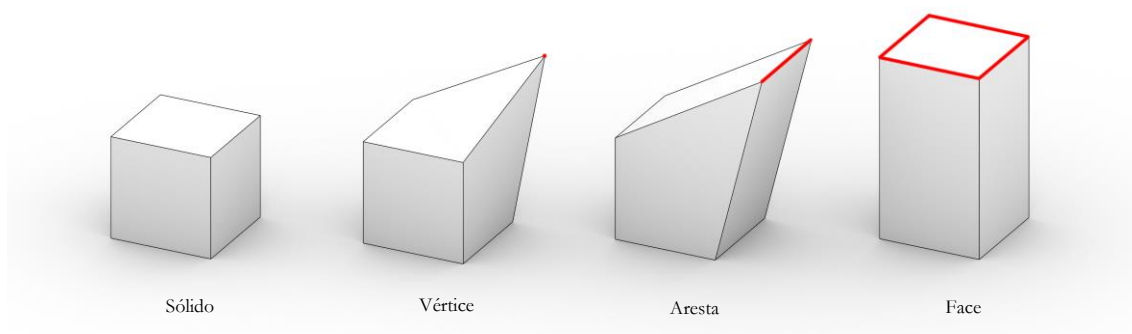


Figura 35. Transformação de um modelo ao mover um vértice, aresta ou face.

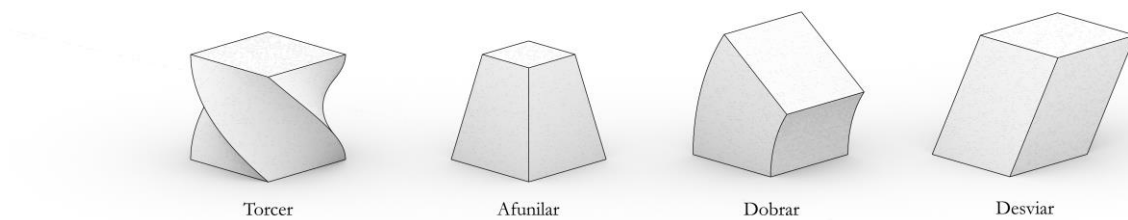


Figura 36. Exemplos de modificadores de geometria sobre um modelo.

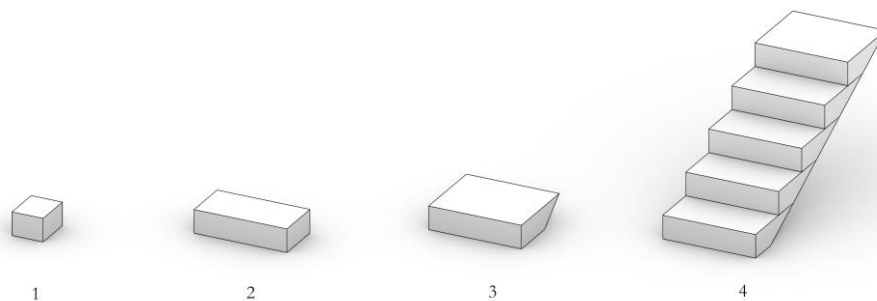


Figura 37. Processo de criação de uma escada a partir de um cubo.

3.4. Luz

Há conceitos muito básicos e úteis que servem à criação de uma imagem fotorrealista, como os entendimentos da física da luz, a maneira que os materiais interagem com a luz e como a capturamos, seja numa câmara virtual ou no olho humano (Hughes, 2013).

A luz é um fenômeno observado pela física que está enquadrado no espectro de ondas eletromagnéticas e é energia em forma de radiação. Dentro deste espectro eletromagnético, temos um pequeno fragmento ou intervalo que nossos olhos podem ver. Quando esta radiação chega aos nossos olhos, ela estimula nossos nervos óticos e interpreta imagens em nosso cérebro, por isso são as luzes visíveis. Como são ondas, podem ter diferentes frequências, e em função da frequência destas ondas nosso olho percebe esta luz de determinada cor. Nas menores frequências, as ondas são percebidas por nossos olhos como tons mais roxos e azuis, e quanto maior a frequência, mais vermelhos, amarelos e quentes. Este conceito de ondas eletromagnéticas vai nos ajudar a compreender muitos conceitos de temperatura de cor e como a luz se comporta ao ser capturada de uma câmara, seja no mundo virtual ou no mundo real, e por consequência contribui inevitavelmente para a criação de uma imagem fotorrealista (Dinur, 2022).

Na retina do olho humano, temos várias células sensíveis à luz. Há dois tipos de sensores, ou células fotossensíveis: cones e bastões. Os bastões são os responsáveis pela percepção de luminosidade e os cones são sensíveis a cor. Por termos muito mais bastões que cones, somos muito mais sensíveis às mudanças de intensidade de luz que as mudanças de cores. Isso é importante para criar imagens, porque vamos ter de dar muita mais atenção aos valores de intensidade de luz que à cor. Podemos cometer alguns erros nas reproduções de cor, e a imagem pode parecer igualmente fotorrealista. Inclusive, podemos produzir uma imagem a preto e branco com qualidade fotorrealista.

Quanto à percepção de cores, temos três tipos de cones na retina que são sensíveis às frequências de ondas. Os cones de cor azul são sensíveis a estas frequências de ondas azuladas, os verdes às frequências esverdeadas e os vermelhos às frequências avermelhadas. O mais interessante disto é que temos uma percepção tricromática, como o sistema *red green blue*, ou RGB. Curiosamente, os *softwares* que usamos se baseiam no sistema RGB, método base para aplicações *raster*, motores de render e *softwares*. Estes sistemas digitais não são determinados por um acaso, seguem uma lógica da realidade da física ótica e da biologia nosso corpo humano (Dinur, 2022).

3.4.1. A propagação retilínea da luz

A propriedade física primordial da luz é sua propagação retilínea. É um fenómeno que se cumpre sempre e os motores de render podem reproduzir facilmente. Nesta propriedade, temos sempre uma fonte de luz e um objeto que por sua vez projeta a sombra e a penumbra sobre uma superfície (figura 38).

Se tivermos uma luz maior em relação ao objeto, temos apenas uma penumbra e nenhuma sombra projetada. Se temos uma luz muito menor em relação ao objeto, vamos ter uma sombra muito demarcada e dura, com uma degradação muito pequena (figura 39).

Na iluminação do ambiente virtual, sempre devemos ter em conta a distância relativa entre a fonte de luz, o objeto e a superfície em que será projetada a sombra. Se o objeto está muito próximo da superfície, em relação à luz, a fonte de luz torna-se relativamente menor e, portanto, projeta sombras mais duras. Dado o mesmo objeto numa posição mais distante da superfície e mais próxima a fonte de luz, são projetadas sombras cada vez mais suaves.

Um exemplo claro que temos da propagação retilínea da luz é o sol. O sol é uma fonte de uma luz gigantesca, mas está tão distante de nós que na prática, é como um minúsculo ponto de luz e projeta sombras muito duras. Num dia ensolarado vemos com muita clareza a silhueta de nosso corpo projetada no chão, enquanto a luz difusa de um dia nublado torna a sombra de nosso corpo mais suave.

Estes efeitos podem ser de nosso interesse porque a maior dureza ou suavidade na sombra se traduz em um efeito estético e narrativo. As sombras duras ressaltam detalhes e nos ajudam a salientar os pequenos relevos de uma textura ou granulação de uma parede de betão, por exemplo. Enquanto se usarmos uma luz muito grande estes detalhes serão completamente ignorados, e vamos perceber as superfícies como uma aparência muito homogénea.

Em arquiteturas em que se privilegia formas mais puras, com ângulos retos por exemplo, convém o uso de sombras mais duras para evidenciar sua geometria. Se nosso objeto for um edifício com formas mais curvas e orgânicas, podemos usar sombras mais suaves, para compreender e dar volume e suavidade e redondeza a este edifício, de forma que a luz e a sombra vão nos ajudar a compreender a geometria da arquitetura. Portanto, é uma propriedade física que nosso motor de render se encarregar de calcular, mas somos nós que decidimos de que maneira iluminamos nosso modelo.

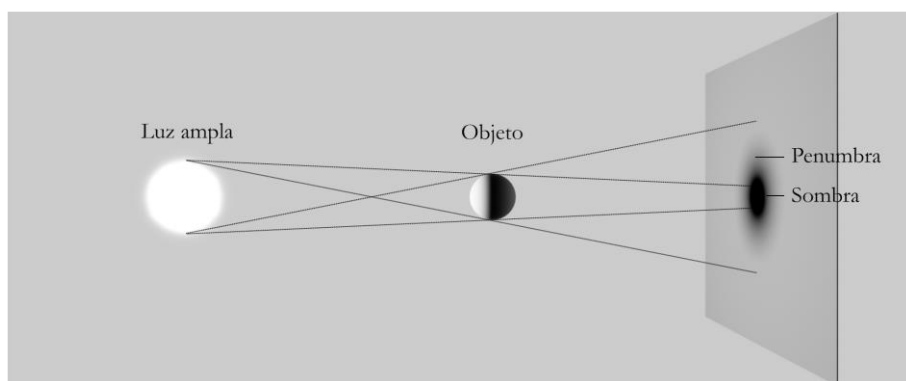


Figura 38. Elementos para compreensão da propagação retilínea da luz.

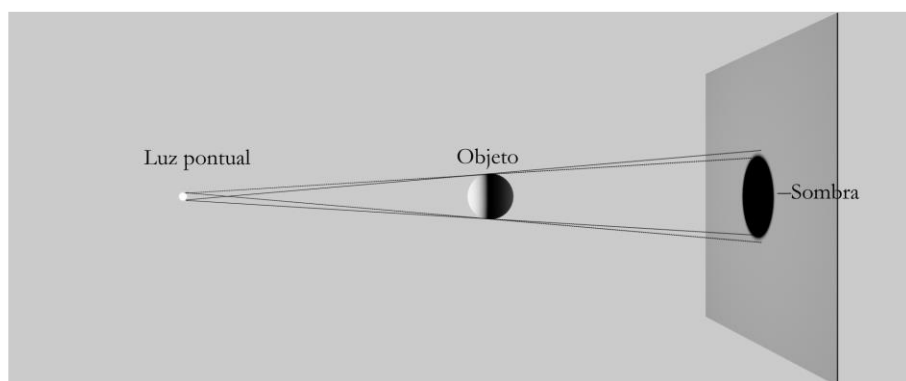


Figura 39. Se a luz for muito menor em relação ao objeto, haverá apenas sombra e quase nenhuma penumbra.

3.4.2. Lei do quadrado inverso da distância

Para simular o comportamento da luz real no ambiente virtual capturado por um *rendering*, é fundamental compreender a lei do quadrado inverso da distância. Esta lei descreve a propagação ou atenuação de uma fonte de luz e é essencial ao utilizarmos luzes que interagem com a arquitetura, especialmente as luzes artificiais de ambientes internos.

Intuitivamente, poderíamos pensar que, se tivéssemos uma luz pontual a uma distância X e medíssemos esta quantidade de luz, obteríamos o valor $1X$. Ao dobrar a distância, imaginariamos que a quantidade de luz seria reduzida à metade, ou seja, $X/2$. No entanto, a luz não se atenua de forma linear e se extingue rapidamente. Quanto mais distante a superfície a ser iluminada, menor será a intensidade de iluminação. A lei do quadrado inverso da distância estabelece que, ao dobrar a distância, apenas um quarto da luz iluminará a superfície. Ao triplicar a distância, teremos um nono da luz. A luz se extingue rapidamente, portanto, próximo à fonte de luz, observamos alto contraste, e à medida que nos distanciamos, o gradiente de luz torna-se mais suave (figura 43) (Dinur, 2022).

Ao inserir luzes artificiais próximas a uma parede, devemos estar atentos à intensidade da iluminação, pois as luzes artificiais iluminam objetos próximos com muita força e geram grande contraste, enquanto objetos mais distantes são iluminados de forma mais uniforme e com menor contraste. Além disto, convém equacionar a intensidade de luzes artificiais em relação à luz natural. Evidentemente durante o dia, uma luz artificial nunca será tão forte quanto a luz do sol. Para simularmos a noite no nosso ambiente virtual, podemos inserir uma iluminação natural lusco-fusco para não obter contrastes muito intensos e fazer com que luzes artificiais tenham uma presença equilibrada, de modo que podemos ter uma leitura clara do espaço (figura 44).

Portanto, é importante compreender a lei do quadrado inverso da distância para controlar a intensidade e o posicionamento das luzes e atribuir valores reais, caso contrário, a informação da potência luminosa aparentará ser falsa.

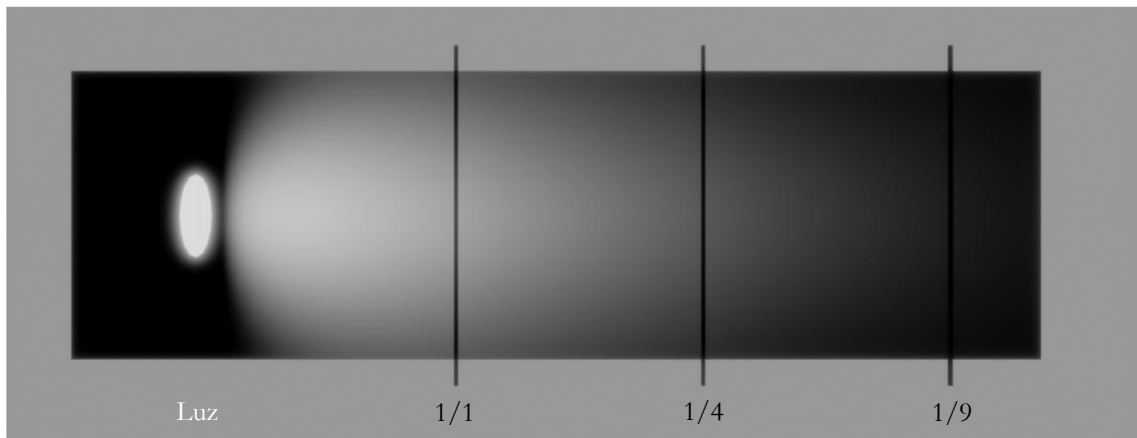


Figura 43. Diagrama da lei do quadrado inverso da distância.



Figura 44. A lei do quadrado inverso da distância afeta sobretudo superfícies muito próximas das luzes artificiais.

3.4.3. Luzes artificiais e temperatura de cor

Atualmente, é possível fabricar inúmeros tipos de fontes de luzes artificiais. Diferentes candeeiros podem produzir uma vasta gama de intensidades e cores. As luzes artificiais são utilizadas para diferentes propósitos, como em estúdios fotográficos, televisivos, cinematográficos e na arquitetura de interiores. Portanto, para reproduzir os efeitos das luzes artificiais em *softwares* 3D, é necessário ter um conhecimento básico dessas luzes, o que é comum para muitos arquitetos que trabalham com projetos de iluminação. Os motores de render são capazes de reproduzir com precisão toda a diversidade de fontes de luzes artificiais.

A cor emitida pela luz artificial é medida em temperatura, utilizando unidades de Kelvin (figura 45). Cores mais saturadas e alaranjadas estão em torno de 1700K. Uma luz doméstica comum pode variar de 2400K para lâmpadas incandescentes até 6000K para lâmpadas fluorescentes. Um valor mais alto em Kelvin não significa que a luz emitirá mais calor. Por exemplo, lâmpadas fluorescentes produzem muito menos calor que as incandescentes, mesmo possuindo um valor maior em Kelvin (Dinur, 2022).

O parâmetro de temperatura de cor de luz artificial pode ser fielmente reproduzido nos motores de renderes. É importante que as luzes artificiais sejam representadas de forma o mais precisa possível em relação à realidade, evitando cores arbitrárias. Portanto, não só a intensidade das luzes deve ser tomadas em consideração para criar as imagens fotorrealista, mas também a reprodução da variabilidade de luzes artificiais que podem existir tal qual a realidade. Por exemplo, o interior de diferentes de espaços são muito provavelmente iluminados em diferentes temperaturas de cores (figura 46).

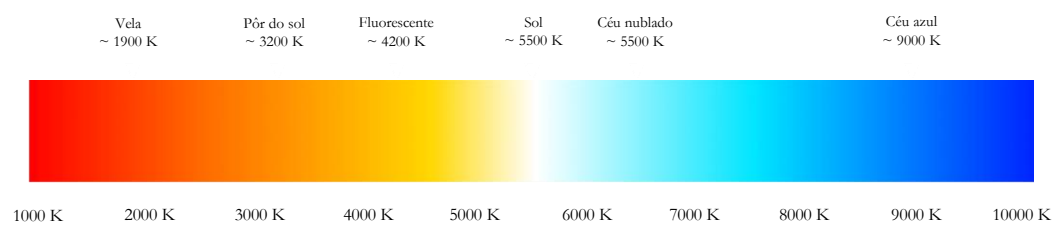


Figura 45. Temperatura de cor de luzes artificiais na escala Kelvin.

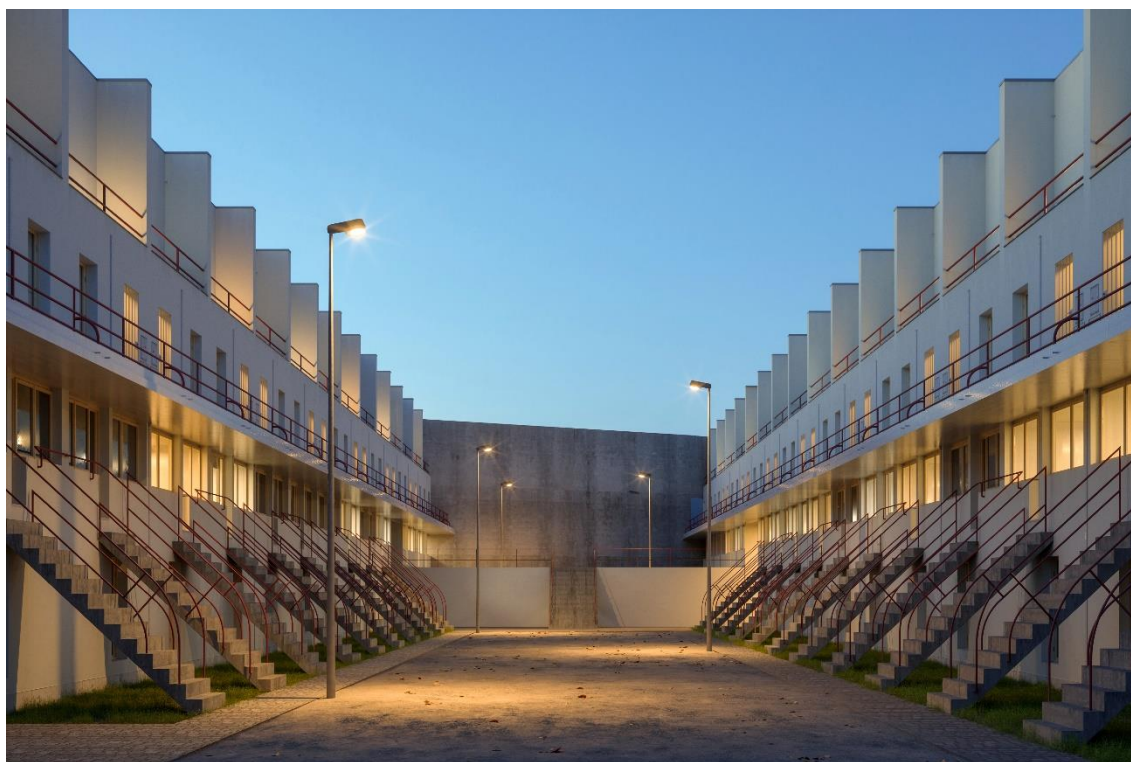


Figura 46. O ajuste da temperatura de cor de luzes artificiais traz fidelidade à aparência das fontes luminosas.

3.4.4. Simulação de condições atmosféricas e iluminação natural

Ao criar a iluminação natural de uma imagem fotorrealista, se faz preciso compreender o funcionamento das condições atmosféricas e das mudanças na iluminação natural ao longo do dia. Já Alberti afirmava o modo como as condições atmosféricas alteram nossa percepção visual dos objetos ao vermos por exemplo a vegetação no horizonte, “vemos as folhas verdes perderem gradativamente a sua cor até se tornarem pálidas. O mesmo ocorre no ar, onde, no horizonte, muitas vezes existe um vapor esbranquiçado que pouco a pouco vai-se degradando” (Alberti, 1999).

Embora a luz solar possa emitir todas as frequências de ondas eletromagnéticas, sua propagação é afetada pela atmosfera, o que acarreta na alteração das cores que percebemos. Em Marte, por exemplo, o pôr do sol apresenta tons azulados devido às partículas de pó na atmosfera (NASA, 2022). A iluminação do sol interage com a atmosfera e provoca diferentes efeitos em diferentes horários do dia, como um céu mais azul mais intenso e uma luz mais branca num dia limpo (figura 47) ou mais amarelado e uma luz mais quente no pôr do sol (figura 48).

Esta configuração precisa de condições atmosféricas e iluminação natural é relevante para a simulação da arquitetura tal qual seria naquele sítio em que é construído, em determinado horário do dia, ou para se alcançar algum efeito estético ou narrativo. Por exemplo, imagens ao entardecer e à noite (figura 49) podem ser mais dramáticas e dinâmicas, enquanto em dias limpos e nublados podem alcançar uma impressão de neutralidade que trazem menos hierarquia e mais equilíbrio para a imagem como um todo (figura 50).

É possível simular diferentes horas do dia através de sistemas de sol e céu automáticos do motor de render ou técnicas mais complexas, como o HDRI (*high dynamic range image*). O HDRI é uma técnica de iluminação baseada em imagens capturadas em várias exposições em 360 graus. Esta técnica é amplamente utilizada em *softwares* de renderização para criar imagens fotorrealistas que reproduzem a iluminação natural em diferentes momentos do dia.

Na simulação de condições atmosféricas, é possível utilizar técnicas como o parâmetro *scattering* para simular a neblina, que é a interação com partículas espalhadas por líquidos ou volumes gasosos. Para imagens com muita informação ao horizonte distante, é muito útil para trazer atmosfera mais ou menos densas. Tal qual a realidade, objetos mais próximos são mais nítidos e quanto mais distante, mais enevoada é a visibilidade (figura 51, 52, 53 e 54).



Figura 47. Dia.



Figura 51. Neblina 0.



Figura 48. Entardecer.



Figura 52. Neblina +1.



Figura 49. Noite.



Figura 53. Neblina +2.



Figura 50. Nublado.



Figura 54. Neblina +3.

3.5. Materiais

No ambiente virtual, os materiais correspondem às representações digitais dos elementos que encontramos no mundo real, como o betão, a madeira, o vidro e os metais. Para que estes materiais se pareçam reais, se faz preciso replicar seus efeitos obedecendo as leis da física, sobretudo em relação à interação com a luz. Neste sentido, os algoritmos dos motores de renderes dispõem de uma série de parâmetros que possibilitam a recriação do comportamento dos materiais com a luz. Para isto, estes materiais devem seguir um método de computação gráfica conhecido por *physically based rendering* ou PBR.

O PBR assegura a criação de materiais fotorrealista que funcionarão sob qualquer condição de iluminação. Caso contrário, poderíamos criar materiais com reflexos excessivos ou insuficientes, demasiado claros ou escuros, que causariam anomalias e estranheza sob diferentes iluminações. A utilização de materiais fisicamente corretos evita estes problemas, assegurando que operem de forma adequada, uma vez que a sua base é tal qual a realidade.

Tal como explicado anteriormente, o funcionamento do sistema CGI assenta no método *raster*. Por conseguinte, os materiais podem possuir atributos designados de mapas ou *bitmaps*. Um mapa é uma imagem que cria o material, constituído por uma matriz de colunas e linhas, similar à janela de Alberti. Cada ponto nesta matriz é um *pixel*, com atributos como cor, brilho e intensidade, calculados por meio do sistema RGB (Lisboa, 1997). No motor de render, o material é composto por diversos mapas: de reflexão, rugosidade, polidez e outras características que contribuem para a sua complexidade.

Adicionalmente, os materiais podem conter mapas denominados de procedurais, que são mapas geradas por algoritmos, em vez de serem baseados em imagens *bitmaps*. Estes mapas são normalmente usados em computação gráfica para criar complexidade visual e por serem criados através de algoritmos, são infinitamente escaláveis sem perda de detalhe ou resolução, ao contrário das texturas baseadas em imagens que tem suas resoluções limitadas.

Portanto, para compreensão e ilustração do comportamento dos materiais, fazemos o exercício de copiar uma fotografia para tentar reproduzi-la no ambiente virtual. Este exercício, que visa alcançar o resultado mais fotorrealista possível, é aplicado na presente dissertação.

3.5.1. Reflexão, absorção e refração

A luz interage sempre com os materiais, seja no fenômeno de reflexão, absorção ou refração. “Os raios interceptados ou retornam ao lugar onde vieram ou se dirigem para outro lugar. Vemo-los dirigirem-se para outro lugar quando, tocando a superfície da água, ferem as vigas das casas. (...) Basta dizer que esses raios de reflexos levam consigo a qual cor que encontram na superfície. Note-se que quem passeia ao sol pelos prados tem na face a aparência esverdeada” (Alberti, 1999). Alberti tem razão a constatar que a luz sempre se reflete. Qualquer superfície que não emite luz é apenas visível porque reflete luz. Para arquitetura, isto é útil para compreender como funcionam os materiais, mas também nos serve para saber como iluminar com fontes de luzes indiretas, como no exemplo de Alberti, em que um interior em que há muito verde no exterior, a luz refletida para o interior será esverdeada.

Por outro lado, a luz nunca se reflete completamente. Sempre alguma parte se transmite para superfícies e é absorvida pelos materiais. Quanto mais escuro é o material, menos luz se reflete. Por isso que em dias de sol muito quente, superfícies a preto absorvem o calor dos raios de sol, e esquentam em forma de energia da radiação, enquanto as brancas refletem as ondas eletromagnéticas.

A luz emite ondas em todas as cores do espectro eletromagnético, mas algum espectro é absorvido, e outros são refletidos. Portanto a cor que vemos dos objetos são os raios que não foram absorvidos e foram refletidos, sendo que a luz tem comportamento ora de absorção ora de reflexão. Se a luz atravessa o volume e sai por outro lado, como líquidos puros e vidros, ocorre a refração da luz (figura 55).

Já os reflexos podem se comportar de maneiras ainda mais específicas. O ângulo que incide a fonte de luz, é exatamente o mesmo que ângulo em que se reflete ou se rebate a luz, e geralmente este fenômeno se denomina por reflexão especular. Mas se essa superfície contém irregularidades, causa a luz a refletir em direções arbitrárias no fenômeno de reflexão difusa.

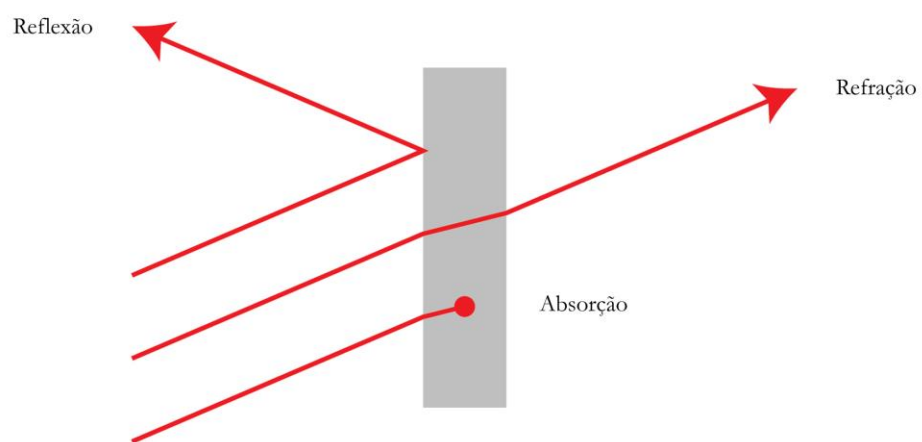


Figura 55. Possíveis comportamentos da luz numa superfície de um material.

3.5.2. Polidez e intensidade de reflexo

No motor de render podemos configurar uma propriedade conhecida como polidez, também comumente referida como *glossiness*. Esta característica é responsável por estabelecer a maneira que um material interage com a luz, especificamente na sua capacidade de refletir a luz de maneira uniforme e contínua.

A polidez é uma atribuição física que determina a estética e a percepção de um material em que a reflexão especular é mais evidente que a reflexão difusa. Quando um material possui alta polidez, a superfície apresenta-se mais lisa, quase como um espelho, refletindo a luz de forma uniforme e contínua, o que confere um aspeto de brilho.

Por outro lado, quando a polidez é baixa, o material denota uma aparência rugosa e irregular, sendo menos evidente a reflexão especular e mais proeminente a reflexão difusa. Esta aspereza na superfície do material provoca uma dispersão da luz refletida, impedindo a formação de um reflexo contínuo. Esta irregularidade é caracterizada por uma infinidade de saliências e reentrâncias que interrompem a continuidade da reflexão da luz. Quanto à criação de materiais de arquitetura efetivamente, a polidez é fundamental para representar com precisão diferentes tipos de pavimentos de madeira, por exemplo (figura 56 e 58).

No entanto, os termos e a interpretação destas características podem variar consoante o motor de render utilizado. O parâmetro de polidez é por ser determinado por *glossiness* ou por *roughness*, que na prática, são diferentes nomenclaturas para representar o mesmo fenómeno.

Além do ajuste de parâmetro de polidez, podemos combinar também com a intensidade de reflexo, em que podemos deixar mais ou menos evidente este efeito. É útil por exemplo para criar materiais que são muito polidos, mas que não chamem tanta atenção na imagem com uma grande intensidade de luz refletida (figura 57 e 59).



Figura 56. Polidez = 0,6. Intensidade de reflexo = 1.



Figura 57. Polidez = 0,6. Intensidade de reflexo = 0,3.



Figura 58. Polidez = 1. Intensidade de reflexo = 1.

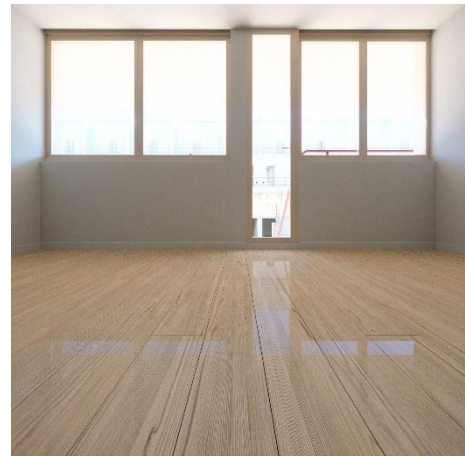


Figura 59. Polidez = 1. Intensidade = 0,3.

3.5.3. Bump, displacement e normal

Alguns materiais sem nenhuma informação de relevo ou rugosidade podem ter o realismo de sua aparência comprometido, como por exemplo um pavimento de pedra (figura 60). O *bump* é um mapa de atributo aos materiais que representa rugosidade e relevo (figura 61). Ao reagir com a luz, sombras são projetadas no próprio material como se efetivamente houvesse um relevo na geometria da sua superfície. Contudo, a geometria verdadeira do modelo continua inalterada. É muito importante que exista o *bump* para quase todos os materiais, como por exemplo os veios profundos da madeira, os vincos entre azulejos, a porosidade do betão, ou as juntas de uma parede de tijolo. Num pavimento de pedra, o *bump* consegue representar bem as minúsculas granulações da aspereza da pedra (figura 62).

O *displacement* funciona visualmente de forma muito semelhante para representar rugosidade e relevos. Contudo, não é uma ilusão, efetivamente o motor de render junto ao modelador altera a geometria daquelas superfícies, e produz sombras não apenas no próprio material, mas também sobre outros materiais e objetos. É mais utilizado em casos específicos em que as diferenças de relevo entre o ponto mais baixo e o mais alto seja muito perceptível. As paredes de pedra muito rústicas e antigas tem uma diferença tão notável entre o ponto mais profundo e o mais superficial, que convém haver um *displacement* como atributo para se criar o material. Este mapa funciona em preto e branco, em que o branco são as superfícies mais altas e os pretos as mais profundas (figura 63). É nítido como o *displacement* altera as projeções das sombras no próprio material (figura 64).

O *normal* também segue o propósito do *displacement* e do *bump*. Contudo, funciona a criar uma ilusão através de um mapa RGB (figura 65), em que a profundidade não funciona apenas em dois eixos, mas em três eixos. É importante representar este efeito por exemplo em madeiras muito rústicas que fazem reentrâncias de dentro para as laterais, e não só para o ponto mais profundo e mais superficial. É fundamental para obter um realismo em que é preciso mostrar muitos detalhes, e as sombras funcionam como uma espécie de projeção sobre o próprio material em si (figura 66).

A depender do motor de render, podemos utilizar os três tipos de mapas para criar um único material. Cada mapa vai trazer um nível a mais de pormenor, e no fim, criamos um material com todas suas nuances e complexidades (figura 67).



Figura 60. Material sem relevo ou rugosidade.

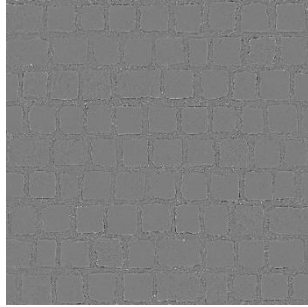


Figura 61. Mapa de *bump*.



Figura 62. Material com *bump*.

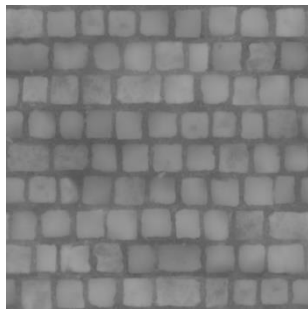


Figura 63. Mapa de *displacement*.



Figura 64. Material com *displacement*.

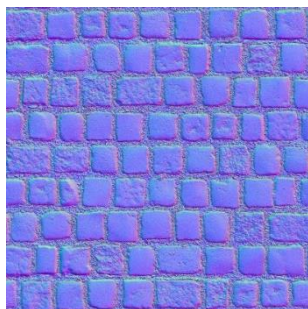


Figura 65. Mapa de *normal*.



Figura 66. Material com *normal*.



Figura 67. Material com *bump + displacement + normal*.

3.5.4. Composição de contexto através de inserção de peças bidimensionais

Durante a etapa de criação do modelo do projeto, a tarefa vai além da modelação do próprio edifício, abrangendo também seu contexto e entorno imediato. De maneira análoga à captura fotográfica em arquitetura, não apenas os pormenores do objeto principal em análise estão em foco, mas também os vizinhos. Dessa forma, a composição de um contexto adequado se desenvolve em torno do projeto em questão. Contudo, é fundamental considerar a necessidade de modelar todos os elementos ou optar por estratégias alternativas para a composição das imagens. Uma abordagem consiste em incorporar em nossas cenas tridimensionais um plano de fundo bidimensional. Outra alternativa envolve a inserção, durante a pós-produção, de um plano de fundo artificial, como uma fotomontagem.

A inserção de planos de fundo bidimensionais no modelo tridimensional pode ser uma solução rápida e eficiente para adicionar pormenores complexos. Esta técnica é particularmente útil para representar cidades e paisagens que seriam extremamente difíceis de criar em 3D. Para obter um resultado natural e integrado ao ambiente, é importante escolher uma imagem de alta resolução e ajustá-la corretamente na cena 3D, levando em consideração a iluminação e perspectiva. A inserção do plano de fundo é realizada através de um mapa que contém a imagem propriamente dita e outro mapa de opacidade que, combinados, permitem a integração da imagem no ambiente tridimensional (figura 68, 69 e 70).

O mapa de opacidade permite que partes do material desapareçam completamente em áreas onde o valor de opacidade é zero ou onde existe a cor preto total. Esta técnica também é útil para criar objetos perfurados, como grelhas metálicas e guardas, sem a necessidade de se modelar estes elementos em 3D.

Portanto, a inserção de planos fundo bidimensionais através do uso de mapas de opacidade é uma ferramenta valiosa para a criação de cenas tridimensionais complexas e realistas. Acima de tudo, otimiza o ambiente virtual e menos cálculos da máquina são necessários.



Figura 68. Sem plano de fundo.



Figura 69. Plano de fundo + mapa de fotografia.



Figura 70. Plano de fundo + mapa de fotografia +
mapa de opacidade.

3.6. Câmara

O objetivo de capturar uma fotografia é transferir a informação visual de um modelo tridimensional numa superfície bidimensional. Ao reproduzir uma arquitetura, o fotógrafo se depara com os desafios de lidar com a geometria e a relação entre o edifício e o contexto de envolvente. Por isto é preciso ter uma compreensão de proporção de imagem e arquitetura para que o conteúdo fotográfico seja selecionado corretamente.

Para entender como funciona uma máquina fotográfica, podemos pensar que nossos olhos funcionam como uma câmara. Mesmo que de forma superficial, tanto a córnea quanto as lentes operam de forma equivalente: a córnea é como o vidro exterior da máquina e por ela tem os raios de luz interceitados. A pupila funciona como o diafragma que se ajusta à medida da quantidade luz, e é na retina que há os fotorreceptores que absorvem as ondas de luz. A nossa percepção visual de profundidade se baseia na capacidade de foco e desfoco num objeto (Heinrich, 2014).

Obviamente, a compreensão do funcionamento de uma câmara fotográfica é vantajosa para se ter um conhecimento prévio perante à câmara fotográfica virtual. Felizmente os motores de render tem embutidos todas as câmaras que necessitarmos, com infinitas lentes para testarmos e praticarmos, sem pagar por equipamentos adicionais além do computador e seus *softwares*.

Uma vez que os parâmetros de uma câmara fotográfica do mundo real são simulados dentro de um motor de render, nos colocamos no papel de um fotógrafo virtual que domina esta disciplina. Portanto, convém a apresentação de conceitos essenciais de fotografia direcionados à tarefa específica de criação de imagens fotorrealista de arquitetura.

3.6.1. Posicionamento de câmara e composição de imagem

O ponto de vista e posicionamento de câmara são fatores determinantes para a obtenção de imagens fotorrealistas que se aproximem das já existentes fotografias de arquitetura. Em muitos casos, é possível economizar tempo e recursos modelando somente o necessário para o enquadramento da cena. Em outros, modela-se todo um espaço em sua completude para que diversas câmaras possam ser posicionadas e testadas como um verdadeiro percurso fotográfico. Por esta razão, é importante equacionar a relação entre o posicionamento da câmara e a necessidade de criação 3D para otimizar o processo.

Para escolher a melhor composição de imagem, partimos da ideia que se quer transmitir e realizamos uma escolha consciente deste ponto de vista. Uma boa imagem deve conter informações únicas ou um significado específico, e o conjunto de imagens pode oferecer informações em uma sequência coerente, de forma análoga à uma visita arquitetônica.

A escolha do ponto de vista não é somente influenciada por fatores objetivos, como a fachada principal do edifício, suas laterais, o contexto da envolvente e geometria. Mas também pela luz, composição, surpresa e propósito, que trazem subjetividade e sensibilidade à fotografia. Embora haja diretrizes consensuais do que é uma boa fotografia de arquitetura, há liberdade criativa e subjetiva no olhar único do fotógrafo, que produz abordagens das mais abstratas às mais pragmáticas.

As fotografias podem também informar diferentes escalas, tal como o desenho de arquitetura. A aproximação ou distância da câmara em relação ao objeto de arquitetura é decisiva para retratar o edifício como um sólido e não somente como um alçado bidimensional. A escolha do ponto de vista depende da representação que se deseja transmitir.

A composição dos objetos na imagem é influenciada sobretudo pela plataforma em que a imagem será reproduzida, como em formato digital para ecrãs de computadores ou impressões para editoriais. Enquadramentos verticais, chamados de retrato ou *portrait*, são percebidos de forma mais natural e calma, enquanto formatos horizontais, chamados de paisagem ou *landscape*, podem ter efeitos mais dinâmicos e complexos (figura 71). O meio de reprodução da imagem também é determinante na escolha do formato, já que diferentes plataformas têm proporções específicas.

Quanto à disposição dos objetos no enquadramento, geometrias e elementos arquitetônicos podem ter mais ou menos ênfase, como entradas, escadas, interseções ou outros eventos visuais, de acordo com o propósito de cada imagem. Como estratégias visuais para este enquadramento, as composições simétricas ou com objetos posicionados em algum dos terços das imagens são consensos comuns básicos na disciplina de fotografia que ajudam a obter melhores resultados (figura 72 e 73).

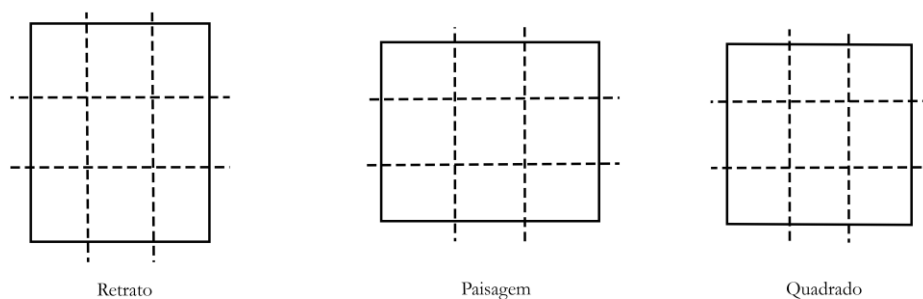


Figura 71. Diferentes formatos fotográficos divididos em seus terços.

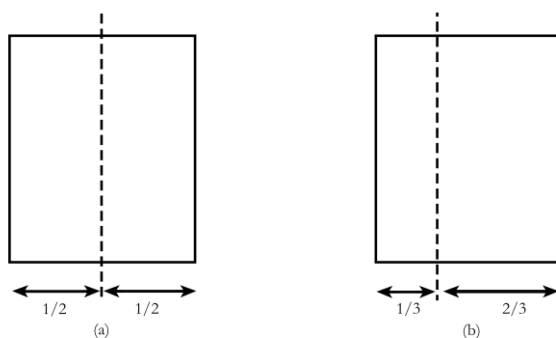


Figura 72. O desenho (a) mostra uma divisão simétrica do enquadramento da imagem num eixo que a divide em duas partes iguais, enquanto o desenho (b) representa um enquadramento com interesse nos objetos que se apresentam em um terço da imagem.

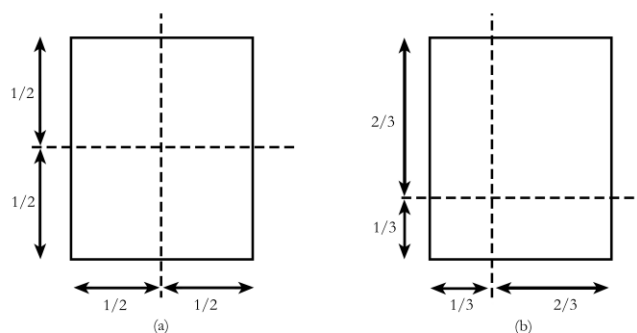


Figura 73. O desenho (a) mostra a imagem dividida simetricamente sobre o eixo vertical e horizontal, produzindo uma imagem dividida em quatro retângulos de tamanhos iguais. Por outro lado, o desenho (b) mostra o enquadramento dividido em terços que produzem retângulos e divisões de diferentes tamanhos que criam uma composição mais interessante e dinâmica. Neste caso, os objetos próximos à intersecção da divisão horizontal e vertical tornam-se pontos focais do enquadramento.

3.6.2. Linhas divergentes

A fotografia de arquitetura tem como um dos principais desafios a representação das linhas verticais dos edifícios, principalmente os mais altos, que tendem a convergir para um ponto distorcido quando a câmara é apontada para cima (figura 74 e 75). Esse problema é solucionado com o uso do artifício ótico chamado *shift* ou deslocamento de lentes, utilizado pelos fotógrafos de arquitetura para manter o paralelismo das linhas verticais. Esta prática fotográfica também se aplica para nosso ambiente virtual (figura 76 e 77).

Ao utilizar esta técnica, é possível exibir o edifício de forma a se parecer com a perspectiva humana, já que as linhas são paralelas no mundo real, mesmo em perspectivas de três pontos. É importante destacar que linhas não verticais em fotografias de arquitetura são consideradas perturbadoras, principalmente em relação às bordas do enquadramento, que sempre são verticais.

Embora a distorção possa ser corrigida na pós-produção, a solução é vista como um improviso, já que é possível realizar o ajuste diretamente na câmara virtual (Hovestadt, 2022).



Figura 74. Linhas divergentes.

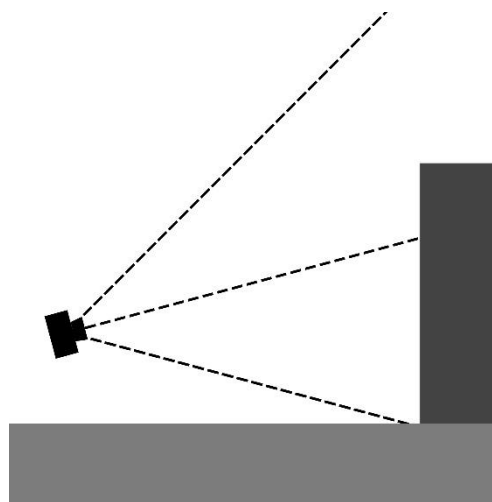


Figura 75. Sem deslocamento de lente.



Figura 76. Linhas paralelas.

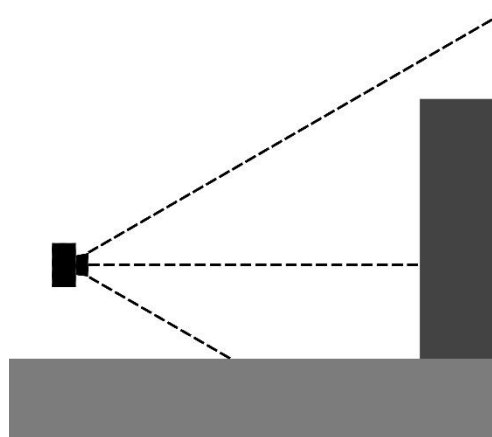


Figura 77. Com deslocamento de lente.

3.6.3. Lentes e ângulo de visão

Na fotografia de arquitetura, as chamadas lentes ou objetivas são elementos da câmara fotográfica responsáveis pela definição do ângulo de visão da imagem capturada que influenciam diretamente tanto na perspectiva quanto na distorção da imagem.

As lentes com ângulo de visão acima de 90° são denominadas de *super wide angle* (figura 78), enquanto as que se situam entre 90° e 60° são denominadas *wide angle* (figura 79). As lentes *wide angle* são as mais comuns na fotografia de arquitetura, pois a representação dos espaços frequentemente confinados exige a captação de uma área maior em uma única imagem.

Por outro lado, o uso de lentes com ângulos muito pequenos, com ângulos a partir de 50° em diante, podem diminuir excessivamente a perspectivas e comprometer a exibição da totalidade do edifício (figura 80, 81 e 82).

Devido à necessidade de capturar a maior área possível sem distorcer a perspectiva, os ângulos de visão mais frequentes na fotografia de arquitetura situam-se entre 90° e 60° . A escolha da lente é fundamental para a obtenção de imagens precisas e de qualidade na fotografia de arquitetura, entretanto cada situação requer uma escolha adequada da lente, considerando o espaço e o ângulo de visão necessário para representá-lo com rigor e propósito.



Figura 78. Ângulo = 100°.



Figura 79. Ângulo = 70°.



Figura 80. Ângulo = 50°.



Figura 81. Ângulo = 30°.



Figura 82. Ângulo = 15°.

3.6.4. Pós-produção

Muitos fotógrafos de arquitetura usam um *software* de edição para o pós-processamento da imagem fotografada. A principal ferramenta e mais conhecida no mercado é o Adobe Photoshop. Nas imagens geradas por computador, podemos utilizar as mesmas técnicas de pós-processamento como se fosse uma fotografia real a ser aprimorada.

Nas imagens fotorrealistas, a pós-produção pode ser muito extrema ou quase que nenhuma. Estas edições podem se aproximar mais ou menos da disciplina da colagem digital. Ao contrário da imagem fotorrealista que se inicia diretamente no modelador 3D, a colagem pode se iniciar no próprio editor em uma camada em branco, como uma pintura poderia ser. Os componentes desta colagem podem ser imagens ou seus fragmentos para criar a composição. Estas imagens podem conter texturas, materiais, linhas, vegetação e podem se encaixar perfeitamente a obedecer luzes e cores.

Para uma imagem fotorrealista, entretanto, apenas algumas edições são vantajosas, tal como uma fotografia. Podemos ajustar a exposição que equilibra a intensidade de luz (figura 83, 84, 85, 86, 87). Já o contraste realça as partes claras e escurece as partes escuras, diferenciado ainda mais as áreas em sombra e em luz (figura 88, 89, 90, 91 e 92). A saturação é importante ao trabalharmos com fotografias a preto e branco ou quando é preciso que as cores se mostrem mais vivas (figura 93, 94, 95, 96 e 97). O balanço de branco é um processo de correção de possíveis desvios de tonalidades causados pela iluminação artificial ou natural, fundamental para equilíbrio de cores num pôr do sol por exemplo em que os brancos tornam-se excessivamente amarelos (figura 98, 99, 100, 101 e 102). Posteriormente podemos simular efeitos que uma câmara analógica produz, como o *vignette*, aberração cromática e sujeira de lentes, artifícios que fazem se parecer com uma fotografia analógica.

As técnicas de pós-produção e suas possibilidades são inúmeras. Cabe ao artista que cria a imagem definir qual será o grau de intervenção da pós-produção na imagem. Depois destas últimas edições e refinamentos, a imagem está pronta para ser exposta, partilhada e publicada.

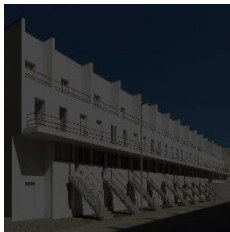


Figura 83. Exposição = -2.



Figura 84. Exposição = -1.



Figura 85. Exposição = 0.



Figura 86. Exposição = 1.



Figura 87. Exposição = 2.



Figura 88. Contraste = -2.



Figura 89. Contraste = -1.



Figura 90. Contraste = 0.

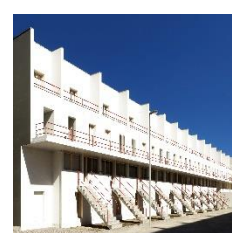


Figura 91. Contraste = 1.



Figura 92. Contraste = 2.



Figura 93. Saturação = -2.



Figura 94. Saturação = -1.



Figura 95. Saturação = 0.



Figura 96. Saturação = 1.



Figura 97. Saturação = 2.



Figura 98. Balanço de Branco = -2.



Figura 99. Balanço de Branco = -1.



Figura 100. Balanço de Branco = 0.



Figura 101. Balanço de Branco = 1.



Figura 102. Balanço de Branco = 2.

4. Problematização

4.1. Experimento prático

Nas próximas páginas, são expostos os resultados do experimento prático de criação de imagens fotorrealistas que serviram como base para ilustrar a dissertação junto com uma comparação direta com fotografias reais para avaliar a qualidade do fotorrealismo alcançado. Embora as imagens não tenham sido reproduzidas pixel a pixel das referências fotográficas, o objetivo é compreender as estratégias gerais das fotografias como um todo. Este exercício consiste efetivamente em replicar a realidade e a estética fotográfica, e a partir disto, apresentar problematizações e possíveis discussões do que significa a imagem fotorrealista para a disciplina de arquitetura.

No caso específico da modelação do projeto do Bairro da Bouça de Álvaro Siza, os desenhos rigorosos do projeto de execução serviram como base. A modelação adotou uma abordagem geométrica simplificada, com módulos que se repetem e espelham, em conformidade com a lógica que poderia ser aplicada a várias outras arquiteturas.

O momento em que foi configurada a iluminação das imagens fotorrealistas evidenciou a narrativa estética e a clareza da geometria em ângulos retos, ou em algumas vezes em luzes difusas, tal qual as fotografias exibem. A iluminação também determina o protagonismo de elementos básicos e presença do céu azul, do branco das paredes e sombras do edifício em primeiro plano sobre o chão.

A elaboração dos materiais foi um processo meticuloso, que envolveu uma análise das características de cada material, como rugosidade, cor e reflexão. Os materiais incorporam imperfeições, manchas e variações, essenciais para conferir um nível convincente de realismo que se assemelhe à fotografia.

O posicionamento da câmara conforme as referências fotográficas proporciona um entendimento da composição e proporção dos objetos através do enquadramento. Tal abordagem é valiosa, aproveitando os consensos estabelecidos pelos fotógrafos de arquitetura. Ademais, a decisão de se posicionar a fotografia verticalmente ou horizontalmente muda substancialmente o efeito narrativo da imagem.

Portanto, a criação dessas imagens exemplifica de forma abrangente os elementos do fotorrealismo, que emerge como uma sinergia coesa entre vários fatores e processos interligados. O fotorrealismo, contudo, concentra-se continuamente nos aspetos fotográficos e nas disciplinas da fotografia, especialmente a fotografia de arquitetura. Dominar essas regras consensuais permite a produção de resultados convincentes, independentemente do *software* ou técnica empregada.



Figura 103. Fotografia por Hisao Susuki, 2008.



Figura 104. Imagem fotorealista produzida pelo autor, 2023.



Figura 105. Imagem fotorrealista produzida pelo autor, 2023.



Figura 106. Fotografia por Fernando Guerra, 2006.



Figura 107. Imagem fotorrealista produzida pelo autor, 2023.



Figura 108. Fotografia por Fernando Guerra, 2006.



Figura 109. Imagem fotorrealista produzida pelo autor, 2023.



Figura 110. Fotografia por Fernando Guerra, 2006.



Figura 111. Imagem fotorrealista produzida pelo autor, 2023.



Figura 112. Fotografia por Fernando Guerra, 2006.



Figura 113. Imagem fotorrealista produzida pelo autor, 2023.



Figura 114. Imagem fotorrealista produzida pelo autor, 2023.

4.2. Entre o fotorrealismo e a realidade

Embora nesta dissertação tenhamos criado imagens fotorrealistas de um projeto já construído, na prática, o processo funciona de forma inversa. A principal vantagem das imagens fotorrealistas está em sua capacidade de prever e visualizar um projeto antes de sua construção real.

Sob este ponto de vista, a relação entre o fotorrealismo presente nas visualizações de arquitetura e a realidade posteriormente construída é um tema que pode qualificar ou desqualificar as imagens em questão. No campo da arquitetura, surgem opiniões divergentes entre profissionais da indústria e acadêmicos acerca do valor e da função de algumas representações em comparação com os edifícios reais, já construídos. Enquanto há quem qualifique estas imagens como meras ferramentas publicitárias, outros consideram-nas meios essenciais de comunicação para expressar um projeto.

É inegável que o uso cada vez mais frequente da imagem de arquitetura é motivado por fatores econômicos, pelo aumento da competitividade e pelo desenvolvimento das indústrias diante de novas tecnologias e problemáticas contemporâneas, como a sustentabilidade, os desafios urbanos e as questões ecológicas. Frequentemente, essas complexidades são deixadas em segundo plano em função da aparência do edifício. Em um mercado cada vez mais exigente, um bom projeto pode talvez não ser mais suficiente. A imagem e a visualização do projeto podem se tornar forças efetivas para vencer concursos de arquitetura ou obter a aprovação dos clientes de forma que haja menos atrito.

As críticas direcionadas à arquitetura e suas visualizações podem ser muitas. Alguns acreditam que essas imagens mascaram a realidade, pois mostram edifícios imaculados e recém-construídos, ocultando o desgaste e o ruído que inevitavelmente acompanham o uso ao longo do tempo. Neste sentido, o excesso de pureza transmitido pode criar a percepção de que a arquitetura é algo exclusivo e luxuoso, distante das preocupações sociais e comunitárias, o que, por sua vez, pode diminuir a relevância da profissão de arquiteto ou distorcê-la.

Por outro lado, mesmo ao buscar o fotorrealismo em nossas visualizações, inspirando-nos em fotografias bem capturadas, também nos deparamos com críticas que afirmam que as próprias fotografias de arquitetura publicadas na mídia são meramente estéticas como uma espécie de maquiagem. Assim, nos colocamos na posição de questionar e ponderar essas visualizações, evitando delírios ou fantasias, e ao mesmo tempo atendendo às demandas do mercado de forma respeitosa e digna em relação à arquitetura.

Um exemplo emblemático de visualização de arquitetura fotorrealista que não correspondeu à realidade é projeto Marble Arch Mound, em Londres, projetado pelo escritório holandês MVRDV em 2021 (figura 115). O projeto criava um mirante artificial que oferecia aos visitantes uma visão panorâmica da cidade. A instalação foi composta por plantas e árvores, com uma estrutura temporária de andaime como base. (MVRDV, 2023). No entanto, a mídia local e a população ridicularizaram o projeto público avaliado em 6 milhões de libras, tornando-se uma grande decepção e motivo de chacota ao comparar as visualizações com a instalação real (figura 116).

Com apenas seis meses de existência, o Marble Arch Mound prometia uma vegetação deslumbrante no coração da cidade. No entanto, as promessas grandiosas presentes nos anúncios que continham as visualizações fotorrealistas jamais se tornaram realidade. Quando o projeto foi aberto ao público, os visitantes ficaram surpresos com a precariedade da construção e após a desmontagem da estrutura temporária, o projeto ficou negativamente marcado na memória dos jornalistas e da população local (Moore, 2021).

Dentre as diversas razões que podem ter contribuído para esse fracasso, a inadequação da visualização e do *marketing* envolvido em um projeto repleto de imagens exuberantes talvez tenham sido os fatores determinantes. Não se sabe se a execução do projeto fracassou na tentativa de reproduzir a mesma atmosfera apresentada nas imagens, no que resultou em um contraste evidente entre a expectativa criada e a realidade vivenciada.

A chave para a utilização eficaz dessas visualizações reside no bom senso entre a fidelidade ao projeto de arquitetura e a necessidade de criar uma imagem atrativa e compreensível para o público, para evitar desapontamentos e construir uma relação de confiança entre as visualizações e o que será construído. Neste caso, as imagens de visualização do projeto foram fotorrealistas, mas irrealistas.



Figura 115. Fotografia do projeto Marble Arch Mound de MVRDV, Londres, 2021.



Figura 116. Imagem fotorrealista produzido por MVRDV para seu projeto Marble Arch Mound em Londres, 2021.

4.3. A arquitetura como imagem

A cultura visual tem exercido uma influência crescente sobre a arquitetura contemporânea. A criação de representações em computação gráfica proporciona uma liberdade para dispor os objetos nas imagens, escapando das leis da gravidade. Através dessas imagens, é possível visualizar e imaginar estruturas que desafiam a gravidade e criam a ilusão de levitar, mesmo que obedeçam ao fotorrealismo (figura 117). No entanto, esta infinidade de possibilidades que o ambiente virtual nos proporciona pode apresentar desafios no ato de projetar, por tornar turvo os limites do que pode ou não pode ser materializado no futuro.

Observa-se uma tendência crescente em que há uma quantidade cada vez maior de edifícios contemporâneos que derivam de construções imagéticas expressivas e exageradas. Podem ser edificações com projeções exorbitantes e volumes empilhados por exemplo (figura 118). Assim, os arquitetos se inspiram na cultura visual vigente, buscando criar ícones facilmente identificáveis e simbólicos. Nesse contexto, a arquitetura também é consumida como produto. Essas construções visualmente impactantes capturam nossa atenção instantaneamente, numa tendência global que por sua vez impulsiona indústrias como o turismo, levando metrópoles a procurarem seus próprios ícones para atrair visitantes e investimentos.

No entanto, é válido ressaltar que projetos mais silenciosos e discretos muitas vezes se distanciam da tendência predominante. A relação entre a imagem e a arquitetura sempre foi intrínseca, mas com o advento da tecnologia e das redes sociais, a ênfase na imagem tornou-se quase que prioritária. A fotografia de edifícios tornou-se uma forma de vivenciá-los, tanto para os profissionais quanto para o público em geral. O uso generalizado de câmeras fotográficas em dispositivos móveis e a facilidade de compartilhamento de imagens *online* conferiram um novo significado à relação entre imagem e arquitetura.

Sendo assim, podemos argumentar que, mais do que a imagem alimentar o processo de criação, algumas arquiteturas tem tido como resultado o conteúdo visual ou uma publicação numa rede social, por exemplo. Podemos considerar que a imagem surge como ponto de partida, assim como sugerido por Alberti, em que a beleza da arquitetura nasceu da pintura. Outrora, a arquitetura pediu em empréstimo diversos elementos da pintura, imaginados primeiramente nestas obras de arte para, posteriormente, serem construídos. Hoje, a representação fotorrealista das edificações tornou-se melhor forma de apresentar e representar a arquitetura, uma vez que é por meio dessas imagens que os elementos são concebidos com precisão antes de sua concretização física. Em certa medida, as ambições de projeto são cada vez mais experimentadas nas imagens geradas por computação gráfica, as quais elas mesmo motivam, nutrem e impulsionam o ato de projetar.



Figura 117. Imagem gerada por computador por Víctor Enrich, 2016.



Figura 118. Fotografia de Helene Binet para o Edifício no Porto de Antuérpia, por Zaha Hadid Architects, 2016.

5. CONCLUSÃO

5. Conclusão

Defendeu-se nesta dissertação que a imagem fotorrealista de arquitetura pode ser criada e interpretada como uma espécie de projeto de arquitetura a ser construído: uma arquitetura fotorrealista. Argumenta-se que a imagem de diversas maneiras se transporta e se materializa para fora de suas bordas por recorrer às disciplinas de fotografia, física, computação gráfica e arquitetura.

Percorrer em alguns pontos das disciplinas de desenho e pintura também serviram à compreensão da relação entre imagem e arquitetura, especialmente no que diz respeito às transformações e evoluções ao longo do tempo. O desafio de representar espaços tridimensionais em superfícies bidimensionais continua a ser uma temática que suscita discussões estimulantes e enfrenta desafios constantes. Esta questão se torna ainda mais relevante com os avanços tecnológicos e computacionais. Desde Alberti, a relação entre imagem e arquitetura tem sido objeto de interessantes discussões e estudos, fornecendo conhecimentos atemporais para a prática corrente.

Com a ascensão da computação gráfica, tornou-se possível visualizar projetos que se inserem na prática diária do arquiteto a fornecer imagens de espaços ainda não construídos. Ao utilizar a computação gráfica, o ambiente virtual se torna uma nova tela de pintura ou um papel de esboços. Nesse contexto, o *software* utilizado no ambiente virtual não é apenas uma mera ferramenta, mas uma extensão das capacidades já adquiridas, de maneira que o desenvolvimento de atividades relacionadas à arquitetura seja consciente, criterioso e não automático.

O fotorrealismo alcançado nas imagens geradas por computador foi viabilizado principalmente por conta dos avanços tecnológicos de indústrias diversas como a cinematográfica e de jogos eletrônicos. Nesse contexto, os arquitetos têm a oportunidade de desempenhar um papel ativo no desenvolvimento dessas inovações, em vez de apenas utilizarem ferramentas provenientes de outras especialidades. Há a oportunidade para propor novas abordagens e questionamentos, explorando de maneira criativa e significativa o conteúdo das imagens, o modo de representação do projeto, a informação visual, a narrativa e a linguagem visual. Possivelmente os arquitetos poderiam se tornar os criadores e avaliadores das inovações no campo do fotorrealismo de espaços virtuais.

Esta motivação surge especialmente das habilidades do arquiteto em desenvolver espaços tridimensionais, que são transferidas para o modelo virtual. A construção do modelo virtual é fundamental para acomodar a luz, os materiais e a câmara, e se torna um verdadeiro passeio pelo projeto. É o arquiteto quem domina e disciplina a composição espacial nesta etapa. Durante a

experiência prática desta dissertação, o ato de modelar o projeto foi equivalente ao estudo minucioso dos pormenores de arquitetura, assim como compreender integralmente a convergência entre o desenho bidimensional rigoroso do arquiteto e a materialização realizada pelo construtor da edificação real.

Após dominar a construção do modelo virtual, constata-se que a luz é como elemento que faz parte da arquitetura. O estudo da luz é estimulante para os arquitetos porque estabelece uma relação direta com a percepção visual da arquitetura. Estamos constantemente influenciados pela interação da luz solar ou artificial com as superfícies do edifício, seus reflexos e a chegada dos raios luminosos aos nossos olhos. Ao contrário dos conhecimentos comuns em física dos materiais e engenharia, amplamente dominados por muitos arquitetos, a física da luz e ótica é uma disciplina singular que oferece oportunidades para a criação de projetos baseados nos princípios fundamentais da natureza.

A etapa de criação dos materiais desperta entusiasmo e confere previsão assertiva à arquitetura, especialmente em relação a seus aspectos visuais mais específicos. A análise da rugosidade, do brilho e inúmeras tonalidades proporciona a chance de conduzir estudos e aprofundar os efeitos desses materiais. De facto, a rotina do arquiteto está ligada às escolhas e decisões relacionadas aos materiais e projetos, não se restringindo a uma única opção. Nesse contexto, a etapa de construção dos materiais no ambiente virtual abre caminho para uma estimulante visualização previsível do projeto, a enriquecer ainda mais suas habilidades de projetar.

A familiaridade com a câmara e o conhecimento da disciplina da fotografia proporcionam aos arquitetos a oportunidade de explorar ensaios fotográficos, semelhantes às práticas de fotógrafos especializados em arquitetura. Esta abordagem vai além da mera representação estética de espaços, permitindo que se adotem diferentes pontos de vista que criam perspectivas, visadas e miradouros. Através desta integração, é possível aprimorar o projeto, testar suas capacidades e destacar seus pontos focais tanto para o cliente quanto para o próprio projetista. A experiência de simular a prática fotográfica nesta dissertação revelou a estreita relação entre a fotografia e a criação de imagens geradas por computador, evidenciando que na semelhança destas peças os padrões e consensos estabelecidos na fotografia de arquitetura são preciosos para os arquitetos.

Na convergência entre fotorrealismo e realidade, a credibilidade da representação é uma preocupação central. As imagens fotorrealistas são valorizadas por sua fidelidade visual, enquanto por outro lado sendo simulações podem ser questionadas em sua veracidade. A arquitetura estabelece como ético, honesto e preciso os desenhos tradicionais e bidimensionais de arquitetura, enquanto imagens fotorrealistas são vistas como externas à disciplina e potencialmente não éticas em suas seduções. Portanto, podemos considerar que desenhos bidimensionais operam com a métrica e imagens fotorrealistas com a ótica, cada um com suas especificidades e suas diferenças relevantes.

Estamos diante de um futuro repleto de incertezas e possibilidades. O avanço tecnológico ocorre em ritmo acelerado e exponencial, testemunhando o surgimento constante de novas práticas de inteligência artificial, realidade virtual e outras ferramentas e conceitos inovadores. As práticas aqui mencionadas podem eventualmente se tornar obsoletas diante do surgimento de sistemas ainda mais poderosos, velozes ou completamente diferentes. No entanto, é seguro afirmar que a sociedade digital e a cultura visual permanecerão presentes. A imagem desempenhará um papel cada vez mais relevante nas mídias, influenciando a forma como consumimos e projetamos, impactando diretamente a maneira como usuários e pessoas fora da indústria da arquitetura se relacionam com este conteúdo.

Diante desta realidade disruptiva, considero que a educação desempenha um papel fundamental na preparação para enfrentar os desafios contemporâneos. Durante minha formação como arquiteto, adquiri conhecimentos em ferramentas de criação de imagens fotorrealistas de forma autodidata. Entretanto, acredito que a disciplina, devido à sua riqueza e relevância, deveria fazer parte integrante dos currículos acadêmicos, assim como as ferramentas tradicionais de desenho.

No contexto profissional, é evidente a lacuna na formação educacional, uma vez que há escassez de arquitetos que dominem as ferramentas de fotorrealismo. Nos escritórios de arquitetura, existe uma demanda clara por artistas visuais que possam trabalhar em estreita colaboração com os arquitetos, enriquecendo o processo criativo. Embora o fotorrealismo seja uma especialização por si só, muitos artistas visuais produzem visualizações de projetos que eles próprios não projetaram, estabelecendo uma colaboração dinâmica, assim como ocorre entre arquitetos e outros profissionais da construção. Por outro lado, um arquiteto que domine as ferramentas de fotorrealismo em seu processo de projetar ganha autonomia e a capacidade de realizar precisos estudos de previsão com qualidade. Isto não apenas aprimora a eficiência do processo, mas também permite uma compreensão profunda das possibilidades do projeto de arquitetura.

Tendo isto em consideração, no contexto da produção de imagens fotorrealistas de arquitetura, o autor responsável por essas imagens é, acima de tudo, um arquiteto, muito embora possa ser denominado também de artista visual, escultor virtual, arquiteto digital, fotógrafo de ambientes virtuais ou artista 3D. As imagens fotorrealistas de arquitetura assumem uma posição relevante em nossa cultura visual e ao nos apropriarmos dessas ferramentas, podemos responder de forma assertiva aos desafios apresentados pela sociedade. Embora outras disciplinas, como computação gráfica e cinematografia estejam à frente em diversas tecnologias, podemos ser nós arquitetos os pioneiros a apresentar inovações de modo a emancipar a disciplina da arquitetura fotorrealista.

6. Referências

6.1. Referências bibliográficas

- Alberti, Leon Battista. 1999. *Da Pintura*. Tradução de António da Silveira Mendonça. 2.^a ed. Campinas: Unicamp.
- Baetjer, Katherine, e J. G. Links. 1989. *Canaletto*. 1.^a ed. New York: The Metropolitan Museum of Art.
- Carpó, Mario, e Frédérique Lemerle. 2008. *Perspective, projections and design: Technologies of architectural representation. Perspective, Projections and Design: Technologies of Architectural Representation*. 1.^a ed. New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203715574>.
- Carpó, Mario. 2013. *The Digital Turn in Architecture 1992-2012*. Editado por Mario Carpo. John Wiley & Sons Ltd.
- Carpó, Mario. 2018. *The Second Digital Turn: Design beyond Intelligence*. London: The MIT Press.
- Davidson, Alex, e Jan Knikker. 2016. *In Defense of Renders and Trees On Top of Skyscrapers*. ArchDaily. 2016.
- Dinur, Eran. 2022. *The Complete Guide to Photorealism for Visual Effects, Visualization and Games*. 1.^a ed. New York: Routledge.
- Heinrich, Michael. 2014. *Architectural Photography*. Basel: Birkhäuser.
- Hockney, David. 2001. *Secret knowledge*. Vol. 1. New York: Viking Studio.
- Hockney, David. 2016. *A History of Pictures: From the Cave to the Computer Screen*. 1.^a ed. London: Thames & Hudson.
- Hovestadt, Ludger, Urs Hirschberg, e Oliver Fritz. 2020. *Atlas of Digital Architecture. Atlas of Digital Architecture*. Basel: Birkhäuser. <https://doi.org/10.1515/9783035620115>.
- Hughes, John, Andries van Dam, Morgan McGuire, David Sklar, James Foley, Steven Feiner, e Kurt Akeley. 2013. *Computer Graphics: Principles and Practice*. 3.^a ed. Addison-Wesley Professional.
- Lisboa, Fernando. 1997. *Desenho de Arquitectura Assistido por Computador*. Porto: FAUP Publicações.
- Lynn, Greg, e Neil Denari. 2015. *Interrupted Projections*. Editado por Greg Lynn. Montréal, Québec: Canadian Centre for Architecture.

- Lynn, Greg, William mac Donald, e Susan Kolatan. 2016. *O/K Apartment*. Editado por Greg Lynn. Montréal, Québec: Canadian Centre for Architecture.
- Meisel, Louis K., e Elizabeth Katherine May Harris. 2013. *Photorealism in the Digital Age*. Editado por Elisa Urbanelli. 1.^a ed. New York: Abrams.
- Moore, Rowan. 2021. *Why the Marble Arch Mound is a slippery slope to nowhere*. The Guardian. Acedido a 3 de julho de 2023. <https://www.theguardian.com/artanddesign/2021/jul/24/why-the-marble-arch-mound-is-a-slippery-slope-to-nowhere>.
- MVRDV. 2023. *Marble Arch Mound*. Acedido a 3 de julho de 2023. <https://www.mvrdv.com/projects/456/marble-arch-hill>.
- NASA. 2022. *Why Is the Sky Blue?* Acedido a 11 de setembro de 2022. <https://spaceplace.nasa.gov/blue-sky/en/>.
- Picon, Antoine. 2004. *Architecture and the virtual: towards a new materiality*. Praxis: Journal of Writing+ Building, n. 6.
- Schumacher, Patrik. 2012. *The Autopoiesis of Architecture Volume II: A New Agenda for Architecture*. 1.^a ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Steadman, Philip. 2022. *Canaletto's Camera*. Acedido a 25 de setembro de 2022. <https://www.philipsteadman.com/projects-ventures/canalettos-camera/>.
- The Museum of Modern Art, New York. 1947. *Mies van Der Rohe*. 1.^a ed. New York: MoMA.
- Wosk, Julie, e William J. Mitchell. 1994. *The Reconfigured Eye: Visual Truth in the Post-Photographic Era*. Technology and Culture 35, no.3. <https://doi.org/10.2307/3106290>.

6.2. Referências de figuras

Figura 1. Albrecht, Durer. 1538. *Underweysung der Messung*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/336657>.

Figura 2. Peruzzi, Baldassare. 2023. *La Sala Delle Prospettive*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <https://www.progettostoriadellarte.it/2020/08/27/la-sala-delle-prospettive/>.

Figura 3. Bramante, Donato. 1476. *Nave Central da Chiesa di Santa Maria presso San Satiro*. Acedido a 3 de setembro de 2023. https://www.bulgarihotels.com/in_ID/milan/whats-on/article?id=9ea5c85c-0342-4c9b-a016-60953778c504&.

Figura 4. Palladio, Andrea. 1965. *The Four Books of Architecture*. Dover Publications.

Figura 5. Canaletto. 1742. *Pintura do projeto Palladiano para a Ponte de Rialto em Veneza*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <https://www.rct.uk/collection/404029/capriccio-view-with-palladios-design-for-the-rialto-bridge>

Figura 6. Stoller, Ezra. 1963. *Marin County Civic Center de Frank Lloyd Wright*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <http://esto.com/ezra-stoller-portfolio>.

Figura 7. Korab, Balthazar. *Toronto Dominion Center de Ludwig Mies van der Rohe*. Acedido a 3 de setembro de 2023. https://www.modernistcollection.com/balthazar-korab_

Figura 8. Schulman, Julius. *Fotografia para o projeto Stahl House de Pierre Koenig*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <https://juliusschulman.org/>.

Figura 9. Hervé, Lucien. 1954. *Fotografia do projeto La Maison Radiouse de Le Corbusier*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <https://theculturetrip.com/europe/france/articles/lucien-herve-le-corbusier-s-favourite-photographer/>.

Figura 10. Mies van der Rohe, Ludwig. 1910. *Colagem de fotografia para o projeto do Monumento Bismarck*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <https://www.moma.org/collection/works/87492>.

Figura 11. Mies van der Rohe, Ludwig. 1921. *Colagem de fotografia para o projeto do arranha céu em Friedrichstrasse*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <https://www.archdaily.com/497433/mies-the-modernist-man-of-letters/534e6b5dc07a80d193000076-mies-the-modernist-man-of-letters-image>.

Figura 12. Sutherland, Ivan. 1962. *Sketchpad*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <https://bimaplus.org/news/the-very-beginning-of-the-digital-representation-ivan-sutherland-sketchpad>.

Figura 13. Cuba, Larry. 1977. *Imagem gerada por computador para Star Wars Episódio IV: A Guerra das Estrelas*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <https://news.wttw.com/2013/05/23/star-wars-connection>.

Figura 14. Lucas, George. 1977. *Star Wars Episódio IV: A Guerra das Estrelas*.

Figura 15 e 16. Lynn, Greg, e Neil Denari. 2015. *Interrupted Projections*. Editado por Greg Lynn. Montréal, Québec: Canadian Centre for Architecture.

Figura 17 e 18. Lynn, Greg, Nader Tehrani, e Mónica Ponce de León. 2016. *Witte Arts Center*. Editado por Greg Lynn. Montréal, Québec: Canadian Centre for Architecture.

Figura 19 e 20. Lynn, Greg, William mac Donald, e Susan Kolatan. 2016. *O/K Apartment*. Editado por Greg Lynn. Montréal, Québec: Canadian Centre for Architecture.

Figura 21. Estes, Richard. 1995. *Williamsburg Bridge*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <https://www.phaidon.com/agenda/art/articles/2016/may/09/a-movement-in-a-moment-photorealism>.

Figura 22. Hadid, Zaha. 2015. *Danjiang Bridge*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <https://www.zhvrgroup.com/danjiang-bridge>.

Figura 23, 24, 25 e 26. Mecanoo, 2023. *Render vs Reality*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <https://architizer.com/blog/inspiration/stories/mecanoo-render-vs-reality/>

Figura 27. Schumacher, Patrik. 2012. *The Autopoiesis of Architecture Volume II: A New Agenda for Architecture*. 1.^a ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Figura 28 a 102. Produção do próprio autor.

Figura 103. Susuki, Hisao. 2008. *Bairro da Bouça, Álvaro Siza Vieira*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <https://elcroquis.es/products/140-alvaro-siza-2001-2008-digital>.

Figura 104 e 105. Produção do próprio autor.

Figura 106. Guerra, Fernando. 2006. *Bairro da Bouça, Álvaro Siza Vieira*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <https://ultimasreportagens.com/reportagem/098-empreendimento-saal-bouccedilabr-porto-pt-aacutelvaro-siza/>.

Figura 107 – Produção do próprio autor.

Figura 108. Guerra, Fernando. 2006. *Bairro da Bouça, Álvaro Siza Vieira*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <https://www.gettyimages.pt/detail/fotografia-de-noticias/bouca-social-housing-porto-portugal-architect-fotografia-de-noticias/154464437?adppopup=true>.

Figura 109. Produção do próprio autor.

Figura 110. Guerra, Fernando. 2006. *Bairro da Bouça, Álvaro Siza Vieira*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <https://www.gettyimages.pt/detail/fotografia-de-noticias/bouca-social-housing-porto-portugal-architect-fotografia-de-noticias/154464430?adppopup=true>.

Figura 111. Produção do próprio autor.

Figura 112. Guerra, Fernando. 2006. *Bairro da Bouça, Álvaro Siza Vieira*. Acedido a 3 de setembro de 2023. <https://www.gettyimages.pt/detail/fotografia-de-noticias/bouca-social-housing-porto-portugal-architect-fotografia-de-noticias/154464351?adppopup=true>

Figura 113 e 114. Produção do próprio autor.

Figura 115. Moore, Rowan. 2021. *Why the Marble Arch Mound is a slippery slope to nowhere*. The Guardian. Acedido a 3 de julho de 2023. <https://www.theguardian.com/artanddesign/2021/jul/24/why-the-marble-arch-mound-is-a-slippery-slope-to-nowhere>.

Figura 116. MVRDV. 2023. *Marble Arch Mound*. Acedido a 3 de julho de 2023. <https://www.mvrdv.com/projects/456/marble-arch-hill>.

Figura 117. Enrich, Vitor. 2023. *Tango*. Acedido a 3 de julho de 2023. <https://www.thinkingaboutphotography.com/victor-enrich>

Figura 118. Binet, Helene. 2016. *Port House*. Acedido a 3 de julho de 2023. <https://www.zaha-hadid.com/architecture/port-house/>