



LUCAS DE FREITAS SOUZA
PEDRO VINICIUS RODRIGUES DIAS

**ARCHVIZ: *PIPELINES* DE PRODUÇÃO PARA VISUALIZAÇÃO ARQUITETÔNICA
EM REALIDADE VIRTUAL NO UNREAL ENGINE 4**

JI-PARANÁ
2020

LUCAS DE FREITAS SOUZA
PEDRO VINICIUS RODRIGUES DIAS

**ARCHVIZ: PIPELINES DE PRODUÇÃO PARA VISUALIZAÇÃO ARQUITETÔNICA
EM REALIDADE VIRTUAL NO UNREAL ENGINE 4**

Monografia apresentada a Banca Examinadora do Centro Universitário São Lucas Ji-Paraná, como requisito de aprovação para obtenção do Título de Bacharel em Sistema de Informação.

Orientador: Prof. Me. Maigon Nacib Pontuschka

JI-PARANÁ

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP

S729a Souza, Lucas de Freitas.

Archviz: pipelines de produção para visualização arquitetônica em realidade virtual no Unreal Engine 4. / Lucas de Freitas Souza; Pedro Vinicius Rodrigues Dias. – Ji-Paraná, 2020. 73 p., il.

Monografia (Sistema de Informação) – Centro Universitário São Lucas, Ji-Paraná, 2020.

Orientador: Prof. Me. Maigon Nacib Pontuschka

1. Unreal Engine 4. 2. Visualização Arquitetônica - 3D. 3. Archviz. 4. Realidade aumentada. I. Dias, Pedro Vinicius Rodrigues. II. Pontuschka, Maigon Nacib. III. Título.

CDU 004.946

ATA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ATA Nº 08/2020 DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

No décimo primeiro dia do mês de julho de 2020, no horário das 18h às reuniram-se o(a) Orientador(a) professor(a) Prof. Me. Maigon Nacib Pontchuska e os(as) professores(as) Prof. Me. Thyago Bohrer Borges e Prof. Me. Ana Flavia Moreira Camargo para comporem Banca Examinadora de Trabalho de Conclusão de Curso, sob a presidência do(a) primeiro(a), para analisarem a apresentação do trabalho "**Archviz: Pipeline de Produção para a Visualização Arquitetônica em Realidade Virtual no Unreal Engine**". Após arguições e apreciação sobre o trabalho exposto foi atribuída à menção como nota do Trabalho de Conclusão de Curso dos(a) acadêmicos(a): **LUCAS DE FREITAS SOUZA e PEDRO VINICIUS RODRIGUES DIAS**

Obs: Trabalho de Conclusão de Curso (X) aprovado ou ()reprovado com nota total de 8,9 (oito virgula nove) pontos, sendo atribuídos o valor 8,8 (oito virgula oito) pontos ao trabalho escrito e 9,0 (nove) pontos à apresentação oral.

Lucas de Freitas Souza

Pedro Vinicius Rodrigues Dias

LUCAS DE FREITAS SOUZA e PEDRO VINICIUS RODRIGUES DIAS

Borges
Prof. Me. Thyago Bohrer Borges

Maigon N. Pontchuska
Prof. Me. Maigon Nacib Pontchuska

Orientador

Ana Flavia Moreira Camargo
Prof. Me. Ana Flavia Moreira Camargo

Borges
Prof. Me. Thyago Bohrer Borges
Coord. Sistemas de Informação

RESUMO

Este trabalho pretende apresentar a ferramenta de desenvolvimento Unreal Engine 4 como uma possível solução para visualização arquitetônica em Realidade Virtual e estabelecer algumas *pipelines* de produção que permitam a importação de projetos criados em alguns softwares convencionais de arquitetura para o Unreal Engine 4 de modo a possibilitar a criação de experiências de visualização arquitetônica em Realidade Virtual com óculos. Foi realizado um estudo acerca dos softwares convencionais utilizados no ramo da arquitetura, a saber, o Revit, Lumion, 3DS Max. Durante a pesquisa a ferramenta Datasmith foi encontrada e provou ser uma excelente ferramenta para a importação de projetos do Revit e 3DS Max para o Unreal 4. Por outro lado, foi constatado que projetos do Lumion não podem ser importados para o Unreal Engine 4. Por último, o projeto importado foi configurado em um ambiente virtual 3D em que foi possível utilizar óculos VIVE HTC para ajustes do projeto para visualização arquitetônica 3D. Técnicas como oclusão ambiental, bloom, pós processamento e neblina foram implementadas para obter imagens com qualidade mais próxima do real.

Palavras-chave:Unreal Engine 4, Visualização Arquitetônica, Archviz.

ABSTRACT

This work intends to present the development tool Unreal Engine 4 as a possible solution for architectural visualization in Virtual Reality and establish some production pipelines that allow importing projects created in conventional architectural softwares to Unreal Engine 4 in order to enable the creation of architectural visualization experiences in Virtual Reality. A study was carried out on the current softwares used in the field of architecture: Revit, Lumion, 3DS Max. During the research the Datasmith tool was discovered and proved to be an excellent tool for importing Revit and 3DS Max projects into Unreal 4. On the other hand, Lumion projects cannot be imported into Unreal Engine 4. Lastly, the imported project was configured in a 3D virtual environment in which it was possible to use HTC VIVE glasses to do design adjustments for 3D architectural visualization. Techniques such as environmental occlusion, bloom, post processing and fog were implemented to obtain images with quality closer to reality.

Keywords: Unreal Engine 4, Architectural Visualization, Archviz.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Archviz	17
Figura 2 - Óculos Cosmos Vive	20
Figura 3 - Controles Vive	20
Figura 4 - HyperX Cloud Revolver.....	21
Figura 5 - Visão Binocular	22
Figura 6 - Capacidade de visualização	23
Figura 7 - Malha tridimensional	24
Figura 8 - Imagem antes de renderizar	25
Figura 9 - Imagem depois de renderizar.....	25
Figura 10 - Interface do Revit 2020	27
Figura 11 - Interface Lumion Pro 10.0.....	28
Figura 12 - NURBS	30
Figura 13 - Interface 3DS MAX 2020	31
Figura 14 - Gráficos realistas do Battlegrounds.....	32
Figura 15 - Gráficos Foto Realistas	33
Figura 16 - Revit Software.....	37
Figura 17 - Configuração Revit	37
Figura 18 - Projeto Basic Sample Project do Revit	38
Figura 19 - Caminho Revit Export 3D View	38
Figura 20 - Processo de Exportação Revit	39
Figura 21 - 3DS Max - Sample Studio Scene	39
Figura 22 - 3DS Max Seleção dos Objetos	40
Figura 23 - Export 3DS Max.....	40
Figura 24 - Salvando mapa 3DS Max	41
Figura 25 - Include Datasmith	42
Figura 26 - Unreal Engine	43
Figura 27 - Configuração Blueprint.....	43
Figura 28 - Configuração Maximum Quality	44
Figura 29 - Configuração Raytracing.....	44
Figura 30 - Configuração Desktop / Console.....	45
Figura 31 - Materiais Unreal.....	45
Figura 32 – Level criado.....	46

Figura 33 - Level com objetos excluídos	47
Figura 34 - Habilitando Datasmith na Unreal.....	47
Figura 35 - Unreal Restart Now.....	48
Figura 36 - Janela Salvar	48
Figura 37 - Selecionando arquivo Revit para importação	49
Figura 38 - Janela Content.....	49
Figura 39 - Datasmith Import Options	50
Figura 40 - Visualização dentro da Unreal	50
Figura 41 - Levem com nevoa volumétrica.....	51
Figura 42 -Inserindo Nevoa Volumétrica	52
Figura 43 - Ativando o Fog.....	52
Figura 44 - Configurando Volumetric Scattering Intensity.....	53
Figura 45 - Volume de Pós-Processamento.....	54
Figura 46 - Intensidade Ambiente	55
Figura 47 - Bloom configure	56
Figura 48 – Configuração Lens Flares	57
Figura 49 - Screen Space Reflections.....	58
Figura 50 - Configurar Image Effects	58
Figura 51 - Primeiro Teste HTC-VIVE Lucas.....	59
Figura 52 - Primeiro Teste HTC-VIVE Pedro.....	60
Figura 53 - Altura da Câmera errada.....	61
Figura 54 - Ajustes do Teste 1	61
Figura 55 -Altura da câmera correta.....	62
Figura 56 - Teste 1 de mobilidade.....	63
Figura 57 - Baixando a caixa de mobilidade.....	63
Figura 58 - Teste 2 de mobilidade.....	64
Figura 59 - Antes vs Depois das boas práticas	64
Figura 60 - Antes vs Depois das boas práticas	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
VR	Virtual Reality(Realidade Virtual).
3D	Terceira dimensão.
Act-3D	Empresa desenvolvedora de software.
4K	Resolução de 2840x2160.
Quest 3D	Motor gráfico.
Vray	Software de renderização.
RAM	Memoria de computador.
CAD	Gênero de formato de arquivo.
BIM	Modelo da Informação da Construção.
3DS	Software de modelagem 3D.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 . JUSTIFICATIVA.....	14
1.2. HIPÓTESE	15
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. Objetivo Geral	16
1.3.2. Objetivos Específicos	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1. O QUE É ARCHVIZ OU VISUALIZAÇÃO ARQUITETÔNICA?	16
2.2. O QUE É MUNDO VIRTUAL?	18
2.3.O QUE É REALIDADE VIRTUAL.....	19
2.4. TECNOLOGIA DE REALIDADE VIRTUAL	21
2.5. REALIDADE VIRTUAL NA ARQUITETURA	22
2.6. O QUE É MODELAGEM 3D?	23
2.7. O QUE SÃO SOFTWARES DE MODELAGEM 3D?	24
2.8. O QUE É RENDERIZAÇÃO?.....	24
2.9. SOFTWARES DE MODELAGEM 3D NA ARQUITETURA.....	26
2.9.1. Autodesk Revit	26
2.9.2. Lumion	27
2.9.3. 3DS Max	29
2.10. SOFTWARES DE MODELAGEM 3D EM JOGOS	31
2.10.1. Unreal Engine 4.....	31
2.10.1.1 Produção de Realidade Virtual com Unreal Engine	34
3. MATERIAIS E MÉTODOS	34
3.1. UTILIZAÇÃO DOS PROJETOS DE DEMONSTRAÇÃO DOS SOFTWARES.....	35

3.2. Criação da Pipeline de integração com o Unreal Engine 4	35
3.3. Criação do Archviz em Realidade Virtual	35
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	36
4.1 UNREAL DATA SMITH	36
4.2 PIPELINE PARA O REVIT	36
4.3 PIPELINE PARA O 3DS MAX	39
4.4 PIPELINE LUMION	42
4.5 IMPORTAÇÃO DOS PROJETOS PARA UNREAL	42
4.6 OTIMIZAÇÃO DO PROJETO PARA UTILIZAÇÃO EM REALIDADE VIRTUAL	51
4.6.1 Névoa Volumétrica	51
4.6.2 Volume de Pós-Processamento	53
4.6.3 Oclusão Ambiental	54
4.6.4 Bloom	55
4.6.5 Reflexo de lente	56
4.6.6 Reflexões	57
4.6.7 Vinheta	58
5 – TESTES DO PROJETO DE REALIDADE VIRTUAL NO UNREAL	59
5.1 FASE DE TESTES 1	59
5.2 FASE DE TESTES 2	62
5.3 ANTES E DEPOIS DAS CONFIGURAÇÕES de AMBIENTE	64
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	69

1. INTRODUÇÃO

O principal meio de apresentar projetos para os clientes na área de arquitetura normalmente se limita à planta baixa e a apresentação de imagens renderizadas do projeto para proporcionar uma ideia aproximada da realidade do projeto quando terminado. Enquanto isto pode ser suficiente na maioria dos casos, o projeto em planta baixa e as poucas imagens renderizadas podem esconder algumas questões que podem resultar em insatisfações para o cliente e repercutir em retrabalho e aumento de custos durante a execução do projeto por causa de mudanças no projeto requisitadas pelo cliente. Por exemplo, não são poucos os casos em que ao começar a construção um cliente verifica que um determinado cômodo era menor do que imaginava ou que algum elemento construído é diferente do que foi entendido pelo cliente na planta.

Uma maneira de prevenir estes tipos de problemas e ao mesmo tempo engajar e encantar os clientes de uma empresa de arquitetura pode ser o emprego da Realidade Virtual. Com ela é possível proporcionar aos clientes a experiência de ser transportado virtualmente para o imóvel projetado e antever em detalhes como ele será.

A Realidade Virtual (RV) pode ser uma ferramenta muito útil, em primeiro lugar porque permite a visualização exata do projeto em escala real, de modo que o cliente possa entrar e visualizar o projeto virtualmente do modo exato como ele será quando for construído. Permite, inclusive, testar cores, texturas e diferentes tipos de decorações internas. Com a Realidade Virtual, há a otimização do trabalho, diminuindo a chance de retrabalho por mudança no projeto, de forma a evitar novos custos desnecessários. No mais, a RV poderá proporcionar uma maior aprovação dos projetos pois pode elevar a taxa de convencimento dos clientes em relação a realizar o projeto. O “passear” por dentro de sua nova casa ou do seu projeto dos sonhos pode ser um fator emocional que leve o cliente a se decidir por aprovar o projeto. Leva o cliente a sentir como se já possuísse aquilo. Proporciona uma experiência ao cliente e um engajamento emocional que os métodos tradicionais de visualização não conseguem proporcionar.

Até pouco tempo, as tecnologias ligadas à RV eram caras demais. Os custos dos softwares para arquitetura e dos equipamentos eram muito altos e eram fatores limitantes. Entretanto, nos últimos anos os custos dos softwares caíram consideravelmente, bem como os dos equipamentos de realidade virtual.

As tecnologias dos games têm se desenvolvido muito nos últimos anos, de modo a produzir jogos digitais cada vez mais realistas, com a criação de ambientes e construções com animações em tempo real. Os games têm influenciado inúmeras áreas e passaram a ser utilizados em funções “sérias”, não ligadas ao entretenimento.

O software de produção de jogos digitais Unreal Engine 4 pode ser considerado uma poderosa ferramenta para Archviz ou Visualização Arquitetônica. O Unreal Engine 4 passou a oferecer componentes para visualização arquitetônica a partir de sua versão 4.23, lançada em 2020. Além disso apresenta suporte para a criação de ambientes de Realidade Virtual, com renderização em tempo real. No mais é uma ferramenta gratuita, que somente é paga quando utilizada em projetos de games comerciais, mas que não apresenta nenhum custo extra, pelo menos com relação a software, para pessoas que queiram produzir visualizações em RV para arquitetura.

Neste trabalho pretende-se estudar essa ferramenta e como pode ser utilizada de modo integrado com os softwares tradicionais de projetos arquitetônicos para criar experiências de RV para possíveis clientes. Enquanto a área de games não é normalmente uma área ligada ao trabalho do arquiteto, inclusive ainda sendo vista de modo negativo por alguns, os benefícios que podem trazer aos projetos em arquitetura são grandes.

Para Vasconcelos e Pinochet (2004), quando uma tecnologia é substituída e um novo sistema é implantado ocorrem mudanças onde novas competências são necessárias para este novo meio. Dessa forma este tipo de inovação ocasionará a busca de atualização dos profissionais da área da arquitetura. Este trabalho procura auxiliar estes profissionais ao estudar os possíveis *pipelines* de produção, isto é, os métodos e caminhos para se integrar os projetos produzidos em alguns dos softwares de arquitetura mais utilizados com o motor de jogos Unreal Engine 4 de modo a produzir experiências de RV que possam ser utilizadas com possíveis clientes.

Atualmente uma das maiores dificuldades de se apresentar projetos arquitetônicos é a forma como o cliente e o arquiteto visualizam a obra finalizada. A maneira como uma pessoa interpreta algo, pode ser diferente da forma que outras pessoas visualizam a mesma coisa. O Prof. Elisson Andrade afirma que “A maneira

pela qual interpretamos o mundo ao nosso redor é apenas um reflexo do que somos” em sua obra *Porque Pensamos de Diferentes Formas?* (ELISSON, 2017).

Tendo como premissa a ideia de que as pessoas pensam de modos diferentes, pode-se afirmar que existe a possibilidade de que elas consigam imaginar de maneira diferente que o arquiteto produziu. E esse conjunto de atributos e características diferentes do levantamento de requisitos acrescentado a uma má apresentação desse produto poderá causar uma quebra de expectativas. Quando o projeto trata de construções físicas o transtorno se torna ainda maior, pelo agravante de envolver as emoções das pessoas que pagaram por todo os serviços de planejamento e construção de algo que não lhes agrada.

Dessa forma visando obter uma melhoria dos processos internos de desenvolvimento e evitando o retrabalho, iremos apresentar possíveis maneiras para a produção de um ambiente de RV para a visualização realista de projetos arquitetônicos, que irá permitir a renderização e alteração de cores e texturas de objetos (tapete, cor da parede, cor do chão, luzes, clima) no momento da apresentação.

Este trabalho está organizado da seguinte maneira: no capítulo 1 são apresentadas a justificativa, a hipótese e os objetivos da pesquisa; no capítulo 2 está o referencial teórico; no capítulo 3 estão os materiais e métodos; no capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos; no capítulo 5 são apresentadas as fases da prototipagem e testes e no capítulo 6 estão as considerações finais.

1.1 . JUSTIFICATIVA

No cenário atual da produção arquitetônica, a produção das renderizações demanda tempo, estudo e empenho além de gerar alguns pequenos custos para empresas. Por outro lado, o advento e o baixo custo, ou ausência de custo, de softwares de produção de games como o Unreal Engine têm possibilitado a criação de imagens e animações em tempo real com qualidade fotográfica invejável. Desta maneira, juntar a produção de projetos arquitetônicos gerados em softwares como o CAD, o Revit, Lumion ou o 3D Max com um motor de jogos pode criar oportunidades ímpares de mostrar estes mesmos projetos de uma maneira que ainda não era possível ao grande público por meio de vídeos em tempo real e também de visualização em Realidade Virtual.

No momento ainda não existem métodos, processos e nem boas práticas estabelecidas que ensinem a fazer uma boa *pipeline*, ou *caminho* de produção para exportação de projetos dos softwares arquitetônicos tradicionais para o Unreal Engine 4. E por não existir uma boa prática para a exportação destes projetos, os profissionais podem ter muita dificuldade em fazer isso.

Deste modo, este trabalho, pretende apresentar a ferramenta de desenvolvimento Unreal Engine 4 como uma possível solução para visualização arquitetônica em Realidade Virtual e estabelecer algumas *pipelines* de produção que permitam a importação de projetos criados nos softwares convencionais de arquitetura para a Engine Unreal 4 de modo a possibilitar a criação de experiências de visualização arquitetônica em Realidade Virtual.

Neste trabalho de pesquisa, serão discutidos conceitos que vão desde a criação de projetos em 2D, passando por visualização arquitetônica 2D, softwares de modelagem até a produção de projetos 3D em realidade virtual. Pretende-se verificar quais são os melhores caminhos para a criação de *pipelines* de importação dos softwares convencionais de arquitetura para o software de criação de jogos digitais Unreal Engine 4 de modo a criar experiências de visualização arquitetônica de qualidade superior em realidade virtual.

1.2. HIPÓTESE

O software de desenvolvimento de jogos digitais Unreal Engine 4 pode ser utilizado por arquitetos para produzir visualizações arquitetônicas de projetos em Realidade Virtual, com renderização em tempo real a partir do estabelecimento de pipelines de produção que ajudem o profissional a integrar seu software arquitetônico preferido ao Unreal Engine de modo a produzir uma Archviz em Realidade Virtual.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

Este projeto objetiva apresentar um caminho ou pipeline para a produção de visualizações arquitetônicas em Realidade Virtual utilizando a ferramenta de desenvolvimento Unreal Engine 4.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Desenvolver um Ambiente Virtual imersivo com a Unreal Engine a partir dos projetos criados em softwares arquitetônicos tradicionais.
- Possibilitar a visualização arquitetônica com óculos de Realidade Virtual.
- Estabelecer padrões para o *pipeline* da produção do ambiente virtual, começando pela exportação dos projetos de softwares arquitetônicos tradicionais até a configuração e otimização destes projetos em ambientes de realidade virtual no Unreal Engine 4.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. O QUE É ARCHVIZ OU VISUALIZAÇÃO ARQUITETÔNICA?

Sem dúvida um dos pontos mais importantes em qualquer fechamento de contrato é capacidade de emocionar e estimular a imaginação do cliente e uma boa apresentação de projeto.

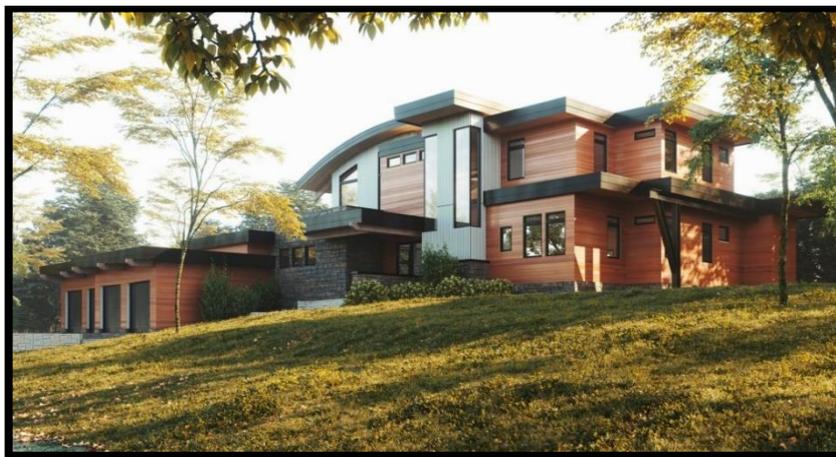
Uma das últimas etapas de um projeto arquitetônico é a renderização, onde se encontra a essência da visualização arquitetônica. É nesta parte que o cliente vai poder visualizar ou, em alguns casos, até interagir com o projeto do seu imóvel, em um tipo de *preview* do resultado do trabalho do arquiteto.

Tendo em vista que atualmente existem vários softwares que possuem a capacidade de mostrar esta visualização dos ambientes e imóveis desenvolvidos, algumas ferramentas com propósitos diferentes dos softwares voltados para

arquitetura também podem ser adaptadas para apresentar renderizações cada vez mais realistas.

Na figura 1, podemos ver um exemplo de visualização arquitetônica, o chamado “Archviz”. Trata-se de uma imagem gerada por computador, mas é tão realista que pode ser confundida com uma fotografia.

Figura 1 - Archviz



Fonte: ARCACG, 2020.

Archviz ou visualização arquitetônica foi definido por Ferradas (2016), como uma imagem desenhada ou gerada por computador que pode ser reconhecida por qualquer um, sem a necessidade de regras.

A visualização pode ser em 2D, que consiste em um modo de visualização bidimensional de projetos por meio de plantas baixas, cortes, fachadas e até mesmo perspectivas isométricas. É uma forma de detalhar os acabamentos e padronizar, a nível internacional, projetos arquitetônicos executivos, facilitando a leitura dos projetos na obra entre o arquiteto e o mestre de obras ou pedreiro. Este modo de visualização é utilizado em todos os projetos arquitetônicos sendo o mais utilizado pelos profissionais de arquitetura.

Entretanto, existem também os modos de visualização 3D, que consistem em um modo de visualização estereoscópica que simula a visão tridimensional. Para se visualizar por meio de visualização 3D é necessário utilizar óculos de realidade virtual (ver figura 2). São utilizadas duas imagens 2D, cada uma produzida a alguns centímetros de distância da outra, emulando a distância entre os olhos. Cada imagem é vista por um dos olhos. O cérebro trabalha de modo a sobrepor as duas imagens,

gerando a sensação de tridimensionalidade. Se as imagens forem animadas de modo síncrono, pode-se experimentar a sensação de se estar em um outro local virtualmente. Com a visualização 3D é possível transportar pessoas virtualmente para um local de modo que é possível experimentar como ficará a obra quando terminada facilitando o entendimento entre o cliente e o arquiteto.

2.2. O QUE É MUNDO VIRTUAL?

A definição de mundo virtual para Pierre Lévy:

Um mundo virtual, no sentido amplo, é um universo de possíveis, calculáveis a partir de um modelo digital. Ao interagir com o mundo virtual, os usuários o exploram e o atualizam simultaneamente. Quando as interações podem enriquecer ou modificar o modelo, o mundo virtual torna-se um vetor de inteligência e criação coletiva. (LEVY, 1999, p. 75).

Os mundos virtuais possuem quatro características, a saber, o entorno tridimensional, o entorno interativo e autônomo e entorno imerso.

Entorno tridimensional: Irá transformar algo não dimensional, como modelos matemáticos, em algo que proporciona uma sensação de tridimensionalidade. A representação interna dos seus elementos é tridimensional e funciona em consonância com os movimentos do usuário no mundo tridimensional real.

Entorno interativo e autônomo: O intuito do mundo virtual é fazer com que os usuários consigam interagir com o seu meio, consigam alterar o ambiente ou ser alterado por ele. Dessa forma os objetos que constituem o cenário interagem entre si. O usuário move-se e toma decisões quanto a suas ações no meio virtual.

Tudo ocorre em tempo real: Todas as atividades ocorrem em tempo real, ou seja, têm entradas promovidas por uma pessoa no mundo que ela está inserida, ou seja no mundo imersivo. O usuário tem a possibilidade de interagir com o ambiente realizando ações em determinados objetos e estes objetos correspondem em tempo real as ações propostas pelos usuários.

Entorno Imerso: O objetivo do mundo virtual é trazer o usuário da vida real para o ambiente simulado. Para isso precisam utilizar um equipamento, como um óculos de realidade virtual. A imersão refere-se principalmente ao efeito que a pessoa terá de reconhecer seu entorno tridimensional, e esta possibilidade de reconhecimento só existe quando trabalhamos com as três dimensões.

2.3.O QUE É REALIDADE VIRTUAL

Considera-se como realidade virtual “Um ambiente virtual no qual o usuário pode se inserir como se estivesse mesmo ali, mas tudo não passa de um sistema computacional”(VELASCO, 2019), ou seja, um ambiente ou interface que foi devidamente desenvolvido a partir de computação gráfica utilizando as técnicas de geração de imagens de objetos tridimensionais que podem ser visualizados a partir de dispositivos desenvolvidos com a finalidade de reproduzir este mundo virtual e simulado.

O principal propósito da realidade virtual é inserir totalmente o indivíduo em um mundo onde se pode interagir, através de equipamentos, com o ambiente, entidades NPC'S (*non-player character* ou personagem não jogável) e outros usuários conectados neste ambiente simulado.

A fim de garantir a imersão total dos usuários, foram desenvolvidos equipamentos que possuem como principal objetivo “enganar” os nossos sentidos, fazendo com que essa sensação de estarmos fisicamente nestes ambientes gerados por computadores seja ainda maior e mais convincente. Usualmente chamamos essa sensação de imersão, dentre esses equipamentos os principais são:

- **Óculos HMD:** Os óculos HMD – Head Mounted Display (figura 2) - são os principais elementos desta lista, ficando a cargo deste reproduzir as imagens de forma que a nossa visão seja enganada e entenda que estamos realmente enxergando um ambiente físico e tridimensional, assim como o mundo real.

Figura 2 - Óculos Cosmos Vive



Fonte: Vive, 2020.

- **Controles (para as mãos):** São os equipamentos responsáveis por possibilitar a interação entre o usuário e os elementos virtuais. Esses controles têm como objetivo replicar o movimento de nossos braços e mãos, embora ainda haja alguns *bugs* na visualização da reprodução dos movimentos, atualmente alguns controles já possuem tecnologia capaz de reproduzir até os movimentos dos dedos da mão.

Figura 3 - Controles Vive



Fonte: Vive, 2020.

- **Headphones ou Headsets:** Dispositivos responsáveis por reproduzir os efeitos sonoros do ambiente, que na maioria dos projetos em realidade virtual são direcionais, ou seja, induz o usuário a acreditar que existe um mundo real em sua volta.

Figura 4 - HyperX Cloud Revolver



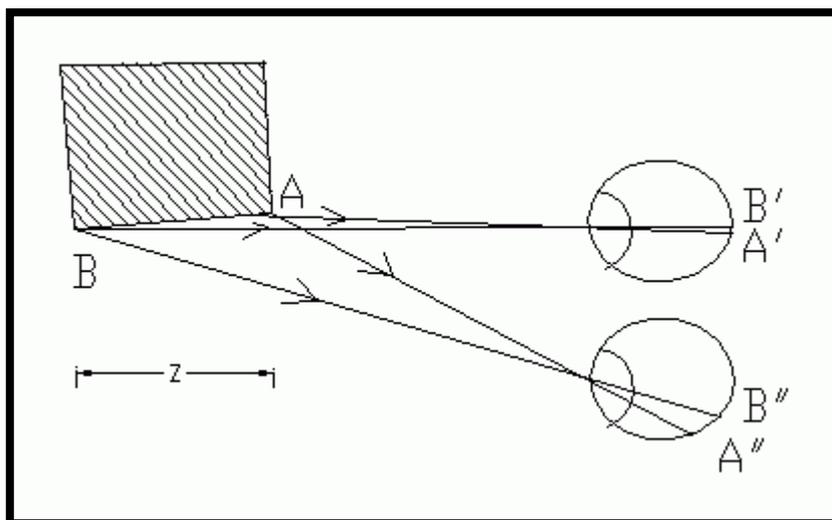
Fonte: GameEvolution, 2016.

Tendo em vista o alto grau de imersão e interatividade que, que a realidade virtual pode proporcionar às pessoas, essa tecnologia tem ganhado muito espaço em atividades de lazer como filmes e jogos, porém também está começando a ser utilizada para apresentar projetos onde a visualização do cliente pode ser um ponto chave para fechar um negócio.

2.4. TECNOLOGIA DE REALIDADE VIRTUAL

O ser humano, naturalmente, possui dois olhos em posições distintas no corpo. Ainda que não consigamos perceber isso em nosso dia-a-dia, temos a habilidade de enxergar a mesma cena a partir de dois ângulos diferentes. A isto chamamos “estereoscopia”, a sobreposição das imagens que são geradas por cada um de nossos olhos, realizada no córtex visual. O cérebro automaticamente funde as duas imagens em apenas uma e, nesse processo, obtém informações quanto à profundidade e nos permite enxergar de forma tridimensional (FONTOURA, 2019).

Figura 5 - Visão Binocular



Fonte: Instituto de Física “Gleb Wataghin”

Semelhante a isso, a Realidade Virtual se utiliza deste fenômeno chamado de efeito estereoscópico para gerar imagens virtuais que são reproduzidas a partir de dois ângulos diferentes, sendo que essas duas imagens serão dispostas de forma que cada um dos nossos olhos capture estas imagens separadamente a partir de displays que ficam diretamente em frente a cada olho, criando assim a ilusão de profundidade.

Diferente das técnicas de realidade aumentada, onde são inseridos elementos virtuais tridimensionais a partir do mesmo efeito estereoscópico em nosso mundo real, a realidade virtual deve simular o ambiente imersivo criado completamente por computador, sendo visualizado ou possibilitando interações a partir de equipamentos que são responsáveis por nos inserir neste ambiente. Segundo Pimentel (1995), “Realidade virtual é o uso de alta tecnologia para convencer o usuário de que ele se encontra em outra realidade, provocando o seu envolvimento por completo”.

2.5. REALIDADE VIRTUAL NA ARQUITETURA

A realidade virtual é um avanço grande no modo de apresentação dos projetos arquitetônicos. Com ela, arquitetos e designers de interiores podem demonstrar, de modo semelhante ao real, a visualização 3D (figura 6) onde o cliente poderá observar se é isto mesmo que deve ser construído. Conforme diz Rodrigues (2019) “A realidade

virtual vai te ajudar a inovar na apresentação daquele projeto importante e deixar o seu cliente sem palavras”.

Figura 6 - Capacidade de visualização



Fonte: Empire Telecom, 2018.

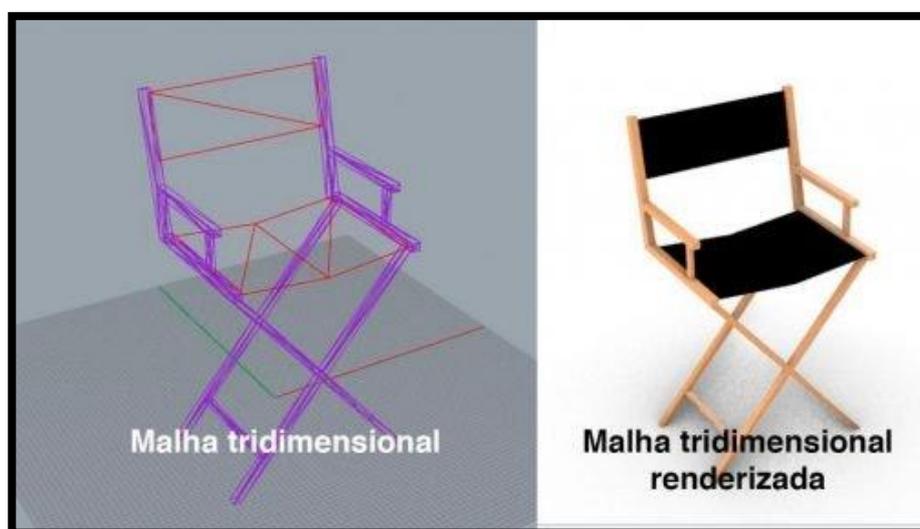
Com essa tecnologia o cliente poderá ‘caminhar’ dentro do projeto. Até mesmo, no desenvolvimento do projeto é possível identificar pequenas falhas ou melhorias a serem feitas, pois esta tecnologia permite que a pessoa possa ver o imóvel precisamente como ficará quando construído. Questões de aberturas de portas, localização de janelas e locais de móveis podem ser verificadas sem que sequer um tijolo tenha sido assentado na obra.

2.6. O QUE É MODELAGEM 3D?

Quando paramos para pensar o que seria modelagem 3D, a mente de muitas pessoas automaticamente associa os filmes e desenhos animados sendo algo tridimensional, mas por sua vez a modelagem digital é muito ampla, podendo ser usada desde seguimos profissionais a hobbies.

Em si modelagem digital 3D é uma construção algo, sendo desenho ou modelo em três dimensões através de um software 3D, que irá utilizar modelos matemáticos para conseguir representar a construção do objeto, que pode ser chamada de malha tridimensional, como vemos na imagem abaixo.

Figura 7 - Malha tridimensional



Fonte: Mundo do desenho digital, 2018.

2.7. O QUE SÃO SOFTWARES DE MODELAGEM 3D?

São aplicativos desenvolvidos para modelagem tridimensional de objetos, partindo do pressuposto de conceitos matemáticos.

Existe uma grande quantidade de softwares disponíveis no mercado voltado para a área de modelagem tridimensional. Vão desde softwares voltados para projeto de móveis a engenharia e design de produtos. Vale ressaltar que cada software disponível no mercado surgiu com intuito de solucionar um problema na sua determinada área.

Com o intuito de solucionar problemas, cada software tem sua particularidade, com “defeitos” e qualidades, dependem da área de modelagem que você irá trabalhar com ele, sendo assim para cada área de trabalho terá um software que será mais adequado para utilização, onde de certa forma irá atender e suprir às suas necessidades de expectativas de trabalho.

2.8. O QUE É RENDERIZAÇÃO?

Garcia (2019) afirma que “Renderização é o processamento de um material bruto digitalizado como imagens, vídeos e áudio” em outras palavras, renderização é

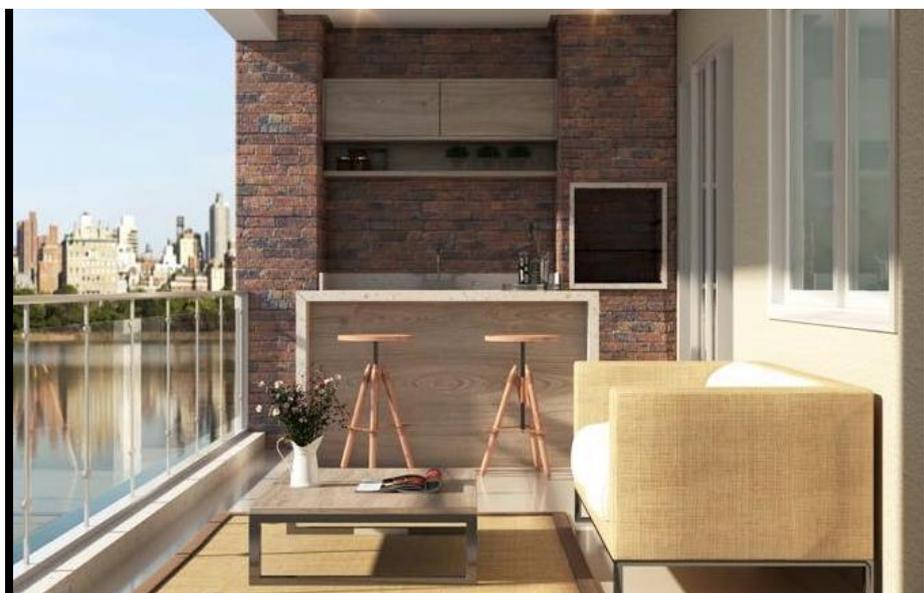
uma imagem ou vídeo trabalhado da visualização 3D, onde mostrará, o mais próximo possível, da realidade. Sendo assim, seriam imagens ou vídeos bem elaborados e detalhados mostrando os todos tipos de materiais e cores utilizadas no ambiente. Como vemos nas figuras 8 e 9.

Figura 8 - Imagem antes de renderizar



Fonte: BM Maquetes, 2018

Figura 9 - Imagem depois de renderizar



Fonte: BM Maquetes, 2018

A renderização pode ser feita com diversos tipos de clima e horários do dia de maneira muito semelhante ao mundo real auxiliando o arquiteto a demonstrar sua proposta ao cliente. O software emula o ângulo de incidência da luz e a quantidade de partículas no ar que podem emular a presença ou não de névoa, de modo a simular perfeitamente condições atmosféricas do mundo real, o que aumenta ainda mais a sensação de realidade.

2.9. SOFTWARES DE MODELAGEM 3D NA ARQUITETURA

Em arquitetura existem diversos softwares de modelagem 3D especializados na criação de projetos arquitetônicos, que atenderem diferentes profissionais e finalidades. Esses softwares vêm com intuito de agregar valor ao trabalho exercido por esses profissionais, de forma a agilizar, organizar e planejar processos, bem como de produzir visualizações do projeto que podem permitir tomadas de decisão e convencimento do cliente quanto ao projeto.

Dessa forma, foram identificados alguns softwares de relevância na área de arquitetura que merecem atenção, como será visto nas seções 2.9.1, 2.9.2 e 2.9.3.

2.9.1. Autodesk Revit

Software do gênero BIM (Building Information Model ou Modelo da Informação da Construção) desenvolvido para arquitetos, engenheiros, urbanistas e designers com a finalidade de desenvolver projetos de estruturas, casas edifícios e visualização destes projetos através de fotos, vídeos, animações e também visualização em tempo real durante o desenvolvimento, ou como Gilda Lúcia define:

Diferentemente de um simples modelador 3D, a plataforma BIM é uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores (AEC) na elaboração de um modelo virtual preciso, o qual gera uma base de dados que contém tanto informações topológicas como os subsídios necessários para orçamento, cálculo energético e previsão das fases da construção, entre outras atividades. (MENEZES, 2011,p. 154-154).

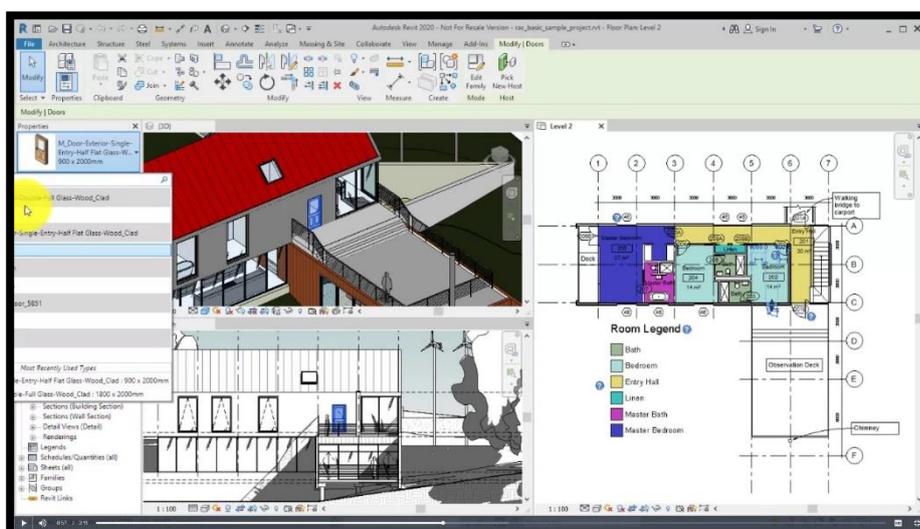
O software foi desenvolvido pela empresa Charles River Software, que em 1997 foi rebatizada como Revit Technology Corporation. O Revit (ver figura10) teve sua

primeira versão estável lançada no ano de 2000 que foi adquirida pela AutoDesk em 2002.

Uma das principais revoluções que o Revit trazia era a um ambiente virtual de forma tridimensional que possibilitava a criação de famílias paramétricas e a adição de um atributo de tempo permitindo uma “quarta dimensão”. Esse elemento de tempo permitia criar e simular diversos cronogramas das várias fases do projeto.

Os *layers* foram substituídos pelas famílias, que são blocos distintos de objetos onde as partes dos projetos são separadas por tipo, como por exemplo, uma porta de madeira pertence à família porta.

Figura 10 - Interface do Revit 2020



Fonte: AutoDesk, 2020.

“O AutoCAD e o Revit são interoperáveis e podem ser usados juntos, por exemplo, para incorporar projetos criados no AutoCAD em um projeto do Revit” ou criar projetos sem o auxílio de nenhum por software na edição Architecture (AUTODESK, 2018a).

O Revit pode trabalhar com diversas ferramentas externas da família AutoDesk, inclusive ferramentas exclusivas para renderização de imagem e vídeos.

2.9.2. Lumion

Tem como base o motor gráfico Quest 3D desenvolvido pela Act-3D, o Lumion surgiu em 2010 com a ideia de levar aos arquitetos maior poder para desenvolvimento

3D em tempo real. Embora seja o coração da ferramenta para desenvolvimento arquitetônico, o Quest 3D foi originalmente projetado e usado para compor softwares de design de produtos, simuladores e até jogos.

“O Quest 3D foi o trampolim crucial que levou à percepção de que os arquitetos estavam perdendo alguma coisa: uma ferramenta de visualização para obter resultados rapidamente, sem a necessidade de uma formação altamente técnica ou experiência prévia com gráficos 3D” (AUTODESK, 2020a)

De forma muito simples, pessoas com menos conhecimento em softwares de renderização podem configurar pequenos filmes de passeio por dentro dos ambientes projetados, fotos 360º e também produzir imagens fotorealistas que podem chegar a resoluções até 4K.

"O Lumion cresceu para incluir centenas de milhares de usuários entusiasmados em mais de 180 países e pode ser encontrado em cerca de três quartos das 100 maiores empresas de arquitetura do mundo" (AUTODESK, 2020b).

Na figura 11 podemos observar a interface de produção e edição do Lumion na versão 10.0. de edição PRO.

Figura 11 - Interface Lumion Pro 10.0



Fonte: Lumion, 2019.

Boa parte deste do desempenho e facilidade de projetar em 3D que o Lumion possui se deve ao fato de seu motor gráfico processar os pixels conforme sua

exposição à luz através da placa de vídeo, diferente de softwares também conhecidos como Vray, assim como os motores gráficos de jogos trabalham. Entretanto, esse desempenho possui um custo de hardware um pouco mais elevado, necessitando de um maior poder de processamento por parte da placa de vídeo, além de demandar uma enorme capacidade em de memória RAM.

Tendo em vista o poder de renderização do Lumion e sua facilidade de operação, pode-se considerar que se trata de uma ótima ferramenta para a produção de conteúdo para visualização arquitetônica. Embora haja uma necessidade de um computador robusto para trabalhar com um bom desempenho no Lumion, existe uma tendência nos softwares de renderização de possuir um alto consumo de recursos computacionais, isso é conforme aumenta a qualidade do resultado aumenta o consumo de recursos.

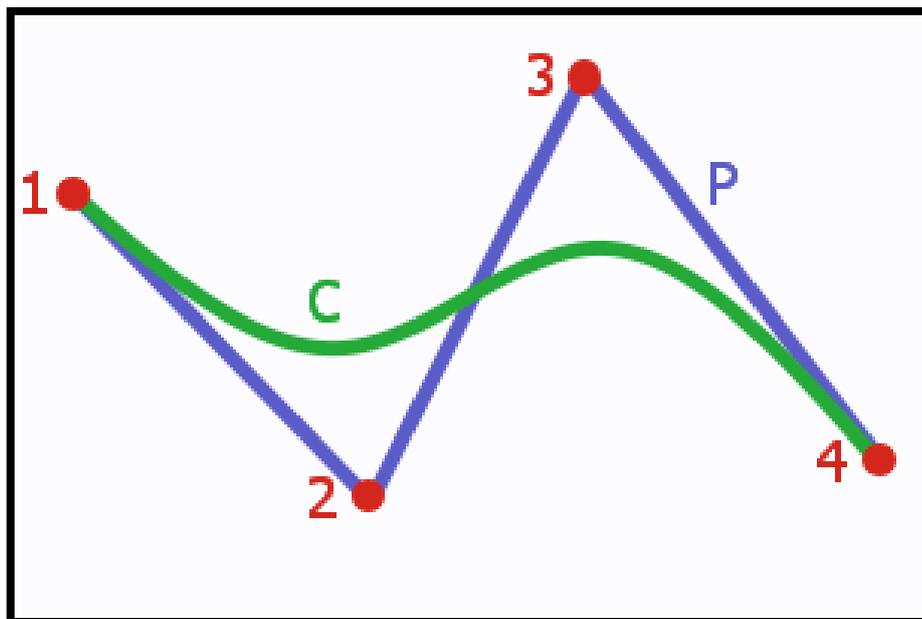
2.9.3. 3DS Max

Desenvolvido pela AutoDesk e lançado em 2017, o 3DS é atualmente um dos softwares voltados para modelagem tridimensional mais robustos e completos, contando com um dos mais altos níveis de qualidade gráfica, sendo capaz de criar desde maquetes eletrônicas até filmes de animações, personagens para jogos e outros tipos de animações. Segundo Paixão (2019), dada a sua robustez e popularidade, é considerado por muitos, o melhor programa para criações de imagens de arquitetura 3D foto realista.

Parte de sua capacidade de modelar objetos tão realistas se dá graças a utilização da tecnologia *NURBS* (Non Uniform Rational Basis Spline ou Curva definida matematicamente por dois ou mais pontos de controle de Base Racional Não Uniforme), onde as superfícies irregulares são calculadas através da matemática utilizando pontos e linhas retas que reproduzem linha curvas (ver figura 12). Segundo a AutoDesk:

“Curvas e superfícies NURBS não existem no mundo de desenho tradicional. Foram criadas especificamente para modelos 3D usando computadores. Curvas e superfícies representam contornos ou formas dentro de um espaço de modelo 3D. Elas são construídas matematicamente.” (AUTODESK, 2018b)

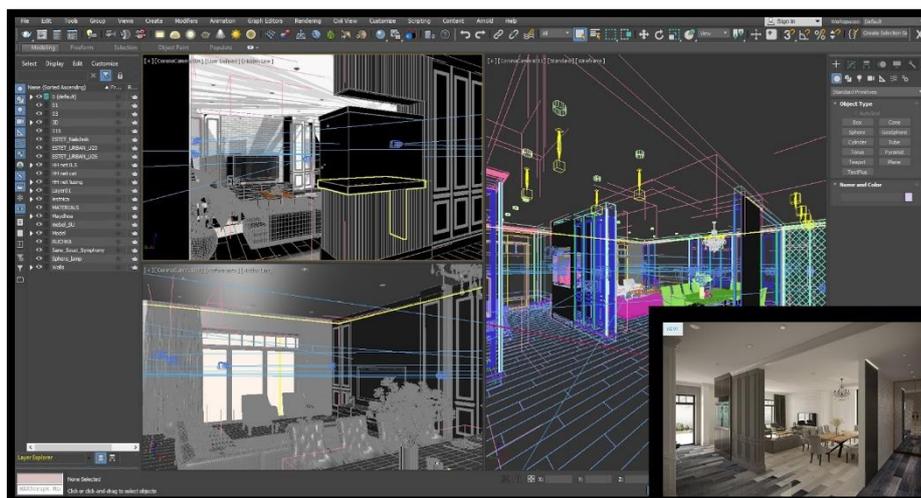
Figura 12 - NURBS



Fonte: RealWorld Graphics, 2019.

O software é considerado ideal para quem trabalha de forma profissional e que deseja atingir os mais altos padrões de qualidade, com funções complexas e detalhadas, cada objeto pode ser configurado perfeitamente como o autor desejar, sendo fiel ao idealizado. Seu alto nível de precisão faz com que este software seja perfeito para projetos pequenos, médios ou de grandes portes sendo eles objetos e/ou maquetes. Por mais que sua interface intimide qualquer iniciante, profissionais que se especializam no mesmo deixam claro que este é um ótimo software para atingir o equilíbrio entre agilidade e qualidade.

Figura 13 - Interface 3DS MAX 2020



Fonte: Wikimedia, 2020.

Considerando a complexidade e as inúmeras funcionalidades do 3Ds, para este trabalho iremos levar em consideração apenas as capacidades de reprodução gráfica e de renderização do cenário escolhido para comparação.

2.10. SOFTWARES DE MODELAGEM 3D EM JOGOS

Da mesma maneira que existem softwares voltados para área de arquitetura, existem softwares voltados para a área de jogos digitais que também desempenham funções de modelagem 3D. Estes softwares têm o intuito de agregar valor ao trabalho dos profissionais de desenvolvimento de jogos digitais, de forma a agilizar processos.

Com base nisso, o software Unreal Engine em sua versão 4.20, tem uma grande relevância ao se falar de renderização, facilidade de configuração e capacidade gráfica. Veremos mais sobre estas características abaixo.

2.10.1. Unreal Engine 4

O Unreal Engine 4 é considerado um dos melhores motores gráficos de jogos da atualidade. Segundo Micali (2014), o motor de jogos renderiza visuais com “um absurdo grau de esmero e é o queridinho dos desenvolvedores”. O UE4 é o software de desenvolvimento por trás de alguns jogos que nos últimos anos ficaram no topo das listas de melhores games. Entre eles estão os dois maiores nomes do gênero *Battle Royale: Playerunknown's Battlegrounds* e *Fortnite*.

A capacidade de criação de cenários e ambientes do Unreal Engine é impressionante, sendo capaz de recriar ambientes inteiros de forma detalhada, possuindo florestas, rios e construções dentro de mapas com várias cidades. Tudo é renderizado em tempo real com qualidade gráfica fotográfica com uma elevada taxa de quadros.

Segundo Vinha (2017):

“os gráficos de Player Unknown's Battlegrounds não são ruins. Pelo contrário, são muito mais detalhados e realistas do que a maioria dos outros jogos do mesmo gênero, como *H1Z1* e *DayZ*. Os personagens se movem com mais naturalidade e a ambientação tem texturas melhores e mais caprichadas”.

Além disso, games do tipo *battle royale* comumente rodam em plataformas multiplayer, que na maioria dos casos, possuem capacidade para cem jogadores simultaneamente (SOUZA, 2017).

Figura 14 - Gráficos realistas do Battlegrounds



Fonte: Game Tyrant, 2018.

Figura 15 - Gráficos Foto Realistas



Fonte: Adrenaline, 2020.

Embora os motores gráficos sejam famosos por necessitarem de certo domínio de linguagens de programação, além da possibilidade de programar em C++, o Unreal Engine possui um modo de programação por nós, o “Blueprint”, que é uma forma interativa e gráfica de programar que permite que pessoas que não sejam programadores mas que conheçam um pouco de lógica da programação possam fazer animações e jogos. No mais possuem controles de reflexão da luz e oclusão do ambiente que criam cenários extremamente realistas. Na figura 15, por exemplo podemos ver como a luz do sol bate no assoalho da quadra e reflete nas paredes internas do prédio, criando um ambiente acolhedor e muito semelhante ao real.

Com essa capacidade de gerar gráficos ultra realistas e possuir métricas precisas, a Unreal se mostrou um software de modelagem 3D muito poderoso, que pode tornar o cenário muito mais interativo para os usuários, possibilitando um passeio onde o consumidor final pode literalmente andar e interagir com basicamente tudo no ambiente. Este passeio ainda pode ser incrementado com a tecnologia de realidade virtual ou realidade aumentada. No caso da realidade virtual, projetando o usuário para dentro de seu projeto, no caso da realidade aumentada permitindo que o prédio seja visto no local onde será construído através da tela de um smartfone mesmo antes de se começar a construí-lo.

Em virtude dos fatos mencionados, o Unreal Engine tem sido utilizado por algumas agências como software para criação de conteúdo para visualização arquitetônica e vem conquistando espaço nesse mercado. A Epic Games tem

disponibilizado documentações e técnicas para utilização do Unreal Engine para fins arquitetônicos e recentemente novas ferramentas com finalidades para arquitetura, engenharia e construção foram adicionadas a partir da versão 4.20.

2.10.1.1 Produção de Realidade Virtual com Unreal Engine

Embora a Unreal Engine 4 tenha a capacidade de possibilitar diversas formas de configurações avançadas para a utilização de realidade virtual, visualizar um projeto ou ambiente criado na UE4 pode ser feito de forma bem simples.

O Unreal Engine 4 possui alguns modos de visualização para que o ambiente possa ser visualizado ainda na fase de desenvolvimento, pois o motor gráfico possui a capacidade de renderizar em tempo real com todos os efeitos gráficos, eliminando a necessidade de se criar uma instalação ou vídeo do projeto renderizado.

Conforme os dispositivos são conectados e configurados no computador, o Unreal Engine 4 pode utilizá-los como meio de visualização. Se os óculos de realidade virtual estiverem instalados, podemos selecioná-los para serem utilizados como dispositivo para visualizar o ambiente criado no projeto, assim veremos o projeto em realidade virtual.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste projeto, optou-se por utilizar o método de pesquisa exploratória. Inicialmente, pretende-se fazer um levantamento bibliográfico quanto aos softwares mais utilizados por arquitetos. Foi realizada uma comparação entre os principais softwares de renderização. A escolha levou em consideração principalmente a relevância de mercado. Em meio aos softwares disponíveis no mercado brasileiro foram escolhidos para o estudo o Lumion, o Autodesk Revit, e o 3DS Max.

Para que se possa fazer a comparação dos softwares, um arquiteto formado será consultado e criará um único projeto arquitetônico básico que será usado em todos os softwares para facilitar comparações.

3.1. UTILIZAÇÃO DOS PROJETOS DE DEMONSTRAÇÃO DOS SOFTWARES

O teste será composto da seguinte forma: iremos utilizar projetos que são desenvolvidos com a finalidade de demonstração das ferramentas Lumion, Autodesk Revit e 3DS Max para realizar a conversão de forma que os projetos possam serem importados para a Unreal. Para cada um deles serão levantadas características como a facilidade em se realizar a exportação, configurações necessárias, facilidade de importação e o aspecto visual dos objetos após serem inseridos na cena na Unreal. No mais, também serão estudados os formatos de arquivo para exportação que cada um deles proporciona.

3.2. CRIAÇÃO DA PIPELINE DE INTEGRAÇÃO COM O UNREAL ENGINE 4

Após o estudo dos softwares arquitetônicos, serão realizados experimentos de integração deles com o Unreal Engine 4 de modo a experimentar como a integração de cada um destes softwares ocorre, criando uma *pipeline* de produção. Pretende-se analisar o modo de exportação dos softwares arquitetônicos e como a importação dos projetos acontece no Unreal Engine 4 mostrando a melhor maneira de intermediar a importação de projetos dos softwares AutoDesk Revit, Lumion e 3DS Max voltados para arquitetura, para o software de produção de Jogos Unreal Engine 4. Pretende-se verificar quais são as dificuldades e facilidades deste processo de importação dos projetos produzidos em cada um destes softwares para o Unreal Engine, de modo a obter a melhor qualidade possível tanto das estruturas como das texturas dos materiais.

3.3. CRIAÇÃO DO ARCHVIZ EM REALIDADE VIRTUAL

Depois da importação, pretende-se criar o ambiente de Realidade Virtual com cada um destes utilizando os elementos de realidade virtual do Unreal Engine.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 UNREAL DATASMITH

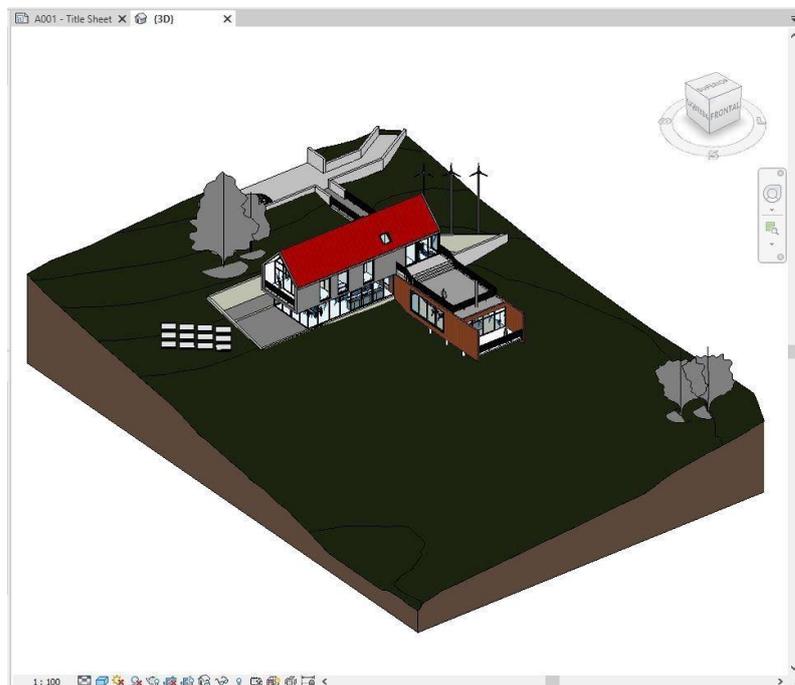
Embora haja maneiras de se realizar conversão de projetos criados em softwares como o Revit ou Sketchup, na maioria das vezes se faz necessário realizar um longo e cansativo trabalho de configuração para realizar a exportação em um formato de arquivo que a Unreal interprete, demandando ainda mais esforço e conhecimento na importação desses arquivos. Com base nisso a Unreal desenvolveu o Datasmith, que resumidamente trata-se de um conjunto de ferramentas e plugins que tem como intuito converter projetos em um tipo de arquivo totalmente familiar para o motor gráfico, o que facilita a tarefa de mover cenas ou até projetos completos para dentro da Unreal. “Para trazer cenas pré-construídas inteiras e montagens complexas para o Unreal, independentemente de quão grandes, densas ou pesadas essas cenas possam ser. Em vez de forçar a desconstruir suas cenas e montagens em partes individuais, para passar cada parte individualmente para o motor de jogo separadamente por meio de importação dos arquivos FBX e, em seguida, remontar a cena no Unreal Editor”(EPIC GAMES, 2020a) O Datasmith em si ele reutiliza os recursos e layouts que foram construídos nas outras ferramentas e importa os elementos em bloco.”

4.2 PIPELINE PARA O REVIT

Para darmos início com a criação da pipeline de integração do Revit para a Unreal, utilizamos a ferramenta Datasmith, que é responsável por facilitar e melhorar esse processo. O Datasmith pode ser obtido gratuitamente no portal da Unreal na seguinte URL: <https://www.unrealengine.com/en-US/datasmith>. Basta realizar o download e a instalação.

Este processo nos permitirá uma visão completa do projeto, podendo assim checar todos os aspectos do ambiente.

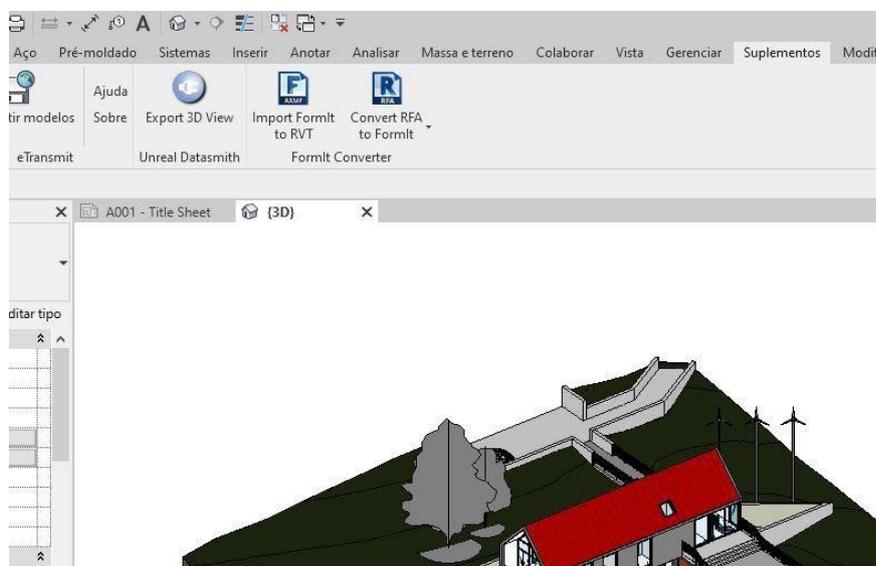
Figura 18 - Projeto Basic Sample Project do Revit



Fonte: Os autores, 2020.

Feito Isso, deve-se abrir o menu Suplementos, na parte superior do Revit, e clicar no botão Export 3D View, assim uma nova janela deverá se abrir para que seja definido um nome e selecionado o local onde os arquivos deveram serem salvos.

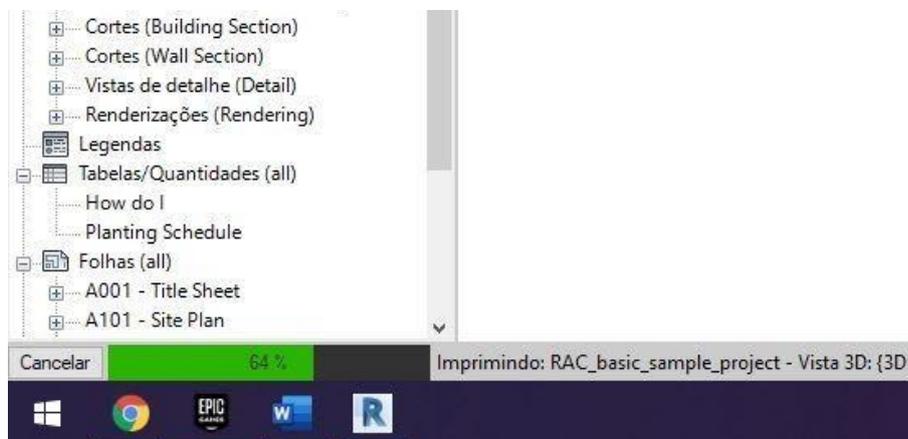
Figura 19 - Caminho Revit Export 3D View



Fonte: Os autores, 2020.

No canto inferior esquerdo do Revit uma barra de carregamento irá indicar o andamento do processo de conversão. Ao fim deste carregamento a exportação estará concluída e pronta para importação na Unreal.

Figura 20 - Processo de Exportação Revit

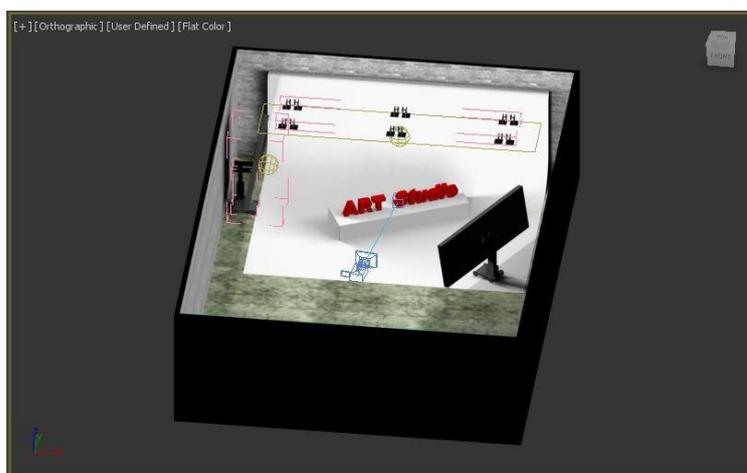


Fonte: Os autores, 2020.

4.3 PIPELINE PARA O 3DS MAX

Assim como no Revit, iremos usar a ferramenta de conversão de projetos Datasmith devido a sua facilidade e capacidade de exportação sem comprometer nenhum aspecto do da cena, além da facilidade em se importar tudo para dentro da Unreal. O projeto escolhido para que fosse realizada a importação e exportação chama-se Sample - Studio Scene, que é um template para demonstrações do 3DS MAX.

Figura 21 - 3DS Max - Sample Studio Scene

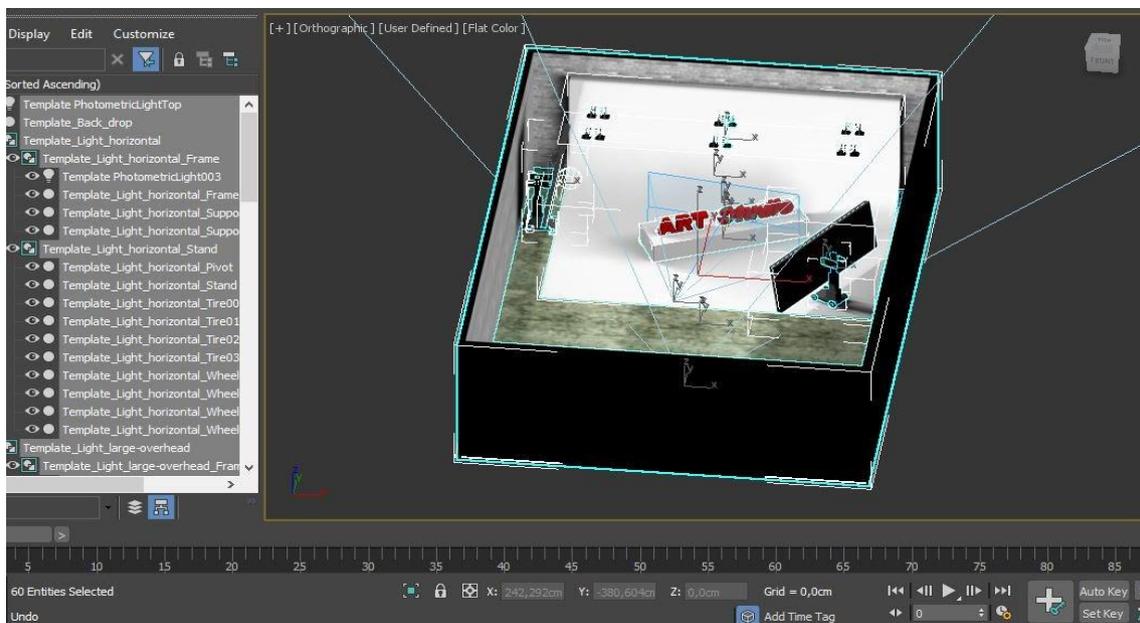


Fonte: Os autores, 2020.

A conversão pelo 3DS MAX é um pouco mais simples em relação ao Revit, bastando poucos passos:

- ❖ O primeiro passo é selecionar todos os objetos que serão exportados.

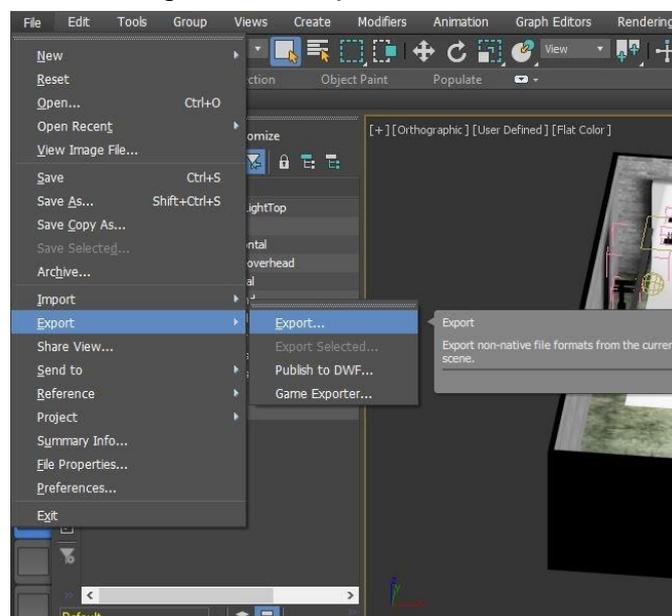
Figura 22 - 3DS Max Seleção dos Objetos



Fonte: Os autores, 2020.

- ❖ Após selecionar todos os objetos, deve-se abrir o menu File, selecionar o submenu Export e clicar em Export.

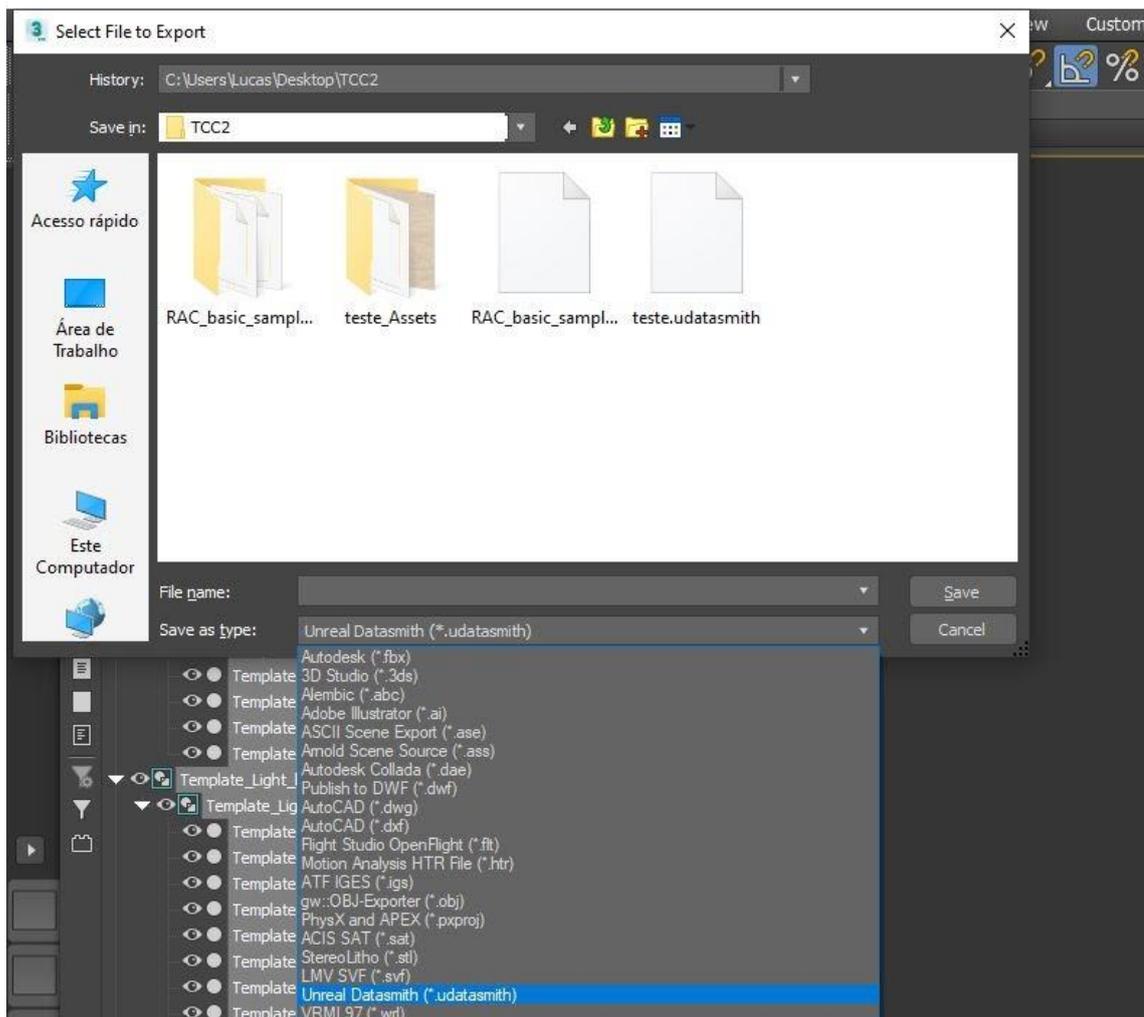
Figura 23 - Export 3DS Max



Fonte: Os autores, 2020.

- ❖ Ao clicar em exportar, uma tela para que seja selecionado um local, um nome e um tipo para salvar o arquivo. No campo Save as type, deve-se selecionar Unreal Datasmith (*.udatasmith) para que o projeto seja salvo na extensão compatível com a Unreal.

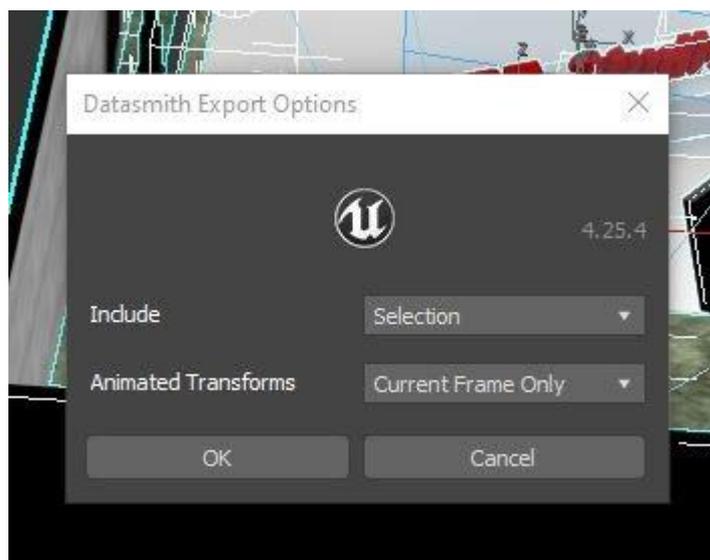
Figura 24 - Salvando mapa 3DS Max



Fonte: Os autores, 2020.

- ❖ Ao clicar no botão Save para salvar o projeto uma tela de opções de exportação deverá se abrir, bastando selecionar a opção Selection no campo Include e clicar no botão Ok.

Figura 25 - Include Datasmith



Fonte: Os autores, 2020.

4.4 PIPELINE LUMION

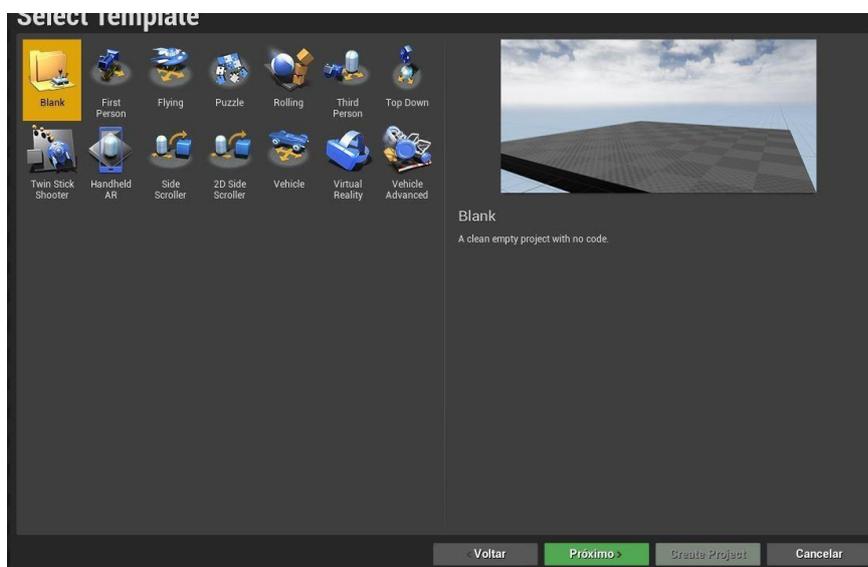
Ao tentar fazer a pipeline do Lumion foi constatado que não há possibilidade de exportar o projeto. Dessa maneira, vimos que o Lumion não exporta para nenhum outro software, impossibilitando criar a pipeline para desenvolvimento no Unreal.

4.5 IMPORTAÇÃO DOS PROJETOS PARA UNREAL

Após realizar a exportação do projeto utilizando a ferramenta Datasmith, conforme o software utilizado para criar a cena, deve-se realizar o processo de importação do projeto na Unreal, seguindo alguns passos:

- ❖ Ao iniciar a Unreal devemos criar um novo projeto selecionando o template Blank, assim vamos criar um projeto em branco para que seja realizado a importação do projeto.

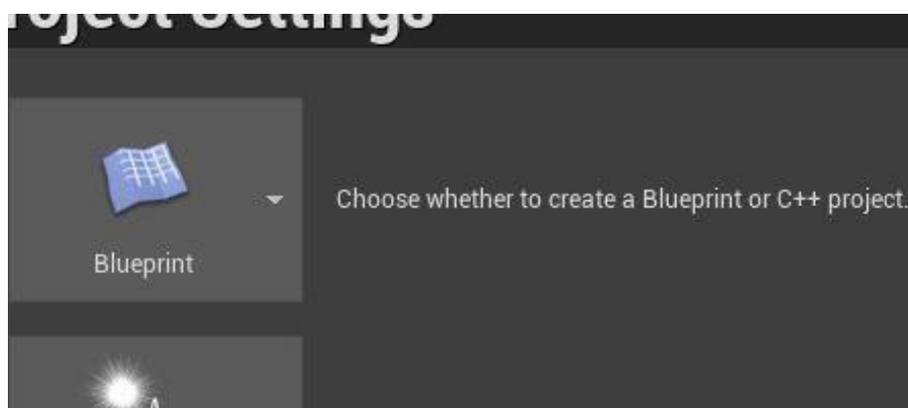
Figura 26 - Unreal Engine



Fonte: Os autores, 2020.

- ❖ Clicando no botão próximo deve-se selecionar alguns parâmetros para a demonstração. No primeiro item deverá ser selecionado a opção Blueprint.

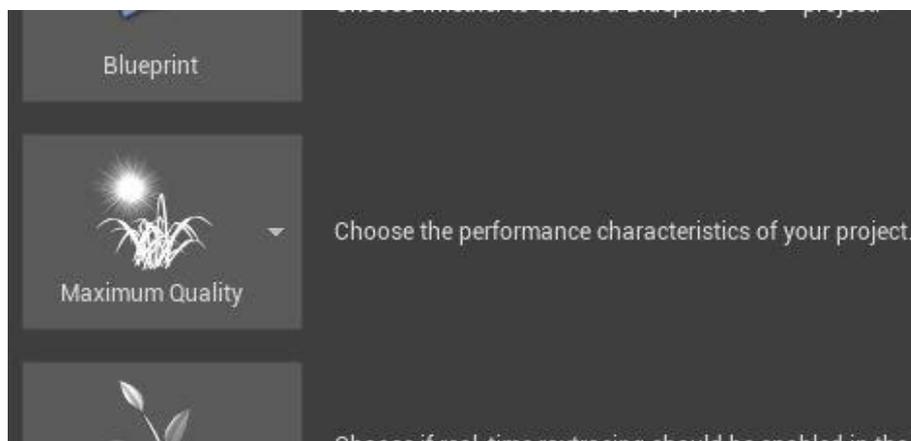
Figura 27 - Configuração Blueprint



Fonte: Os autores, 2020.

- ❖ A Segunda opção deve-se selecionar a opção Maximum Quality, para que o projeto mantenha a melhor qualidade gráfica.

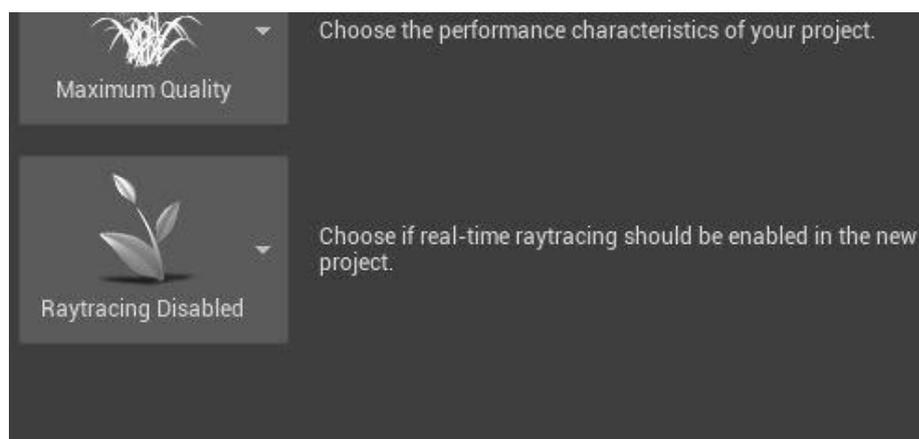
Figura 28 - Configuração Maximum Quality



Fonte: Os autores, 2020.

- ❖ Na terceira opção deverá ser selecionado a opção Raytracing Disable.

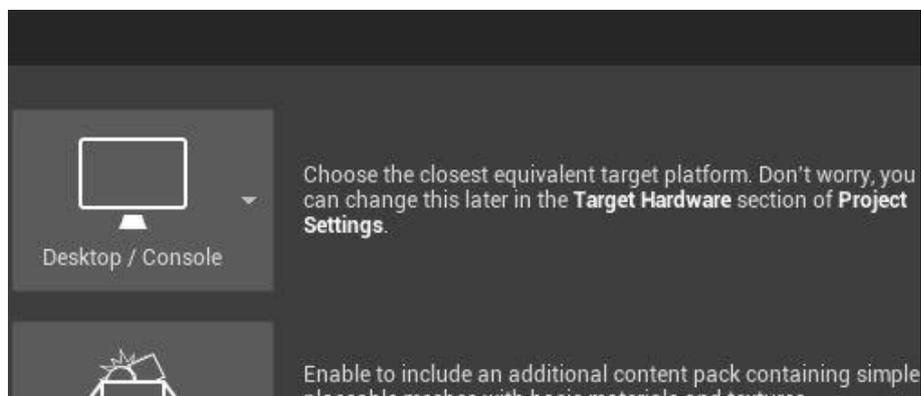
Figura 29 - Configuração Raytracing



Fonte: Os autores, 2020.

- ❖ A quarta opção está localizada na coluna do lado direito, nela deveremos selecionar a opção Desktop / Console.

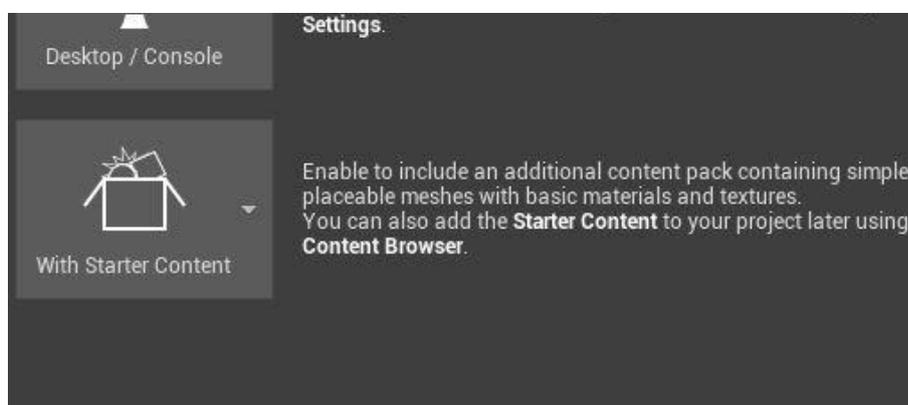
Figura 30 - Configuração Desktop / Console



Fonte: Os autores, 2020.

- ❖ Na quinta e última opção deve-se selecionar With Starter Content, esta opção irá incluir alguns materiais e objetos básicos que a Unreal disponibiliza.

Figura 31 - Materiais Unreal



Fonte: Os autores, 2020.

No canto inferior da tela de projeto da Unreal pode-se selecionar o local onde o projeto deverá ser salvo e definir um nome a este projeto. Após realizar estas configurações basta clicar no botão Create Project e aguardar o projeto ser carregado.

- Ao abrir o projeto criado, um pequeno cenário de demonstração pode ser visto, porém não será utilizado estes objetos para realizar a importação do projeto do Revit, logo todos estes objetos em cena poderão ser excluídos, deixando somente os elementos atmosféricos da cena. Para excluir os objetos, basta selecioná-los e teclar o botão Delete.

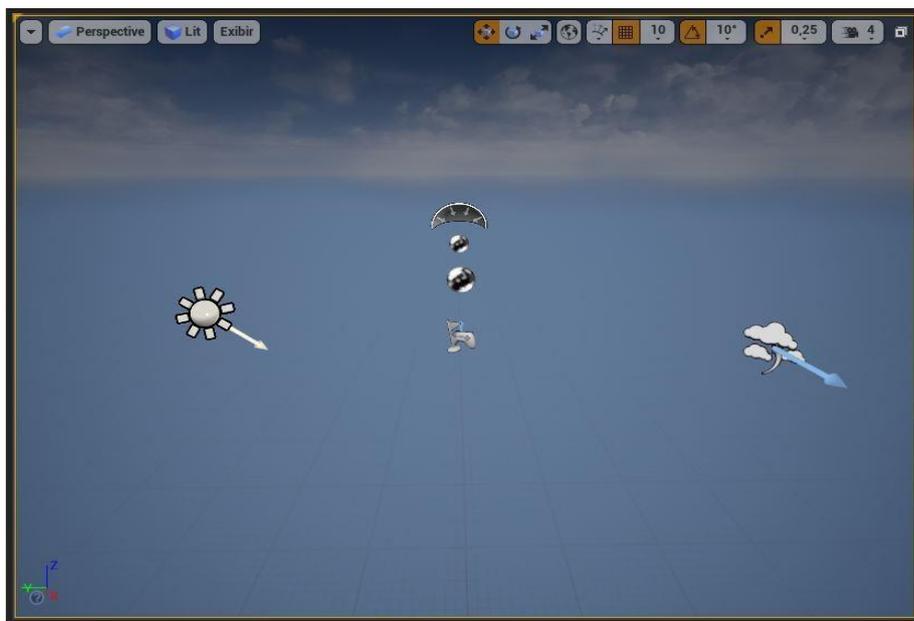
Figura 32 – Level criado



Fonte: Os autores, 2020.

Após a exclusão dos objetos, a cena como a imagem a seguir:

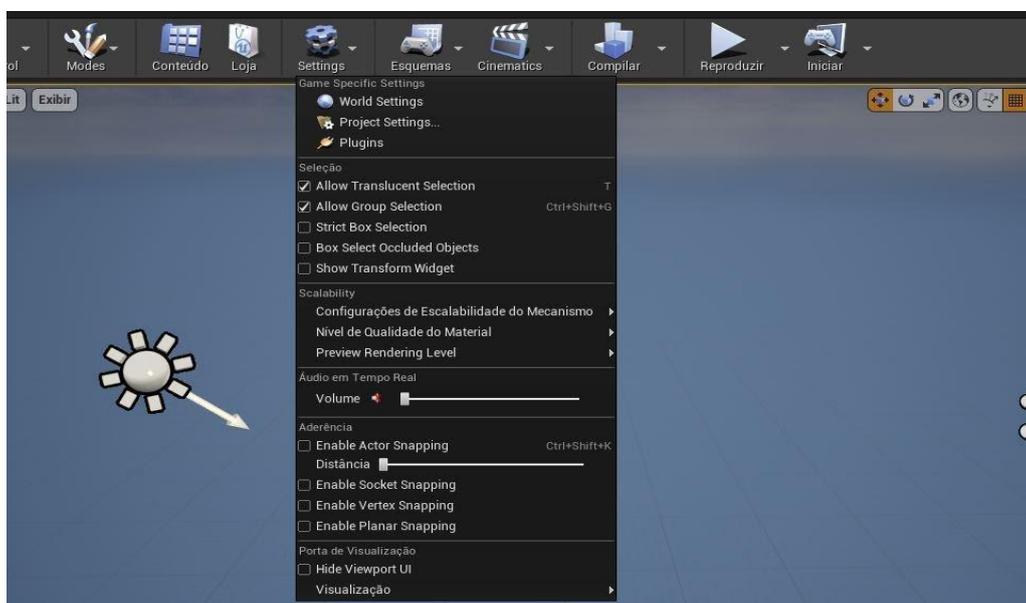
Figura 33 - Level com objetos excluídos



Fonte: Os autores, 2020.

O Próximo será habilitar a ferramenta Datasmith na Unreal, abrindo menu Settings e abrindo a opção Plugins.

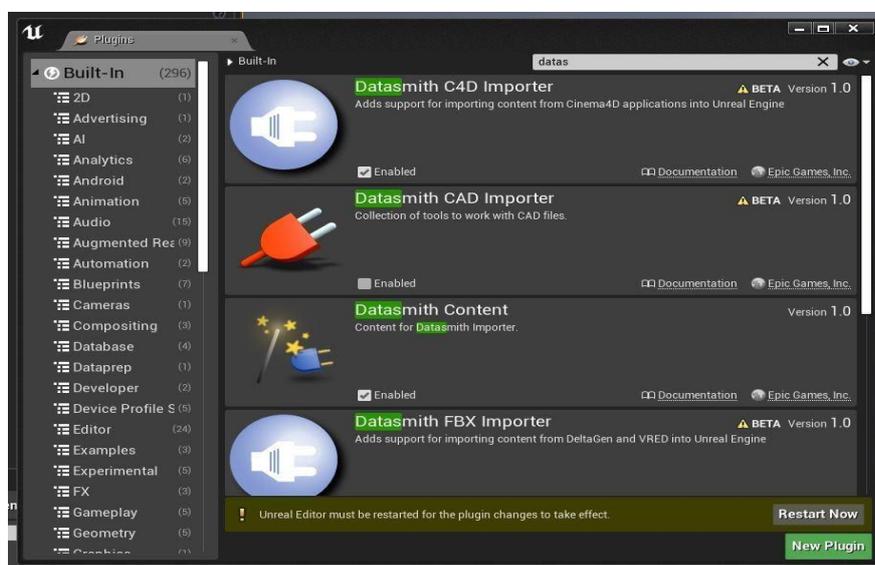
Figura 34 - Habilitando Datasmith na Unreal



Fonte: Os autores, 2020.

Utilizando a barra de pesquisa, deve-se encontrar o plugin Datasmith C4D Importer e ativa-lo marcando a opção Enable. Ao ativar o plugin a Unreal deverá ser reiniciada, bastando clicar no botão Restart Now que irá surgir no canto inferior direito da tela de Plugins.

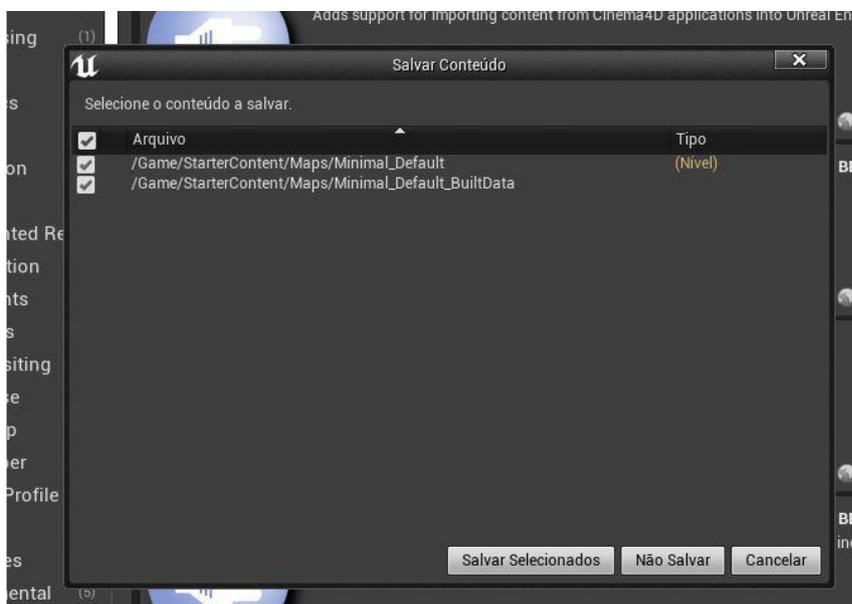
Figura 35 - Unreal Restart Now



Fonte: Os autores, 2020.

Ao clicar no botão Restart Now uma nova janela se abrirá para que o projeto seja salvo, bastando clicar no botão Salvar Selecionados.

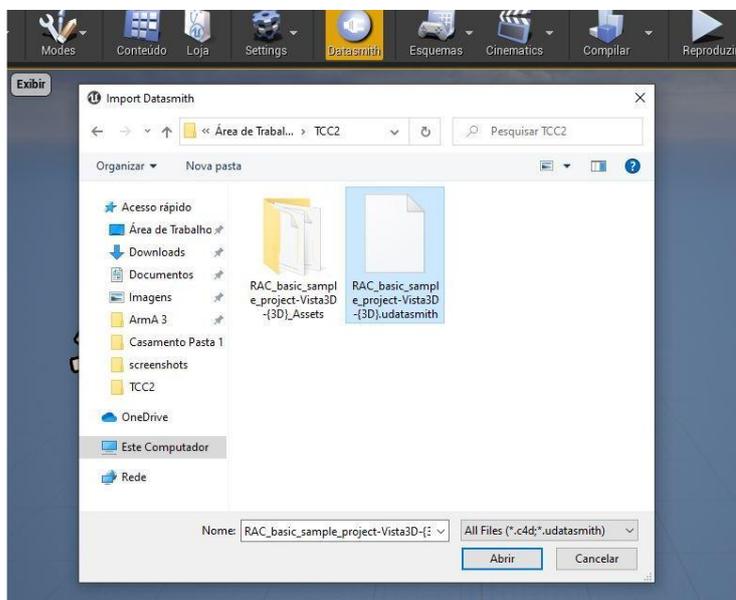
Figura 36 - Janela Salvar



Fonte: Os autores, 2020.

- ❖ Após a reinicialização um novo botão irá aparecer no menu superior da Unreal chamado Datasmith. Clicando no botão Datasmith deve-se navegar até a pasta onde foi salvo o projeto exportado pelo Revit, selecionado o arquivo de exportação e clicando no botão abrir.

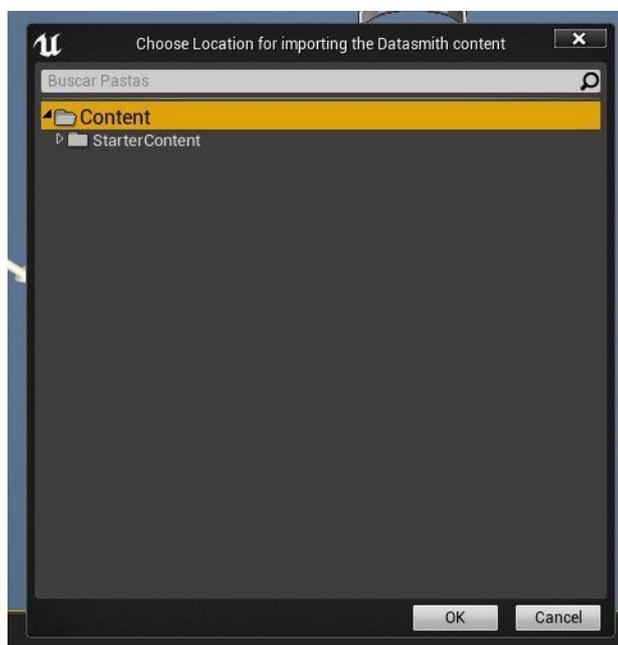
Figura 37 - Selecionando arquivo Revit para importação



Fonte: Os autores, 2020.

Uma janela irá se abrir para que seja selecionado um local para os arquivos do projeto fiquem alocados, bastando selecionar uma pasta e clicar no botão OK.

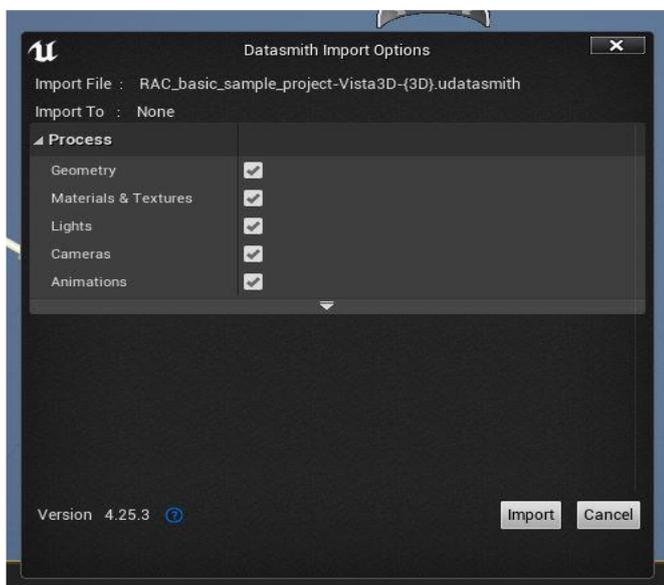
Figura 38 - Janela Content



Fonte: Os autores, 2020.

Após selecionado a local onde ficarão os arquivos do projeto, uma tela de configuração de importação se abrirá, bastando apenas clicar no botão Import e aguardar que o projeto do Revit seja completamente carregado.

Figura 39 - Datasmith Import Options



Fonte: Os autores, 2020.

Assim que o carregamento finalizar, já será possível editar e visualizá-lo na tela de visualização de Unreal.

Figura 40 - Visualização dentro da Unreal



Fonte: Os autores, 2020.

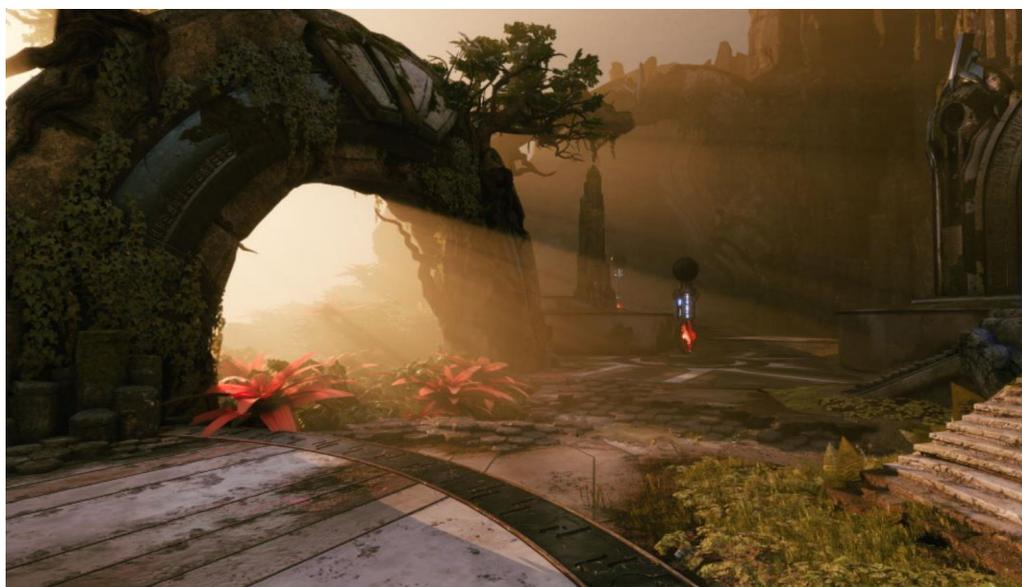
4.6 OTIMIZAÇÃO DO PROJETO PARA UTILIZAÇÃO EM REALIDADE VIRTUAL

Para melhorar a qualidade gráfica e tornar a visualização mais realista da forma mais simples, foram escolhidos alguns elementos que atribuíram uma maior qualidade de efeitos visuais.

4.6.1 Névoa Volumétrica

Embora o nome sugira que será adicionado algo na cena que irá causar uma espécie de neblina, a névoa volumétrica, quando aplicada suavemente, pode causar um efeito volumétrico que adiciona volume a luz, tornando as veias de luz mais nítidas e visíveis.

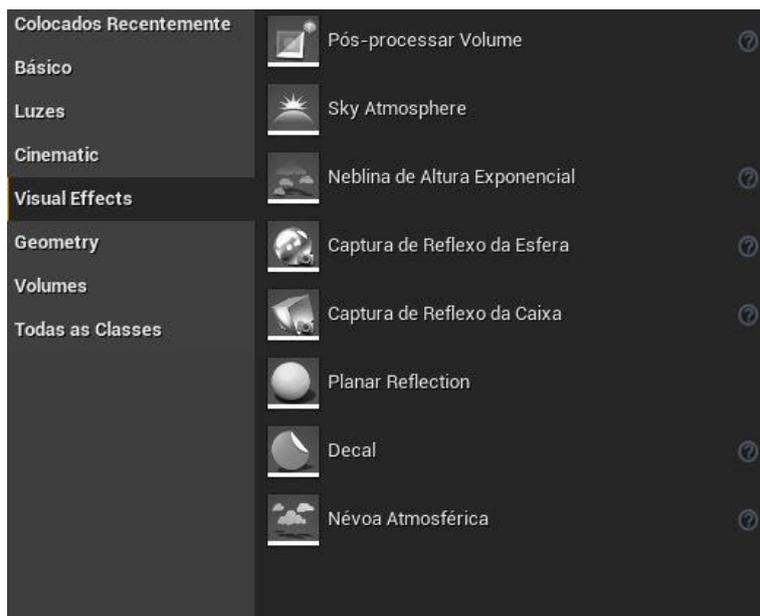
Figura 41 - Levem com nevoa volumétrica



Fonte: Epic Games, 2020c.

Para inserir a névoa volumétrica no projeto basta adicionar o efeito visual Neblina de Altura Exponencial, clicando em cima do objeto e arrastando para a tela de visualização.

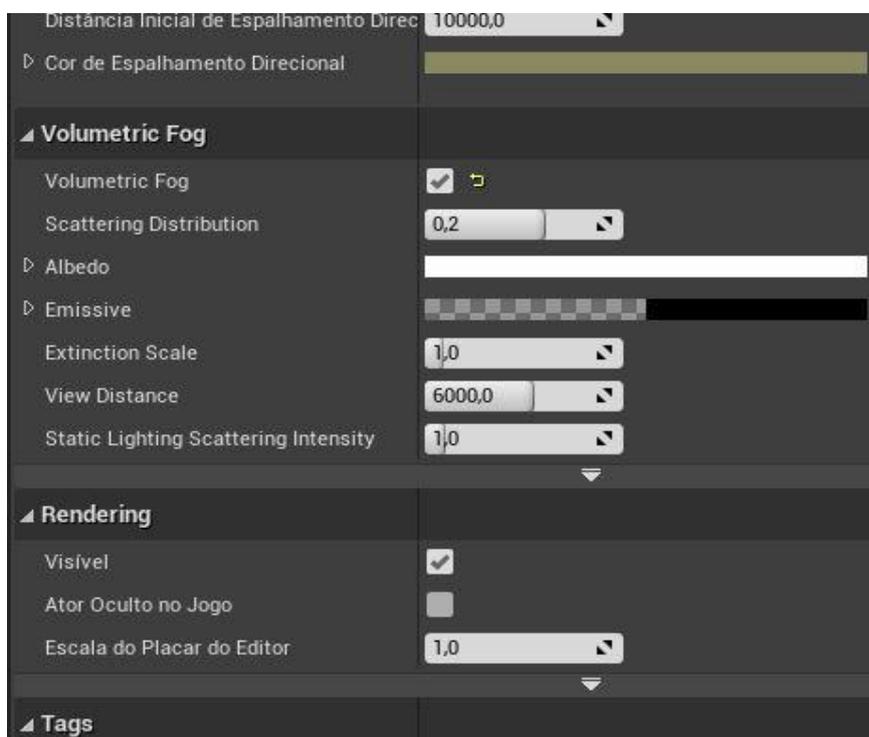
Figura 42 -Inserindo Nevoa Volumétrica



Fonte: Os autores, 2020.

Feito isso, o próximo passo é ativar a opção de névoa volumétrica marcando a opção Volumetric Fog. Ao aplica a Volumetric Fog ela irá trabalhar com a iluminação do ambiente, possibilitando a visualização de raios de luz.

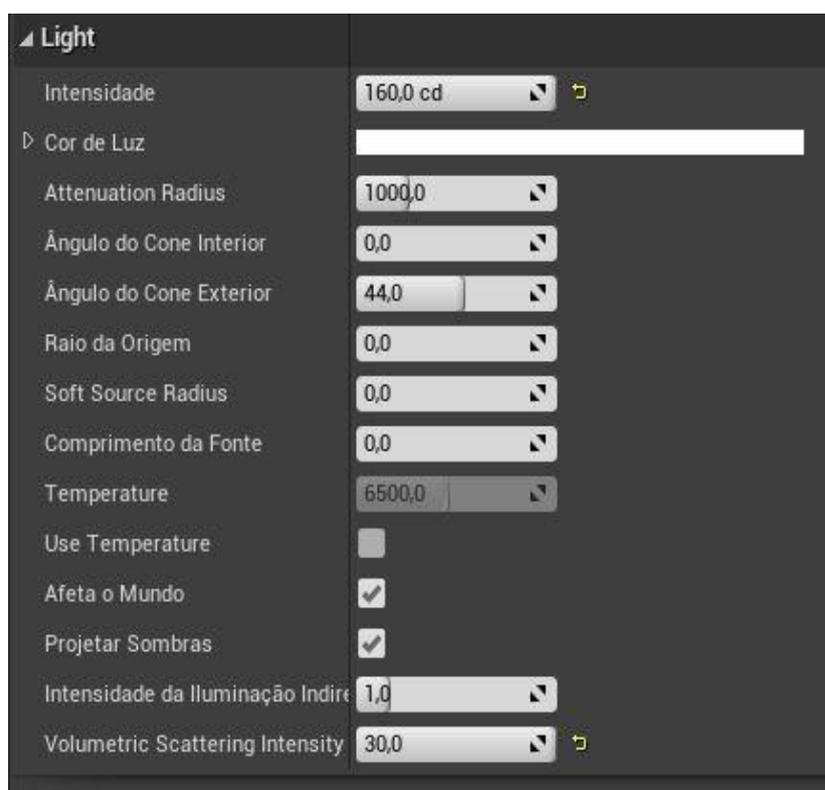
Figura 43 - Ativando o Fog



Fonte: Os autores, 2020.

A névoa volumétrica pode ainda ser configurada separadamente para cada elemento de luz existente do projeto, alterando a Intensidade da luz e a opção Volumetric Scattering Intensity, quanto maior os valores maiores será a névoa volumétrica criada pela luz.

Figura 44 - Configurando Volumetric Scattering Intensity

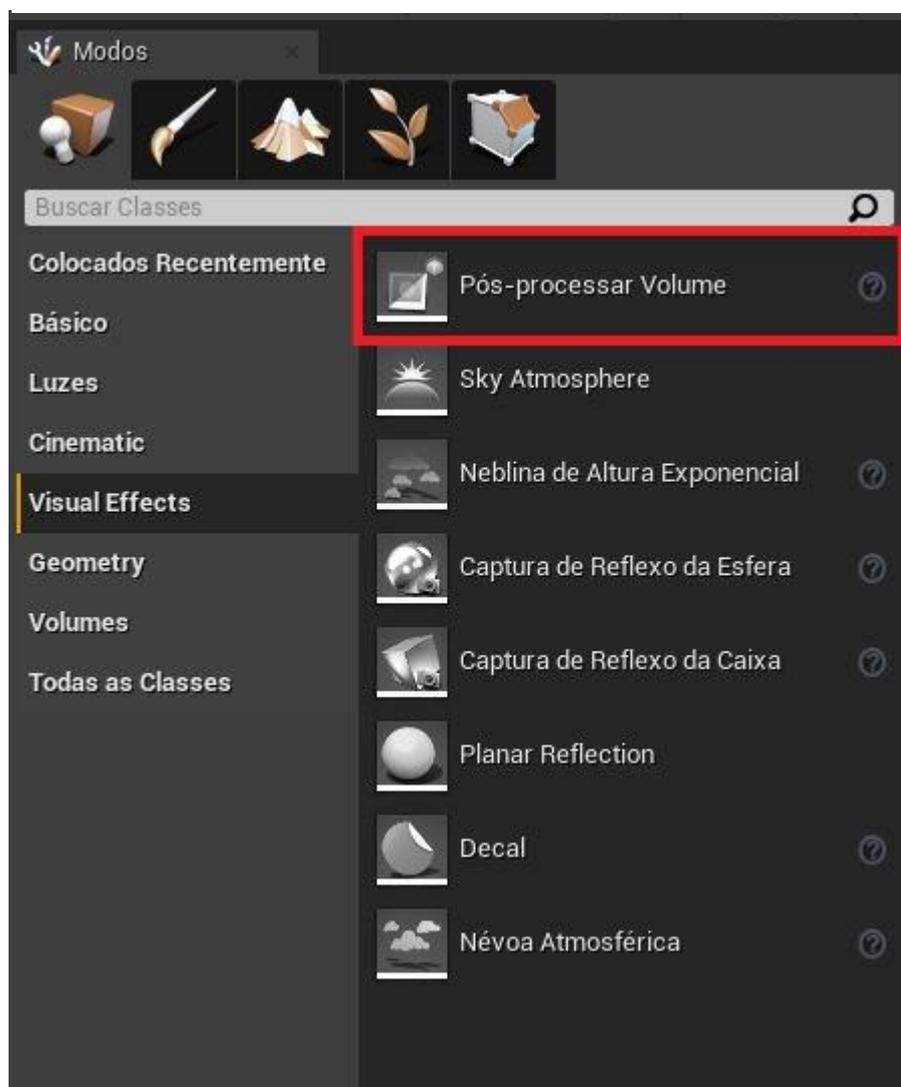


Fonte: Os autores, 2020.

4.6.2 Volume de Pós-Processamento

Volume de Pós-Processamento trata-se de um cubo que não é visível durante a apresentação, sendo visível apenas no modo edição para que possa ser posicionado conforme a necessidade de se aplicar efeitos visuais na apresentação. Sua principal função é possibilitar a aplicação e configuração de vários efeitos de processamento e delimitar uma área onde os efeitos serão aplicados durante a edição e a apresentação do projeto.

Figura 45 - Volume de Pós-Processamento



Fonte: Os autores, 2020.

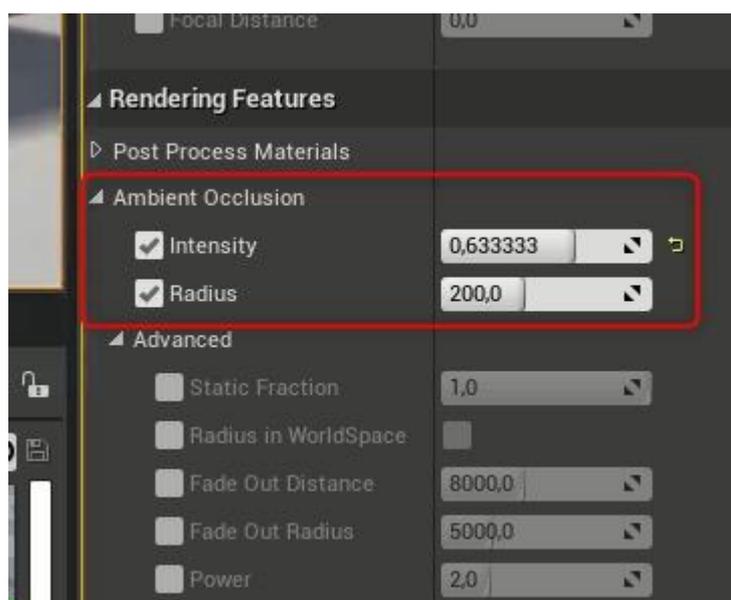
4.6.3 Oclusão Ambiental

A oclusão ambiental é uma técnica utilizada no processo de renderização e sombreamento dos objetos que define o que quanto de luz cada ponto do objeto vai receber. O efeito causado por essa técnica tende a deixar a iluminação e aspecto dos objetos do ambiente virtual mais semelhante a forma como a iluminação funciona no mundo real. Existem várias técnicas de se aplicar a oclusão ambiental e a mais antiga é o SSAO (Screen-Space Ambient Occlusion ou Espaço na tela oclusão ambiente), que ainda é bastante usado em jogos devido ao fato de consumir poucos recursos do

computador e tornar sua aplicação mais viável para máquinas mais fracas, “Desenvolvido pela Crytek em 2007, o SSAO estabeleceu o padrão quando se trata de oclusão ambiente e até hoje é a opção padrão para a maioria dos videogames lançados.” (FROST, 2020)

Para realizar a configuração de oclusão ambiental na Unreal deve-se ter adicionado ao projeto um volume de pós-processamento e ativar as opções da oclusão ambiental, podendo ajustar a intensidade e o raio dos efeitos.

Figura 46 - Intensidade Ambiente

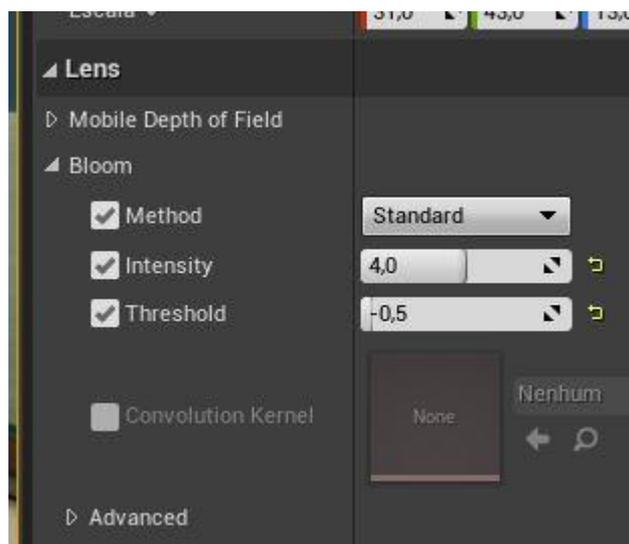


Fonte: Os autores, 2020.

4.6.4 Bloom

O efeito gráfico Bloom resumidamente é uma técnica que intensifica a luz refletida de objetos que possuem alto índice de brilho, principalmente quando está inserido em um ambiente mais escuro, “Bloom é um fenômeno de luz do mundo real que pode aumentar muito o realismo percebido de uma imagem renderizada a um custo de desempenho de renderização moderado. O Bloom pode ser visto a olho nu ao olhar para objetos muito brilhantes que estão em um fundo muito mais escuro.” (EPIC GAMES, 2020b)

Figura 47 - Bloom configure

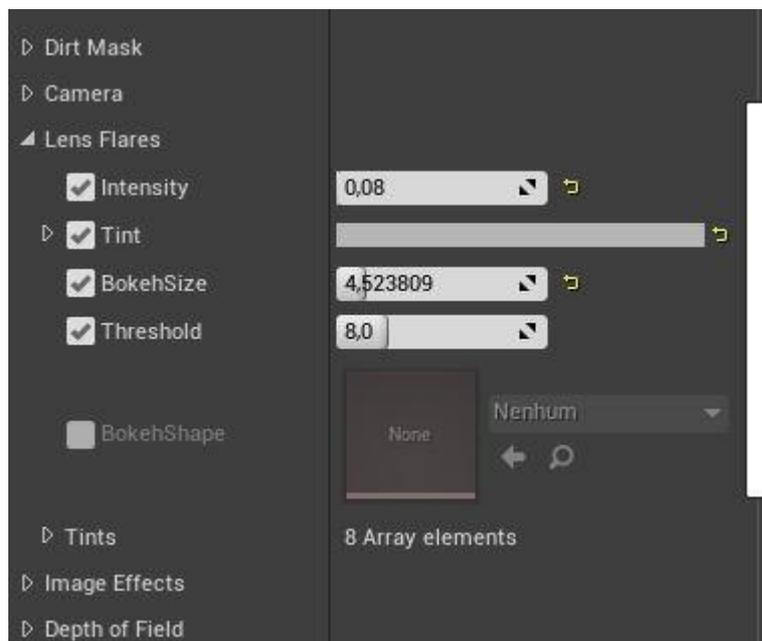


Fonte: Os autores, 2020.

4.6.5 Reflexo de lente

Reflexo de lente é um efeito visual que ocorre em câmeras fotográficas, que ocorre quando a luz entra pelas extremidades das lentes causando dispersão da luz ao se observar objetos luminosos ou brilhantes, embora seja um efeito que praticamente não ocorre no mundo real, esses reflexos, quando bem aplicados, podem acrescentar ao aspecto realista da visualização do projeto, “Embora seja originalmente uma imperfeição, muitos fotógrafos hoje em dia utilizam esse *“defeito”* em seu favor como uma espécie de efeito, pois tende a deixar a imagem mais colorida e mais quente.”(DAL BELLO, 2019).

Figura 48 – Configuração Lens Flares

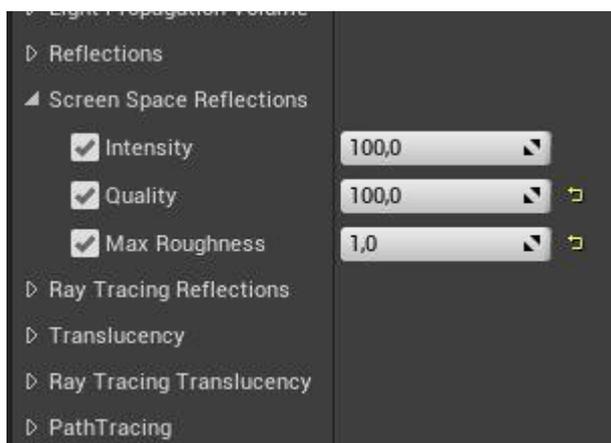


Fonte: Os autores, 2020.

4.6.6 Reflexões

Os reflexos permitem que o cenário seja refletido através da superfície de objetos que é composto por algum tipo de material reflexivo, assim como luzes também podem ser refletidas, esse efeito pode ficar bem claro ao se observar objetos metálicos, espelhos, pisos com cerâmica ou porcelanato e até em poças de água. Para quem visualiza um ambiente virtual, esse efeito contribui fortemente para a sensação de realismo dos objetos, bem como de superfícies que refletem a luz de lâmpadas e a iluminação natural do ambiente. Para a Unreal Docs as reflexões do espaço da tela, nada mais é que o efeito que aparece na superfície dos materiais visto da cena. Em si o efeito é habilitado por padrão e irá alterar a aparência dos objetos na superfície dos materiais. Existem apenas algumas opções que podem ser ajustadas para o efeito. Podemos alterar a Intensidade, qualidade e a Rugosidade Máxima do reflexo. Podemos encontrar na UE, na parte de “Screen Reflections”

Figura 49 - Screen Space Reflections

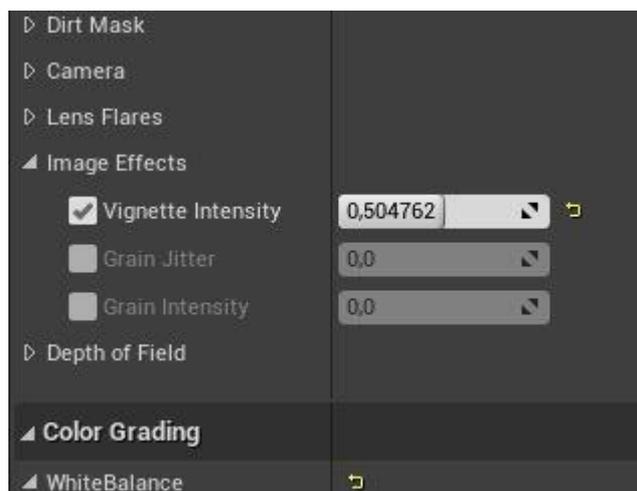


Fonte: Os autores, 2020.

4.6.7 Vinheta

Para a Unreal Docs a Vinheta um efeito que irá simular o escurecimento em lentes de câmeras do mundo real. Ela trabalha com os escurecimentos das partes externas da imagem, deixando o centro mais claro. Em resumo é um tipo de efeito irá trazer sutileza a sua fotografia levando os olhos a serem guiados pela imagem levando ao ponto mais importante. Abaixo vemos a configuração que podemos como poder obter essa configuração. Utilizando a opção "Image Effects" - "Vignette Intensity"

Figura 50 - Configurar Image Effects



Fonte: Os autores, 2020.

5 – TESTES DO PROJETO DE REALIDADE VIRTUAL NO UNREAL

Neste capítulo são apresentados os testes no projeto de realidade virtual no Unreal Engine 4. Os testes foram trabalhados em duas fases. O objetivo de cada uma dessas etapas foi validar o funcionamento da visualização em VR.

5.1 FASE DE TESTES 1

A primeira fase teve por objetivo testar a funcionalidade de Realidade Virtual por meio do uso dos óculos HMD (Head Mounted Display) e conhecer o funcionamento dos controles e testar os controles de movimento de cabeça gerados a partir dos sensores que ficam localizados nos óculos que reproduzem as imagens.

O equipamento de realidade virtual utilizado no teste foi o HTC da Vive, como vemos abaixo.

Figura 51 - Primeiro Teste HTC-VIVE Lucas



Fonte: Os autores, 2020.

Após este primeiro momento, de integração e conhecimento do equipamento, retomamos o projeto arquitetônico importado no Unreal Engine 4 e incluímos nele as funcionalidades de Realidade Virtual por meio de Blueprints. Com este teste, um dos

objetivos iniciais foi alcançado ao tornar possível a visualização de projetos arquitetônicos em VR na Unreal. Este primeiro teste com o projeto foi feito sem nenhum ajuste. Queríamos testar apenas se a integração do projeto arquitetônico importado e a funcionalidade de Realidade Virtual poderiam funcionar juntos. Não havíamos considerado qualquer material explicativo ou artigos sobre isso. Nossa única fonte era apenas o projeto de testes da Unreal Engine 4 para Realidade Virtual.

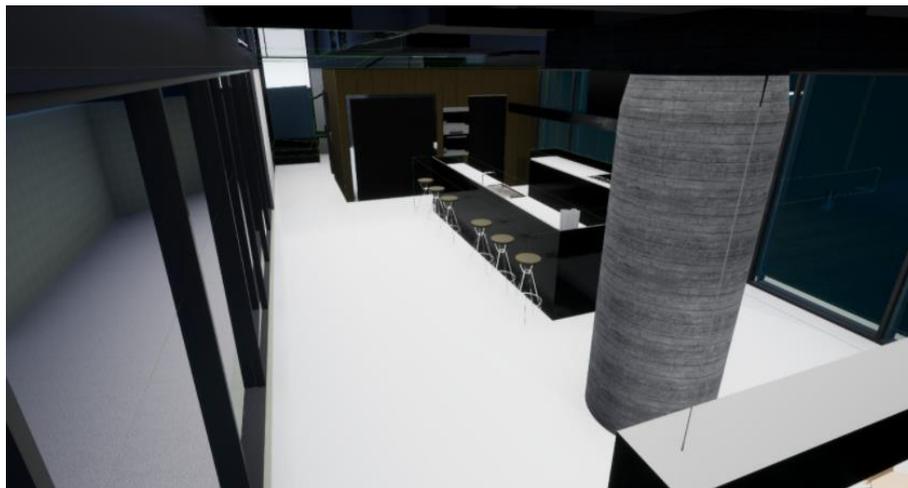
Figura 52 - Primeiro Teste HTC-VIVE Pedro



Fonte: Os autores, 2020.

Após esse teste, vimos que teríamos que fazer alguns ajustes em relação ao ângulo de abertura da câmera virtual que gera as imagens exibidas nos óculos, assim como a altura de alguns componentes responsáveis por interpretar os sensores de localização dos óculos, para que fiquem a faixa de visão agradável aos olhos, como vemos abaixo:

Figura 53 - Altura da Câmera errada



Fonte: Os autores, 2020.

Sendo assim, optamos a fazer pequenos ajustes para que pudéssemos ter uma visualização mais linear do projeto, como vemos abaixo:

Figura 54 - Ajustes do Teste 1



Fonte: Os autores, 2020.

Após estes ajustes conseguimos visualizar de maneira satisfatória como vemos abaixo:

Figura 55 -Altura da câmera correta



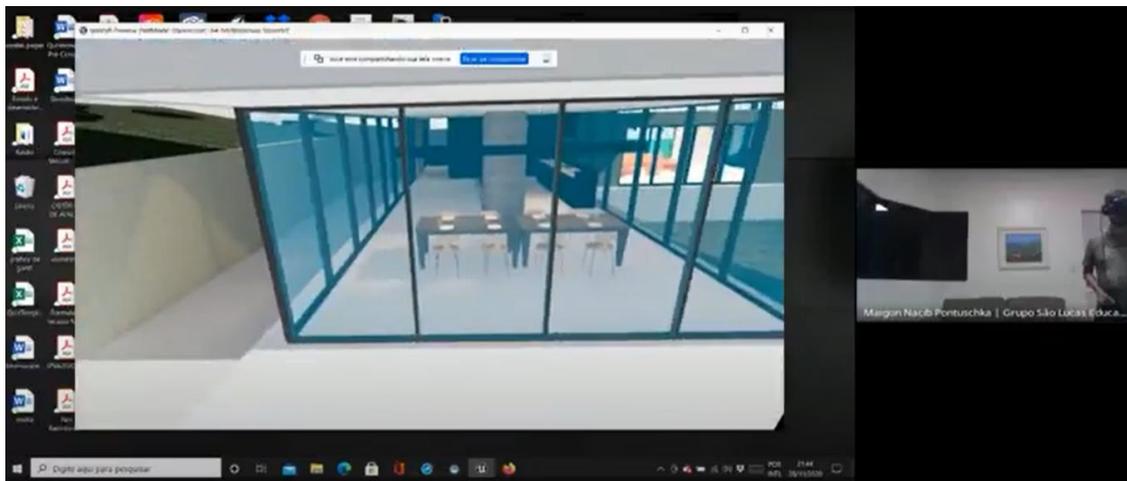
Fonte: Os autores, 2020.

5.2 FASE DE TESTES 2

A segunda parte da fase de testes consistiu em possibilitar a utilização dos controles que captam os movimentos das mãos para tornar possível o deslocamento do indivíduo dentro do ambiente criado satisfazendo o objetivo de criar um ambiente virtual imersivo que permitisse que o usuário “caminhasse” pelo imóvel virtual. Visto que o usuário não pode se deslocar por grandes espaços devido às limitações físicas e objetos reais que possam existir no ambiente de utilização do VR, uma das formas de se locomover pelo ambiente virtual se dá por meio de uma espécie de teletransporte, que é direcionado pelo usuário.

Iniciamos a segunda fase testando a mobilidade do personagem pela casa utilizando os controles dos óculos de realidade virtual como vemos abaixo:

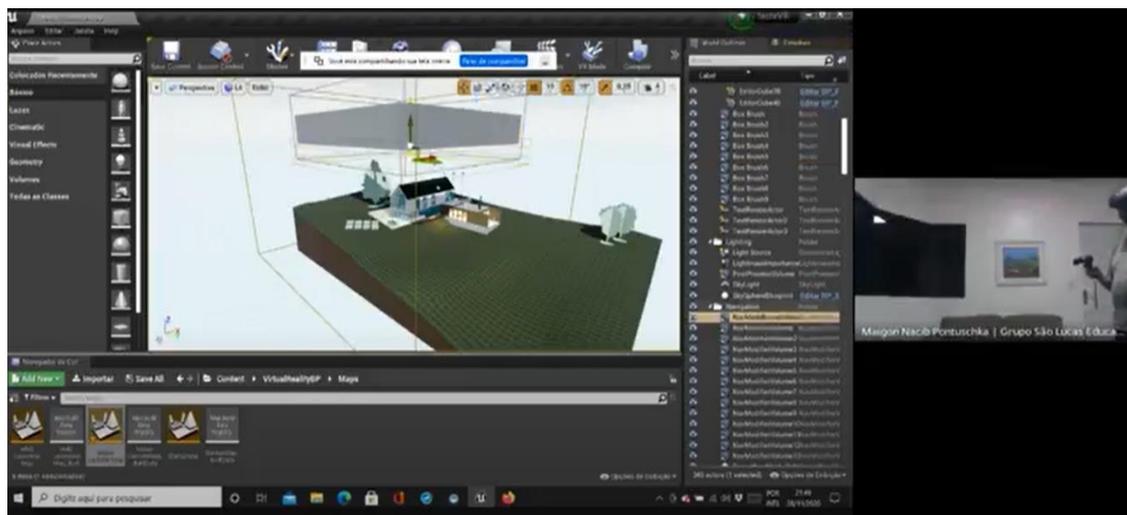
Figura 56 - Teste 1 de mobilidade



Fonte: Os autores, 2020.

A primeira compilação não funcionou, então foram feitos ajustes na caixa de configurações de teletransporte, de modo que ficasse sobre a casa.

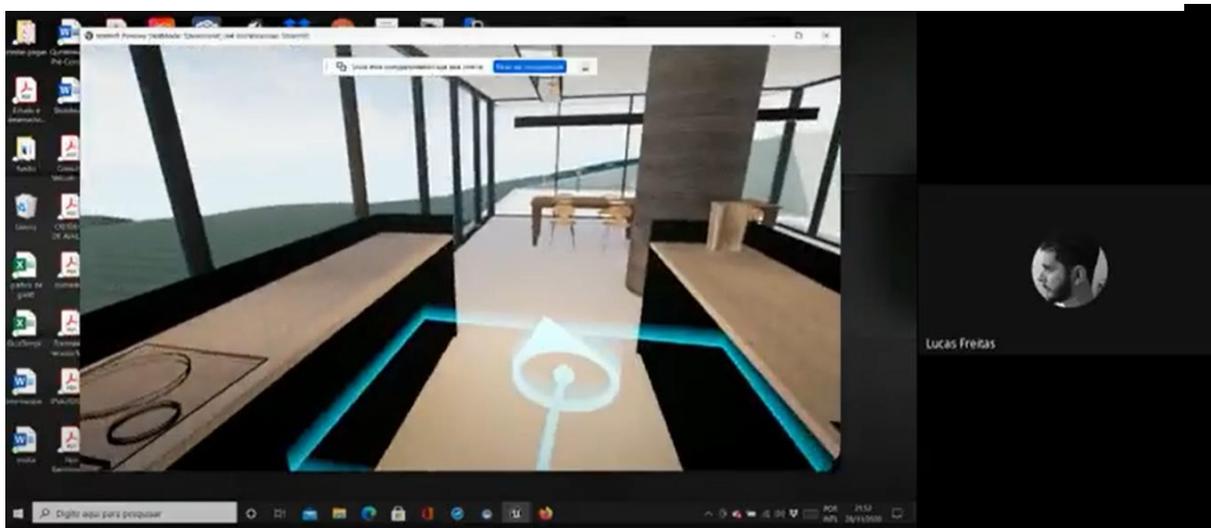
Figura 57 - Baixando a caixa de mobilidade



Fonte: Os autores, 2020.

Após o reposicionamento desta caixa, foi possível andar livremente com personagem pela casa. Na figura 58 podemos ver o elemento de posicionamento de teletransporte que permite reposicionar o usuário no espaço virtual do projeto.

Figura 58 - Teste 2 de mobilidade



Fonte: Os autores, 2020.

5.3 ANTES E DEPOIS DAS CONFIGURAÇÕES DE AMBIENTE

Figura 59 - Antes vs Depois das boas práticas



Fonte: Os autores, 2020.

Figura 60 - Antes vs Depois das boas práticas



Fonte: Os autores, 2020.

As figuras 59 e 60 mostram do lado esquerdo os ambientes sem os elementos de iluminação, reflexos, bloom, oclusão ambiental ou fog. O lado direito das imagens mostra o ambiente com estas configurações habilitadas. Pode-se ver a grande diferença entre eles, e o quanto as imagens parecem mais realistas quando estas técnicas são utilizadas.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito do presente trabalho foi apresentar uma *pipeline* de produção para a conversão e exportação de projetos dos softwares convencionais de Arquitetura para o motor gráfico de jogos digitais Unreal Engine 4 de modo que possam ser visualizadas em Realidade Virtual. Não somente se buscou as melhores práticas de importação, mas quais seriam as técnicas de configuração de efeitos visuais para garantir uma visualização com aparência mais realista.

Nossos testes mostraram que a importação de projetos arquitetônicos de alguns dos softwares ligados a arquitetura mais tradicionais é possível e que o pipeline de produção que inclui a importação e a configuração do ambiente no Unreal Engine

4 é razoavelmente simples graças à ferramenta de importação do Datasmith, fazendo do Unreal Engine 4 uma boa solução para visualização arquitetônica utilizando a Renderização em tempo real e a Realidade Virtual.

Dessa maneira, retomando nosso trabalho, nos propusemos a trabalhar em prol de três objetivos específicos: 1) buscar desenvolver um Ambiente Virtual imersivo com a Unreal Engine a partir dos projetos criados em softwares arquitetônicos tradicionais, 2) possibilitar a visualização arquitetônica com o óculos de Realidade Virtual e 3) estabelecer padrões para o *pipeline* da produção do ambiente virtual, começando pela exportação dos projetos de softwares arquitetônicos tradicionais até a configuração e otimização destes projetos em ambientes de realidade virtual no Unreal Engine 4 para que tivessem aparência mais realista possível.

Com nossos objetivos específicos definidos fomos às pesquisas e começamos encontrar alguns assuntos e ferramentas especializadas sobre os softwares que iríamos trabalhar. A maior descoberta foi o Datasmith, que a própria Epic Games criou com foco na Unreal, como ferramenta para otimização dos processos que envolvem a exportação de projetos a partir de softwares como 3DS MAX, Revit ou o Sketchup. Entretanto, também nos deparamos com uma peculiaridade em um dos softwares voltado para arquitetura mais conhecidos, o Lumion, que não possibilita que os projetos sejam exportados para qualquer outro software de modelagem ou programas voltados para visualização arquitetônica, isso até a data de publicação deste trabalho.

Visto assim, a hipótese levantada se confirma verdadeira, pois o software de desenvolvimento de jogos digitais Unreal Engine 4 se mostrou superior em termos de qualidade gráfica, renderização em tempo real e utilização da tecnologia de realidade virtual. O processo de importação para o Unreal utilizando a ferramenta Datasmith, se tornou muito simples, demandando pouco conhecimento sobre a plataforma, logo pode ser utilizado por arquitetos para produzir visualizações arquitetônicas de alta qualidade de projetos em Realidade Virtual com renderização em tempo real.

A partir da série de práticas estabelecidas neste trabalho demonstramos como é possível utilizar a Unreal Engine 4 para visualização Arquitetônica com Realidade Virtual. Também apontamos uma série de boas práticas para a otimização e melhoria da qualidade da visualização arquitetônica por meio de configurações de efeitos visuais disponíveis no Unreal Engine 4.

Nossa pesquisa foi de cunho exploratório, onde optamos por trabalhar com alguns softwares que são consagrados no mercado além de novas ferramentas tecnológicas que surgiram recentemente. Nossos testes para coleta de dados foram feitos em três etapas, na primeira buscamos a melhor forma de exportar os projetos dos softwares convencionais de arquitetura para o Unreal Engine 4. Para isso utilizamos o Revit, Lumion, 3DS Max e a ferramenta Datasmith. Após estes testes fomos para segunda etapa onde apontamos as o caminho para a integração com a Unreal Engine 4 e por último fizemos boas práticas e ajustes dos efeitos visuais nos projetos para obter e possibilitar a visualização arquitetônica mais real possível, construindo a partir da exportação e destas práticas um cenário em Realidade Virtual.

Neste processo de pesquisa para formular um pipeline simples e sem muitas configurações nos deparamos com uma certa dificuldade em encontrar outros artigos ou trabalhos científicos sobre o assunto. O pouco conteúdo encontrado se resumia a vídeos em outras línguas e na maioria dos casos mostravam versões antigas dos softwares, o que nos levou a realizar uma pesquisa mais aprofundada na documentação da própria Unreal onde o Datasmith foi encontrado como ferramenta de importação. Embora não tenhamos encontrado tutoriais detalhados de como utilizar o Datasmith, a forma de se realizar as exportações e importações se deu de forma intuitiva e simples.

Durante a pesquisa encontramos uma série de dificuldades para criar o projeto para visualização arquitetônica em realidade virtual. Primeiro, encontramos dificuldade em obter acesso aos equipamentos utilizados para visualização. Os óculos HMD HTC Vive são um equipamento ainda muito caro que nos foi emprestado para a realização deste trabalho. No primeiro teste de visualização em realidade virtual houve um problema com o posicionamento da câmera responsável por gerar as imagens para os óculos HMD, nos restringindo a ficarmos sentados no chão e apenas olhar para os lados. O problema de visualização não pôde ser resolvido enquanto tínhamos acesso aos equipamentos de realidade virtual, isso nos levou a realizar correções sem ter certeza se iria funcionar. No segundo teste o problema de visualização foi sanado com as correções, porém a movimentação com os controles também apresentava problemas, sendo rapidamente corrigido durante uma reunião online com o professor orientador.

Outros problemas encontrados se referem a certa dificuldade em relação ao carregamento do projeto na última versão do Unreal Engine, o que nos levou a criar o projeto na versão anterior e realizar uma conversão para a última versão. Este processo de conversão resultou em um erro no sistema que corrompeu os arquivos do projeto que estavam sendo convertidos. O Unreal Engine está passando por uma série de modificações com versões sucessivas cada vez mais sofisticadas, o que pode apresentar problemas com o versionamento de projetos em RV, como aconteceu no nosso projeto.

Finalmente foi possível produzir o ambiente virtual para visualização arquitetônica como originalmente planejado, com a possibilidade de andar virtualmente pelo interior do projeto.

Os processos de visualização arquitetônica e, Realidade Virtual ainda precisam ser mais aprofundados e melhorados. Do modo como estão agora já conseguem resultados surpreendentes no sentido da similaridade com o real. A tecnologia está em constante avanço e certamente novas otimizações para a melhoria da visualização da Realidade Virtual utilizando a Unreal Engine 4 vão ocorrer em um futuro próximo abrindo possibilidades grandes para profissionais que queiram trabalhar com realidade virtual e visualizações arquitetônicas.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Elisson. **Por que pensamos de formas tão diferentes?**. 2018. Disponível em: <<https://profelisson.com.br/por-que-pensamos-de-formas-tao-diferentes/>>.

Acesso em: 27 mar. 2020.

ARCACG. Archviz. *In*: **Archviz: O Que É Visualização Arquitetônica?**. [S. l.]: ARCACG, 4 set. 2018. Disponível em: <<https://www.arcacg.com/archviz/archviz-visualizacao-arquitetonica.>> Acesso em: 27.mai.2020.

AUTODESK, **Qual é a diferença entre o Autocad e o Revit?**, 2018a. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/solutions/revit-vs-autocad>>. Acesso em: 23 de jun. 2020.

AUTODESK, **Conceito de Nurbs**, 2018b. Disponível em: <<https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/3DSMax-Modeling/files/GUID-C99618D4-8AB8-4476-A313-4D4519B0DDCF-htm.html>>. Acesso em: 23 jun. 2020.

AUTODESK, **About Lumion**, 2020a. Disponível em: <<https://lumion.com/about-lumion.html>>. Acesso em 23 jun. 2020.

AUTODESK, **See What's New In Lumion 10.3**, 2020b. Disponível em: <<https://lumion.com/whats-new.html>>. Acesso em: 23 jun. 2020.

BERGIN, Michael S. (ed.). A brief history of BIM. *In*: **A brief history of BIM**. [S. l.]: Style of Design, 14 ago. 2019. Disponível em: <<https://web.archive.org/web/20140302064642/http://www.styleofdesign.com/architecture/a-brief-history-of-bim-michael-s-bergin/>>. Acesso em: 28 maio 2020.

BRITO, A. **Você sabe o que é Render?**, Allan Brito, 2007. Disponível em: <<https://www.allanbrito.com/2007/04/02/voce-sabe-o-que-e-render>>. Acesso em: 22 jun. 2020.

CANALTECH, **Versão 4.12 Do Unreal Engine É Lançada Com Foco Em Realidade Virtual**. Canaltech, 2016. Disponível em: <https://canaltech.com.br/games/versao-412-do-unreal-engine-e-lancada-com-foco-em-realidade-virtual-69085/>. Acesso em: 26 jun. 2020.

DAL BELLO, ERICA. **O que é o FLARE na fotografia?**, 2019. Disponível em: <<https://www.photopro.com.br/tutoriais-gratis/o-que-e-flare-fotografia/>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

EPIC GAMES, **Engine. Datasmith Overview**, 2020a. Disponível em: <<https://docs.unrealengine.com/en-US/WorkingWithContent/Importing/Datasmith/Overview/index.html>>. Acesso em: 15 set. 2020.

EPIC GAMES, **Bloom** 2020b. Disponível em: <<https://docs.unrealengine.com/en-US/Engine/Rendering/PostProcessEffects/Bloom/index.html>> Acesso em: 12 nov. 2020.

EPIC GAMES, **Nevoa Volumétrica**, 2020c. Disponível em: <<https://docs.unrealengine.com/en-US/BuildingWorlds/FogEffects/VolumetricFog/index.html>> Acesso em: 8 nov. 2020

FARIAS, J. **O que é Lumion?**. SPBIM Arquitetura Digital, 2020. Disponível em: <<https://spbim.com.br/o-que-e-lumion>>. Acesso em: 23 jun. 2020.

FERRADÁS, Maria Novas. Dearq. **Visualización de arquitectura y género. ¿Un terreno igualitario?**, [S. l.], p. 28-35, 27 fev. 2017.

FONTOURA,P. **Topa um cineminha...em 3D?**, INVIVO, 2019. Disponível em:<<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inoid=1367&sid=9>>. Acesso em: 21 jun. 2020.

FROST, N. **O que é a oclusão do ambiente?**Dijital Flix, 2020. Disponível em:<<https://www.dijitalfix.com/pt/o-que-e-a-oclusao-do-ambiente/#:~:text=A%20oclus%C3%A3o%20ambiente%20%C3%A9%20o,cena%20renderizada%20obt%C3%A9m%20ilumina%C3%A7%C3%A3o%20ambiente.l>> Acesso em: 21 nov. 2020.

GARCIA, D. **O que é Renderização ou Render?**. MDF Technology, 2019. Disponível em:<<https://www.mdftechnology.com.br/o-que-e-renderizacao-ou-render>>. Acesso em: 22 jun. 2020.

LÉVY, P. **Cibercultura**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1999.

MATEUS, A. **O que é 3DS Max: conheça prós, contras e mais 10 plugins para turbinar seu projeto.** Viva Decora, 2018. Disponível em: <<https://www.vivadecora.com.br/pro/tecnologia/3ds-max>. Acesso em: 23 jun. 2020.

MENEZES, Gilda Lúcia Bakker Batista. Breve histórico de implantação da plataforma BI. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, [s. l.], v. 18, ed. 21, p. 154-154, 2011.

MICALI, B. **Parece Filme, Mas São Gráficos: Veja Um Vídeo Incrível Do Unreal Engine 4.** Voxel, 2014. Disponível em: <https://www.voxel.com.br/noticias/parece-filme-graficos-veja-video-incrivel-unreal-engine-4_795551.htm>. Acesso em: 23 jun. 2020.

TEKLA, **O Que É Bim?**, 2020. Disponível em: <https://www.tekla.com/br/sobre/o-que-%C3%A9-bim>. Acesso em: 23 de jun. 2020.

OGUSKO, T. **Ferramentas para desenvolver conteúdo imersivo VR.** Medium, 2018. Disponível em: <https://medium.com/@ogusko/ferramentas-para-desenvolvedor-de-conte%C3%BAdo-xr-e265c2ef72a2> Acesso em: 26 jun. 2020.

PAIXÃO, L. **Trabalhos de 3DS Max.**A Arquitetura, 2019. Disponível em: <<https://www.aarquiteta.com.br/blog/trabalhos-de-3ds-max>>. Acesso em 23 jun. 2020.

Game Tyrant, **Pubg's First Official World Tournament Revealed**, 2018. Disponível em: <<http://gametyrant.com/news/pubgs-first-official-world-tournament-revealed>> Acesso em: 23 jun. 2020.

PIMENTEL, K. & Teixeira, K. **Virtual reality: through the new looking glass.** 2nd. Ed.. . New York, McGraw-Hill, 1995.

RAPHAEL, P. **Realidade virtual já é real.** UOL JOGOS, 2019. Disponível em:<<https://www.uol/jogos/especiais/a-realidade-virtual-ja-e-real-no-mundo-dos-games.htm#realidade-virtual-ja-e-real>>. Acesso em: 21 jun. 2020.

REALWORLD GRAPHICS, **What Is A Nurbs?**.2006. Disponível em: <<http://www.rw-designer.com/NURBS>>. Acesso em 23 jun. 2020

RODRIGUES, s. **Coloque seu cliente dentro dos seus projetos com a realidade virtual na arquitetura,** VivaDecora, 2019. Disponível em: <<https://www.vivadecora.com.br/pro/tecnologia/realidade-virtual-na-arquitetura.>> Acesso em: 21 jun. 2020.

RODRIGUES, AMANDA. **O que é modelagem digital ou modelagem 3d**, Mundo do Desenho Digital, 2018. Disponível em: <<https://mundodesenhodigital.com.br/o-que-e-modelagem-digital-ou-modelagem-3d-e/>> Acesso em: 15 maio. 2020.

SANTOS, Renan Félix dos; et.al. **Estudo da Modelagem do Software Revit com Foco nas Inovações da Tecnologia Bim**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 09. Ano 02, Vol. 05. pp 30-50, Dezembro de 2017. ISSN:2448-0959

STUDICA, **Solução de visualização para profissionais AEC**. Studica, 2019.

Disponível em:

<http://studicabrasil.com.br/lumion/#:~:text=Lumion%20%C3%A9%20uma%20ferramenta%20essencial,%C3%A9%20extremamente%20f%C3%A1cil%20de%20usar.&text=Lumion%20%C3%A9%20agora%20visto%20como,como%20fazer%20visualiza%C3%A7%C3%B5es%20em%203D>. Acesso em: 23 jun. 2020.

SOUZA, D. **O que é 'PUBG', o jogo que tem deixado 'LoL' e 'Dota' para trás**.

Olhar Digital, 2017. Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/games-e-consoles/noticia/o-que-e-pubg-o-jogo-que-tem-deixado-lol-e-dota-para-tras/70893>>. Acesso em 23 jun. 2020.

VASCONCELOS, Isabella Freitas Gouveia; PINOCHET, Luiz Hernan Contreras. Poder, tecnologia e controle burocrático: uma análise crozieriana em uma empresa de informática do governo do estado do Paraná. **Revista de Administração Pública**, [S. l.], ano 2004, p. 476 - 478, 20 maio 2004. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/6546/5130>. Acesso em: 13 maio 2020.

VELASCO, A. **O que é Realidade Virtual? Conheça esta tecnologia que pode o mundo**. Canaltech, 2019. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/rv-ra/o-que-e-realidade-virtual-conheca-esta-tecnologia-que-pode-mudar-o-mundo-154999>>.

Acesso em: 21 jun. 2020.

VINHA, F. **Review Playerunknown's Battlegrounds**. TechMundo 2017. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/review/playerunknowns-battlegrounds.html>>.

Acesso em 23 jun. 2020.

YASHCHUK, D. **Interior 1 Floor**.Wikimedia, 2020. Disponível em:
<[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:INTERIOR_1_Floor_16.10.19.max_-
_Autodesk_3ds_Max_2020.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:INTERIOR_1_Floor_16.10.19.max_-_Autodesk_3ds_Max_2020.jpg)>. Acesso em 23 jun. 2020.

ZABRISKIE, Kate (ed.). EP Gestão. *In*: **Kate Zabriskie - EP Gestão**. [S. l.], [200-].
Disponível em: <<https://epgestao.com.br/testimonials/kate-zabriskie/>>. Acesso em: 29
maio 2020.