



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO UFC VIRTUAL
BACHARELADO EM SISTEMAS E MÍDIAS DIGITAIS**

WILLIAM VICTOR DA ROCHA SILVA

**PRODUÇÃO VIRTUAL: PRODUÇÃO E PÓS-PRODUÇÃO AUDIOVISUAL EM
TEMPO REAL**

FORTALEZA

2021

WILLIAM VICTOR DA ROCHA SILVA

PRODUÇÃO VIRTUAL: PRODUÇÃO E PÓS-PRODUÇÃO AUDIOVISUAL EM TEMPO
REAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do grau
de Bacharel em Sistemas e Mídias Digitais,
curso da Universidade Federal do Ceará (UFC)
– Campus do Pici, Fortaleza.

Orientador: Prof. Dr. Adriano A. Oliveira

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S584p Silva, William Victor da Rocha.
Produção virtual : produção e pós-produção audiovisual em tempo real / William Victor da Rocha Silva. –
2021.
76 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto UFC Virtual,
Curso de Sistemas e Mídias Digitais, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Adriano Anunciação Oliveira.
1. Produção virtual. 2. Painéis de LED. 3. Game engines. 4. Audiovisual. 5. Cinema. I. Título.
CDD 302.23
-

WILLIAM VICTOR DA ROCHA SILVA

PRODUÇÃO VIRTUAL: PRODUÇÃO E PÓS-PRODUÇÃO AUDIOVISUAL EM TEMPO
REAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do grau
de Bacharel em Sistemas e Mídias Digitais,
curso da Universidade Federal do Ceará (UFC)
– Campus do Pici, Fortaleza.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Adriano A. Oliveira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Natal Anacleto Chicca Junior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Ismael Pordeus Bezerra Furtado
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Willame e Celina.

AGRADECIMENTOS

À Deus em primeiro lugar, que em sua divina providência nunca me deixou faltar nada e sempre esteve me auxiliando por toda a minha trajetória.

Aos meus pais, Willame e Celina, que sempre me apoiaram e ajudaram a trilhar este caminho da melhor forma possível e ao meu irmão Gabriel, que sempre me deu forças em diversas ocasiões.

À Universidade Federal do Ceará, por todos os anos de educação de qualidade, que me permitiram amadurecer pessoalmente e profissionalmente.

Ao Prof. Dr. Adriano A. Oliveira, por toda orientação durante a realização deste trabalho, sempre me auxiliando na escrita e trazendo dicas, sugestões, críticas e cobranças construtivas.

Aos meus amigos e colegas do curso, em especial ao Mário, Matheus Campelo, Matheus Oliveira, João Paulo Oliveira e João Paulo Bezerra, que de sua forma me ajudaram a trilhar este caminho no SMD do início ao fim.

Aos meus queridos amigos, Ramon e Suelen, por todo apoio e coragem que me deram nos momentos difíceis. E por fim mas não menos importante, à Roberta Melo, minha fiel companheira e namorada que sempre esteve comigo nos momentos de alegria com novas conquistas e me colocando em suas orações, me apoiando e sustentando em cada batalha trilhada nos anos de graduação.

“Se você pode sonhar, você pode fazê-lo.
Lembre-se sempre que tudo isto começou com
um sonho e um rato.” Walt Disney

RESUMO

Cada vez mais as produções cinematográficas apresentam efeitos visuais inovadores através de novas técnicas que permitem com que os cineastas utilizem de toda sua criatividade. Nos dias atuais elas têm sido associadas fortemente à produção virtual, que consiste num conjunto de técnicas para produção audiovisual em tempo real, que têm possibilitado às diversas equipes de uma produção, trabalharem em conjunto, ao vivo e em tempo real durante as gravações realizadas no *set*, obtendo cenas finais diretamente na câmera. Seguindo esta inovação, este trabalho propõe um estudo da produção virtual, de forma específica a técnica dos painéis de LED aliada ao uso de game engines, com o objetivo de promover estudos acadêmicos acerca desta nova área que envolve profissionais que trabalham em múltiplas áreas. Para isso, serão analisados documentos técnicos, entrevistas de realizadores, reportagens e registros de bastidores de produções recentes que empregam estas técnicas, realizando um levantamento do estado da arte da produção virtual e compreendendo seu desenvolvimento e utilização na realização de efeitos visuais e suas possíveis aplicações em produções audiovisuais de elevado ou baixo orçamento.

Palavras-chave: Produção virtual. Painéis de LED. Game Engines. Audiovisual. Cinema.

ABSTRACT

In the last few years, cinematographic productions present innovative visual effects through new techniques that allow filmmakers to use all their creativity. Nowadays these techniques have been associated with virtual production, which consists of a group of techniques for real-time audiovisual production. They allowed the different production teams to work together, live and in real-time during the set recordings, obtaining the final scenes directly on the camera. According to this innovation, this work proposes a study of these virtual production techniques, especially the LED walls technique combined with game engines, aiming to promote academic studies about this new area that involves multiple area working professionals. To achieve this, we'll analyze technical documents, professional interviews, reports and making off of recent productions that use these techniques, conducting a survey of the state of the art of virtual production and understanding its development and use in the realization of visual effects and its possible applications for high or low budget audiovisual productions.

Keywords: Virtual production. LED wall. Game Engines. Audio-visual. Cinema.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — The Execution of Mary Stuart (1895)	19
Figura 2 — Ben Hur (1959)	20
Figura 3 — Portão estelar de 2001: A Space Odyssey	21
Figura 4 — Vertigo (1961)	22
Figura 5 — Jurassic Park (1993)	22
Figura 6 — Forrest Gump (1994).....	22
Figura 7 — Le Voyage Dans La Lune (1902)	24
Figura 8 — Star Wars (1977).....	24
Figura 9 — Un Homme de Têtes (1898).....	26
Figura 10 — Representação da técnica de Matte Painting de Norman Dawn	26
Figura 11 — Representação da técnica Glass Shot	27
Figura 12 — Cenas originais pintadas em negativo do filme The Blood Ship (1927).....	28
Figura 13 — Representação da técnica Rear-Projection Matte.....	28
Figura 14 — Configuração de composição do filme King Kong (1933)	29
Figura 15 — Composição na câmera de King Kong (1933).....	29
Figura 16 — Cena de direção do filme Dr. No (1962) com Rear Projection	30
Figura 17 — Composição da cena com projeção traseira em King Kong (1933).....	31
Figura 18 — Cena final em projeção traseira do filme King Kong (1933).....	31
Figura 19 — The Jungle Book (2016).....	33
Figura 20 — Chris Evans realizando pinturas para Star Wars (1977).....	34
Figura 21 — O Enigma da Pirâmide (“Young Sherlock Holmes” - 1985)	35
Figura 22 — Minas tirith do filme Senhor dos Anéis: O Retorno do Rei (2003)	36
Figura 23 — Hobbit: Uma Jornada Inesperada (2012)	36
Figura 24 — Set de Han Solo: Uma História Star Wars (2018) cena do hiperespaço	37
Figura 25 — Set de Han Solo: Uma História Star Wars (2018)	38
Figura 26 — Making off do filme A.I. - Inteligência Artificial (2001).....	39
Figura 27 — John Wick 3: Parabellum (2019).....	40
Figura 28 — Set virtual de John Wick 3: Parabellum (2019)	41
Figura 29 — Rocketman (2019).....	41
Figura 30 — Cenário virtual fotorrealista da série O Mandaloriano (2019-2020).....	43
Figura 31 — Projeção traseira em Han Solo: Uma História Star Wars (2018)	44
Figura 32 — Reflexos naturais do cenário virtual no personagem Mandaloriano	45

Figura 33 — Volume LED da série O Mandaloriano (2019-2020).....	46
Figura 34 — Projeto demonstrativo dos painéis de LED, da Epic Games, na SIGGRAPH....	47
Figura 35 — Edição em tempo real do cenário virtual 3D.....	48
Figura 36 — Edição em tempo real do cenário virtual 3D em VR Scouting.....	48
Figura 37 — Mudança do ambiente virtual em tempo real.....	49
Figura 38 — Imagem final do ambiente virtual.....	49
Figura 39 — Edição multiusuário em tempo real do cenário virtual.....	50
Figura 40 — Técnica de composição ao vivo.....	51
Figura 41 — Perspectiva da câmera na técnica de composição ao vivo.....	51
Figura 42 — Edição da iluminação em tempo real do cenário virtual.....	52
Figura 43 — Mudança da iluminação do teto em tempo real.....	53
Figura 44 — Tronco interno da câmera e tronco externo.....	54
Figura 45 — StageCraft da ILM utilizado na série O Mandaloriano (2019-2020).....	56
Figura 46 — Rotação do ambiente virtual em tempo real.....	57
Figura 47 — Estação espacial Roost.....	58
Figura 48 — Rio de lava subterrâneo em Nevarro.....	59
Figura 49 — O Mandaloriano e Baby Yoda.....	60
Figura 50 — Esquema desenhado do StageCraft 2.0.....	61
Figura 51 — Backstage do cenário real e StageCraft 2.0.....	61
Figura 52 — Floresta externa à cidade de Calodan.....	62
Figura 53 — Estúdio de produção virtual da Quanta Post.....	63
Figura 54 — Prévia no estúdio de produção virtual da Quanta Post.....	63
Figura 55 — Cena da floresta em chamas.....	64
Figura 56 — Cena do hospício.....	64
Figura 57 — Esquema de estrutura do set com painéis de LED utilizados por Alok e Criolo.....	65
Figura 58 — Volume LED da transmissão e set.....	66
Figura 59 — Painéis de LED do Volume exibindo o ambiente virtual.....	67
Figura 60 — Cenas da live ALOK presents ALIVE (Livestream Show).....	67
Figura 61 — Estúdio da transmissão ao vivo do cantor Criolo.....	68
Figura 62 — Painéis de LED do estúdio reproduzindo mídia.....	69
Figura 63 — Cena da transmissão no estúdio.....	69
Figura 64 — Visualização de cena da transmissão no estúdio.....	70
Figura 65 — Visualização de cena da transmissão.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

VFX	Visual Effects (Efeitos Visuais)
3D	Três dimensões (Tridimensional)
CGI	Computer Generated Imagery (Imagens Geradas por Computador)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	EFEITOS VISUAIS ANALÓGICOS	19
2.1	Evolução dos Efeitos Visuais Analógicos	19
2.2	Efeitos visuais analógicos e a criação de cenários	25
2.2.1	<i>Matte Painting</i>	25
2.2.2	<i>Projeção Traseira</i>	30
3	PRODUÇÃO VIRTUAL DE CENÁRIOS	32
3.1	Atualização digital das técnicas clássicas	33
3.2	Produção de cenários virtuais com auxílio de game engines	38
4	PRODUÇÃO VIRTUAL EM TEMPO REAL COM PAINÉIS DE LED...	43
4.1	Imagens em tempo real e painéis de LED.....	43
4.2	Produções com a técnica dos painéis de LED e game engines	55
4.2.1	<i>O Mandaloriano</i>	55
4.2.2	<i>Sistema Obtuso</i>	62
4.2.3	<i>Alok XR e Criolo XR</i>	65
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
	REFERÊNCIAS	74
	GLOSSÁRIO	77

1 INTRODUÇÃO

Uma produção audiovisual típica, nos moldes estabelecidos há décadas pelas práticas recorrentes da indústria de entretenimento, pode ser segmentada em: “pré-produção”, “produção” e “pós-produção”. Na etapa de pré-produção o design, a construção e a preparação são desenvolvidos antes de qualquer filmagem ser realizada. Na etapa de produção a filmagem é realizada no *set* ou locação. E por fim, na etapa de pós-produção é realizado todo o trabalho para finalizar o projeto após as filmagens, envolvendo edição, sonorização, música e efeitos visuais (OKUN; ZWERMAN, 2010).

Já na origem do cinema, vários realizadores perceberam que o novo meio podia produzir imagens que iam além da captura direta da realidade e começaram a explorar trucagens ópticas e fotoquímicas que permitiam a inclusão de elementos impossíveis de registrar diretamente. Até meados dos anos 1920, esses truques eram realizados durante a fase de produção, constituindo o que se chamava de “efeitos na câmera” (*in camera effects*). George Méliès, ilusionista e cineasta francês, explorou diversas dessas trucagens ópticas e fotoquímicas de modo tão competente que se tornou conhecido como “pai dos efeitos especiais”.

Conta-se que enquanto filmava uma rua de Paris no final dos anos 1890 a câmera de Méliès travou durante a gravação e retornou a gravar segundos depois. Ao revelar e visualizar o filme, Méliès notou que um ônibus parecia ter se transformado em um carro. Essa experiência incentivou Méliès a explorar as potencialidades “mágicas” da película ao longo dos próximos 15 anos (OKUN; ZWERMAN, 2010). Méliès desenvolveu diversas técnicas que perduraram por décadas na indústria cinematográfica; o uso de perspectiva forçada e miniaturas, múltipla exposição, “pinturas sobre fundo” (*matte paint*), *stop motion* e o primeiro animatronic (PITZER, 2016).

Até o final dos anos 1920, essas trucagens eram realizadas sempre na câmera durante a fase de filmagem. Nesta época, várias iniciativas levaram ao desenvolvimento de um dispositivo conhecido como “impressora óptica” (no Brasil muitas vezes chamada de “truca”), que permitiu maior controle sobre os processos de criação de efeitos visuais na fase de pós-produção. Formada por projetores e câmeras alinhados em sequência, a impressora óptica foi um invento tão relevante que se tornou o modo padrão de produção de efeitos visuais até meados dos anos 1990, quando foi substituída pela composição digital.

Se até os anos 1920 a produção dos efeitos visuais era realizada durante a filmagem, a partir dos anos 1930 ela passa em definitivo para a etapa de pós-produção.

Segundo Okun e Zwerman (2010) essa tendência perdura até hoje.

Devido à linearidade no processo de produção tradicional, os esforços de desenvolvimento das equipes são isolados uns dos outros, o que torna a interação cara e desafiante (KADNER, 2019). Deloitte (2020) acrescenta que este processo pode encorajar práticas ruins na equipe de produção, como o “corrigir na pós” (*fix-it-in-post*): ou seja, a equipe deixa de se preocupar com detalhes e aspectos importante da gravação de uma cena, levando os erros para serem corrigidos na etapa de pós-produção, o que pode causar refilmagens e maior trabalho na equipe de *VFX*, aumentando o custo da produção. No entanto, todas as etapas são de extrema importância para a composição final correta dos efeitos visuais e qualidade da imagem final. Se as ações não forem determinadas antes da filmagem e seguidas durante a gravação, é possível que a cena ao vivo seja filmada de uma maneira que precise ser alterada na pós-produção, onde os designs já estão determinados em seus locais (OKUN; ZWERMAN, 2010).

Nos últimos anos, um conjunto de novas práticas e tecnologias digitais têm possibilitado o retorno da produção de efeitos visuais para a fase de filmagem. Apesar de que muitos dos princípios básicos dessas novas técnicas serem usuais na TV há várias décadas — como a inserção de cenários em tempo real em telejornais —, a evolução da capacidade de gerar gráficos animados e interativos em tempo real (promovidos pelo lucrativo mercado dos videogames) está abrindo novos horizontes na produção de filmes, séries e videoclipes, de modo que os efeitos visuais não são mais considerados exclusivos da pós-produção.

Essas práticas e técnicas têm em comum o uso de tecnologias digitais de produção de imagens em tempo real, tipicamente associadas à produção de videogames. Segundo Roettgers (2019) os mecanismos de jogos (“*game engines*”) têm se tornado a ferramenta preferencial de cineastas que buscam adicionar partes visuais em tempo real ao seu processo de produção.

Inicialmente o uso de mecanismos de jogos nas produções de cinema se limitavam a um tipo de pré-visualização de cenas de ação (“*previs*”), mas conforme novos *chips* de processamento gráficos foram sendo desenvolvidos e otimizados especialmente para este tipo de computação em tempo real, as *game engines* têm participado cada vez mais do fluxo de trabalho de uma produção cinematográfica (ROETTGER, 2019). Em entrevista à *Variety*, Rob Bredow, da empresa de efeitos visuais *Industrial Light and Magic*, afirma:

O tempo real nos dá a capacidade de desenvolver melhores aproximações das cenas finais mais cedo. E quando você pode fazer isso, todos os esforços podem fazer com que a cena seja a melhor possível. (ROETTIGERS, 2019, tradução nossa¹).

O termo “produção virtual” (*virtual production*) tem sido cada vez mais empregado para definir esse campo de práticas e tecnologias. Produção virtual é um termo amplo, costuma ter diversas definições através da indústria, em geral refere-se a um conjunto de técnicas e metodologias de produção e visualização audiovisual auxiliada por computadores em tempo real. *Moving Picture Company* (MPC) a define como: “VP combina realidade virtual e aumentada com CGI e tecnologias de ‘motor de jogo’ (*game engine*) para permitir que as equipes de produção vejam suas cenas se desenrolarem conforme são compostas e capturadas no set.” (KADNER, 2019). Segundo a *Autodesk* (2009) produção virtual é uma metodologia de trabalho visual dinâmica e não linear que une sistemas de câmeras virtuais, captura de movimento e performance, softwares e *assets* 3D com tecnologia de exibição de renderização em tempo real. Kevin Baillie reforça que produção virtual é como um processo paralelo que remove as barreiras entre a produção ao vivo e efeitos visuais, para que assim eles aconteçam de forma simultânea em vez de em linha como em metodologias padrões de produção (KADNER, 2019).

Apesar das diversas definições que podemos encontrar sobre produção virtual, estas afirmam ser um processo que integra em certo nível as etapas de pré-produção, produção e pós-produção de uma produção audiovisual. É como uma expansão dos métodos tradicionais de produção (DELOITTE, 2020) e traz consigo a proposta de um processo mais interativo, não linear e colaborativo (KADNER, 2019), que começa desde a pré-produção e continua até a pós-produção (AUTODESK, 2009). Iniciar na pré-produção torna os *assets* disponíveis para planejamento e gravação, tornando mais fácil o processo de refinar a aparência e qualidade durante toda a produção (DELOITTE, 2020).

Grande parte dos filmes e produções de TV dos dias de hoje contém algum aspecto da produção virtual, seja através dos *previs*, *techvis* ou *postvis* (KADNER, 2019). Atualmente a produção virtual não vem simplesmente para substituir as metodologias mais tradicionais de produção de filmes, mas para acrescentar novas formas de trabalho na produção de filmes e solucionar possíveis problemas e dificuldades.

Avatar (2009), *O Rei Leão* (2019), *Thor: Ragnarok* (2017) e *O Senhor dos Anéis: A Sociedade do Anel* (2001), são alguns exemplos de filmes que utilizaram de técnicas da produção virtual, de câmeras virtuais a *real-time performance* e *real-time rendering*. De

¹ “Real-time gives us the ability to put together better approximations of the final shots earlier. And when you can do that, then all the efforts can go into making that shot look as good as possible.” Rob Bredow, ILM

acordo com Naomi Goldman (2017), o *blockbuster* Avatar (2009) do diretor James Cameron, levou a produção virtual, *performance capture* e a realização de personagens e ambientes digitais a novos patamares, estabelecendo um novo padrão tanto em técnicas de produção virtual, quanto na transformação de atores nas criaturas fotorealistas do reino. James Cameron utilizou um sistema para capturar os movimentos manuais de câmera através de câmeras virtuais em cenários virtuais pré-visualizados com personagens capturados por movimento. Cameron e sua equipe de efeitos visuais puderam planejar e executar as gravações de forma digital que alcançaram toda a aparência e sensação de uma gravação física, integrando perfeitamente a linguagem da gravação ao vivo em cenas totalmente digitais. Avatar (2009) foi o primeiro filme a usar um sistema que permitia à equipe ver uma composição ao vivo dos elementos CG através das lentes da câmera e nos monitores do set (OKUN; ZWERMAN, 2010).

Recentemente tem chamado atenção o emprego de *game engines* ligadas a câmera rastreadas, gerando imagens dinâmicas exibidas em painéis de LED como modo de produção de cenários digitais fotorrealistas. O caso que ganhou maior expressão foi o da série *O Mandaloriano* (2019-2020), de Jon Fraveau. Essa produção apresentou inovações em técnicas da *produção virtual*, através do uso de grandes telas de LED em que exibiam cenários virtuais renderizados e alterados em tempo real (FAILES, 2020). Os atores de *O Mandaloriano* (2019) atuaram nesta grande e imersiva parede de vídeo em LED semicircular de 6,09 metros por 270 graus de altura e teto com um espaço de 22,86 metros de diâmetro, onde *assets* do cenário foram combinados com extensões digitais nas telas. Grande parte foi filmada utilizando esta nova metodologia, eliminando a necessidade de gravar em locações externas (SEYMOUR, 2020).

No Brasil, o cantor Criolo em parceria com Tropkillaz produziu o clipe de sua música *Sistema Obtuso* (2020) através da produção virtual, inteiramente em estúdio, gravado com os painéis de LED de 10x5m no fundo, como em *O Mandaloriano* (2019), permitindo que o Criolo e os atores fossem inseridos em universos virtuais (CULT, 2020).

Vale ressaltar que essas técnicas atualizam práticas históricas de ampliação de cenários através de intervenções de efeitos visuais. Ignorar esse fato pode limitar a compreensão de como a produção virtual tem contribuído para a indústria audiovisual nos dias atuais e qual a sua exata relevância para as produções recentes e futuras.

O crescente emprego de tecnologias de jogos na produção audiovisual cria demandas para profissionais capazes de integrar arte com sistemas computacionais. Verificou-se que está se formando um emergente mercado que abre oportunidades inéditas para o

profissional egresso do curso de Sistemas e Mídias Digitais da UFC. O desenvolvimento recente dessas possibilidades está em crescente repercussão na academia., no entanto a pesquisa e a produção teórica sobre esse tema são muito incipientes no Brasil.

Diante dessa realidade, o presente trabalho tem como objetivo geral realizar um levantamento do estado da arte da produção virtual, e como objetivos específicos mapear sua recente evolução no contexto mais amplo da realização de efeitos visuais, compreender as técnicas de produção virtual com painéis de LED, e suas possíveis aplicações em produções audiovisuais de elevado ou baixo orçamento.

Para tanto, empregou-se como metodologia a análise de documentos técnicos, entrevistas de realizadores, reportagens e *making off* (registro de bastidores) de produções recentes que empregam as novas técnicas. Buscou-se situar essas informações no contexto mais amplo da história da realização de efeitos visuais para cinema e vídeo. Diante dos limites do que foi possível alcançar num Trabalho de Conclusão de Curso, optou-se por limitar o escopo da análise comparativa à técnicas de produção virtual com painéis de LED, rastreando seus antecedentes históricos.

O trabalho encontra-se assim subdividido:

Na seção EFEITOS VISUAIS ANALÓGICOS buscou-se apresentar a evolução dos efeitos visuais analógicos para melhor compreensão acerca de seu uso na história do cinema.

Na seção PRODUÇÃO VIRTUAL DE CENÁRIOS buscou-se demonstrar a passagem da era analógica para a era digital na produção de cenários, descrevendo como as técnicas analógicas de produção de cenários evoluíram para as técnicas de produção de cenários de forma digital, como se deu o desenvolvimento das novas técnicas de produção virtual, de suas primeiras aplicações às mais recentes.

Na seção PRODUÇÃO VIRTUAL EM TEMPO REAL COM PAINÉIS DE LED descreveu-se os tipos de produção virtuais desenvolvidos pela indústria cinematográfica, no entanto, limitando-se à descrever de forma específica a técnica dos painéis de LED, as suas ferramentas e inovações, bem como exemplos de produções internacionais e nacionais que se utilizaram dela.

Espera-se assim, ao final deste trabalho, contribuir com estudos e aplicações acerca da técnica de painéis de LED e da produção virtual, ao possibilitá-los, especificamente ao novo perfil profissional de múltiplas áreas.

2 EFEITOS VISUAIS ANALÓGICOS

O presente trabalho se propôs a estudar a *produção virtual* com a finalidade de demonstrar esta nova forma de trabalho nas produções audiovisuais. Para isto observou-se a necessidade de apresentar uma breve evolução dos efeitos visuais, os termos e técnicas utilizados em produções que utilizam efeitos visuais, com o objetivo de descrevê-las para melhor compreensão do leitor e aprofundar-se nas mesmas e assim abordar o tema principal da produção virtual com os painéis de LED.

2.1 Evolução dos Efeitos Visuais Analógicos

Desde os primórdios da indústria cinematográfica, de 1895 a 1905, o termo “efeitos especiais” tem sido utilizado. Estes efeitos se limitavam apenas a truques realizados diretamente na câmera, os *in camera effects*, como efeitos de substituição de cenas, uso de miniaturas, técnicas e truques ópticos. No século XIX, em 1895, quando o cinema ainda estava em seus passos iniciais, o primeiro efeito especial chegou ao público através do filme *The Execution of Mary Stuart* (1895), com a cena da decapitação da rainha. No filme para que a cena da personagem decapitada ocorresse, era necessário pausar a gravação na câmera e enquanto todos os atores congelavam seus movimentos a atriz era substituída por um boneco que a representava, assim, retornavam a gravar e a cena da decapitação foi gravada, Figura 1. Um ano após, o ilusionista e cineasta francês, George Méliès, descobriu a mesma técnica enquanto filmava uma rua de Paris. Sua câmera travou durante a gravação e segundos após, ao retornar a gravar, foi tempo suficiente para que um ônibus se transformasse em um carro (OKUN; ZWERMAN, 2010).

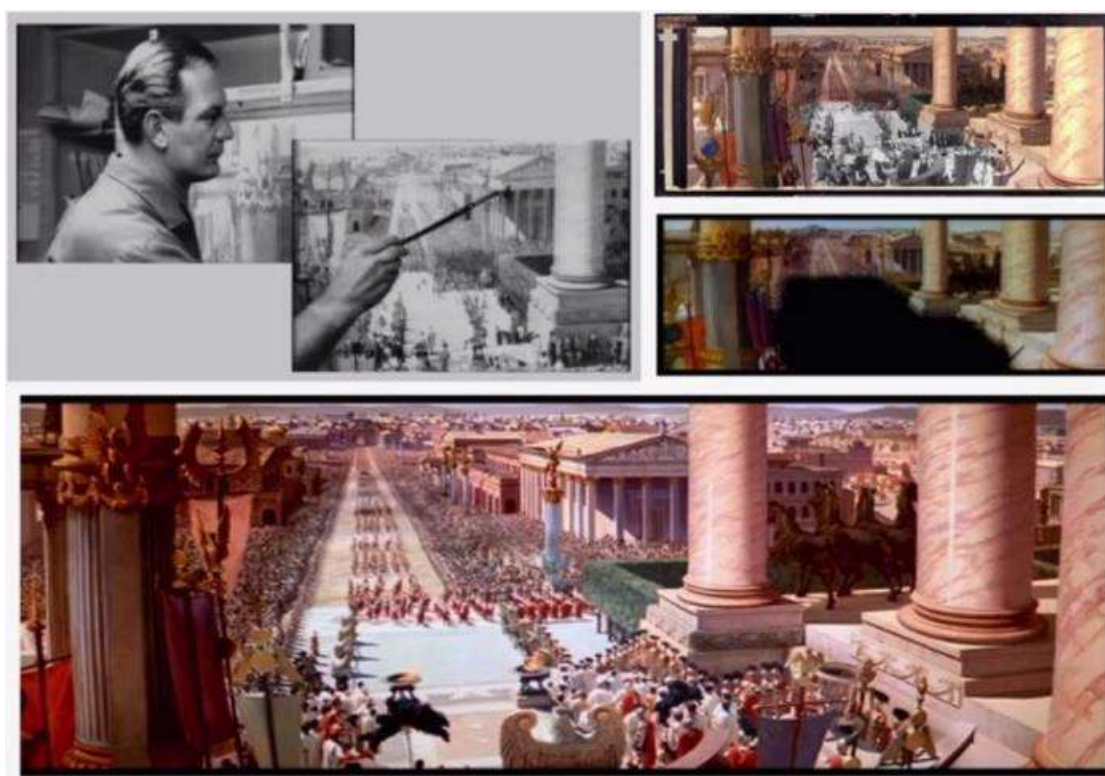
Figura 1 — The Execution of Mary Stuart (1895)



Fonte: <https://youtu.be/RpNQJV8KblQ>, elaborada pelo autor.

Foi a partir do século XX, com os novos avanços tecnológicos, que as produções iniciaram a ser maiores e melhores elaboradas, com a criação de novas técnicas, gêneros e estilos. Na década de 1920, houve o desenvolvimento de técnicas como *matte paintings*, usadas no plano de fundo (“*background*”) para desenvolver partes do cenário que seriam impossíveis de reproduzir em set, criando escalas extraordinárias nas produções, Figura 2. Na década de 1930, os cineastas começaram a utilizar técnicas de *pans* e *tilts*, que são movimentos de câmera horizontais e verticais, respectivamente. Durante as décadas de 1940 e 1950 foram desenvolvidos motores síncronos para controlar os movimentos *pans*, *tilts* e *dolly* (carrinho com rodas para movimentos de câmera suaves) das câmeras e permitir que esses movimentos pudessem ser reproduzidos diversas vezes de forma igual (OKUN; ZWERMAN, 2010).

Figura 2 — Ben Hur (1959)

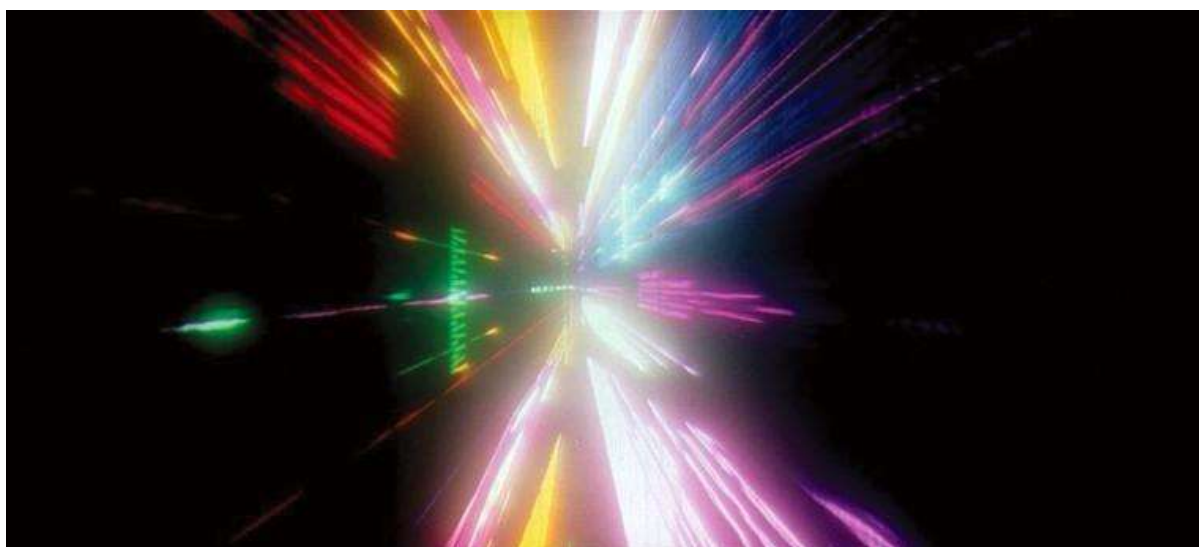


Fonte: <https://bit.ly/31G6dY8>. Matthew Yuricich trabalhando em matte paint de Ben Hur (1959)

No final da década de 50 e início da de 60, a era digital teve seu início através de equipamentos militares, onde John Whitney desenvolveu novos meios para criar diferentes tipos de animações gráficas; fotografou padrões de luz em movimento e objetos iluminados

que foram movidos por esses computadores militares. Este trabalho foi a inspiração para a criação da técnica *slitscan* que foi utilizada para criar a cena do portão estelar no filme *2001: A Space Odyssey* (1968), Figura 3. Ainda na década de 60, foi introduzido o conceito de interface gráfica interativa em computadores, o que permitiu com que diversos artistas pudessem encontrar meios para criar imagens com o computador (OKUN; ZWERMAN, 2010).

Figura 3 — Portão estelar de 2001: A Space Odyssey



Fonte: <https://bit.ly/3rFXb85>

No início da década de 1970, os cineastas passaram a utilizar animações gráficas, desenvolvidas através dos equipamentos de digitalização de alta resolução e processamento de imagem, como uma ferramenta para contar suas histórias. Através destes equipamentos e técnicas, diversas produções cinematográficas demonstraram o uso de animações gráficas, como *Vertigo* (1961) de Hitchcock, Figura 4, *Close Encounters of the Third Kind* (1977) e *The Empire Strikes Back* (1980) e no fim dos anos 70 e início dos anos 80, foi produzido o filme *Jurassic Park* (1993), que se utilizou dos efeitos visuais digitais para reforçar sua narrativa, Figura 5 (OKUN; ZWERMAN, 2010). Um ano após, produziram *Forrest Gump* (1994), um filme que utilizou composição digital para criar um realismo totalmente surpreendente, especialmente destacado nas cenas em que o personagem principal Forrest interage com personalidades históricas já falecidas como o Presidente John Kennedy, Richard Nixon e John Lennon, além da cena em que o personagem Dan Taylor aparece com as pernas amputadas, Figura 6 (APRAMOS, 2012).

Figura 4 — Vertigo (1961)



Fonte: <https://bit.ly/3wiWC7K>. Abertura com gráficos animados para a série Vertigo.

Figura 5 — Jurassic Park (1993)



Fonte: <https://bit.ly/3fwckGN>. Elaborado pelo autor. À esquerda a cena original, à direita a cena finalizada com os dinossauros inseridos digitalmente.

Figura 6 — Forrest Gump (1994)



Fonte: <https://bit.ly/2PkrLY0>. Elaborado pelo autor. À esquerda a cena original, à direita a cena finalizada com a remoção das pernas de Gary.

No decorrer dos anos houveram grandes avanços na velocidade de processamento, energia e armazenamento dos computadores que permitiram a criação de ferramentas para captar cenas com câmeras de cinema. As instalações de efeitos visuais, artistas de efeitos visuais e efeitos especiais e cientistas utilizaram da imaginação, conhecimento técnico e criatividade para desenvolver e criar as primeiras ferramentas que foram utilizadas na maioria das produções cinematográficas antigas e atuais (OKUN; ZWERMAN, 2010).

Okun e Zwerman (2010) salientam que desde 1993 a 2010 houveram tantas e grandes inovações quanto os 100 anos anteriores. Este progresso permitiu que todos os tipos de artistas e cineastas pudessem criar efeitos visuais incríveis, recriando e abrindo a novas possibilidades, todo o meio cinematográfico.

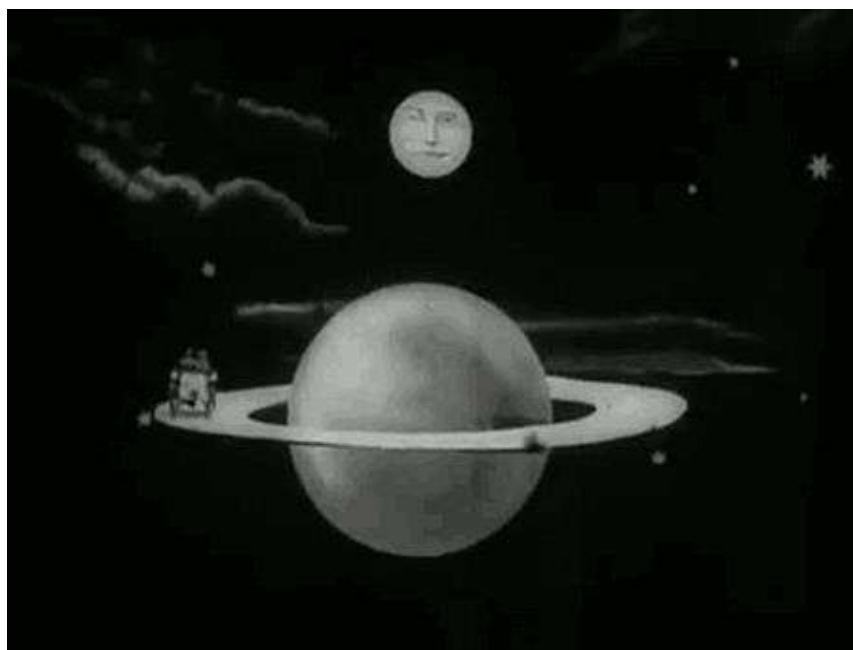
Os anos, desde 1993, pode-se argumentar que incluíram tanta inovação quanto os 100 anos anteriores de efeitos visuais. Tudo estava aberto, e uma legião de artistas, cientistas e engenheiros de efeitos visuais incrivelmente inteligentes redesenharam a paisagem de tal forma que nenhum efeito estava além do nosso alcance. Vimos o mundo da impressão ótica desaparecer de uso comum mais rápido do que qualquer um de nós poderia acreditar, já que scanners digitais e impressoras, aumentados pela nova composição, software 2D e desenvolvimentos fantásticos em câmeras 3D e rastreamento de objetos vieram à tona. Temos visto um tremendo trabalho feito em interfaces gráficas de usuário adaptadas às necessidades dos artistas; melhorias na animação, modelagem e rigging; a aplicação de atributos fisiológicos aos caracteres; melhor captação de movimento; simulação física; e - absolutamente essencial para o nosso atual estado de realização - enormes avanços em iluminação e renderização. (OKUN; ZWERMAN, 2010, p.13, tradução nossa²).

Antes das tecnologias digitais se tornarem o centro de muitas produções de efeitos, os efeitos visuais eram desenvolvidos através da combinação de técnicas realizadas no *set* com efeitos realizados diretamente na câmera, *animatronics*, *stop-motion*, painéis de vidro pintados, truques óticos e manipulações químicas nos filmes (DINUR, 2017).

Como pontua Dinur (2017), alguns dos efeitos mais criativos e bonitos da história dos efeitos visuais foram realizados com técnicas que não eram digitais, do curta-metragem *Le Voyage Dans la Lune* (1902) de Georges Méliès, Figura 7, a *Star Wars* (1977) de George Lucas, Figura 8.

² The years since 1993, it can be argued, included as much innovation as the previous 100 years of visual effects. Everything was open, and a legion of incredibly clever visual effects artists, scientists, and engineers redrew the landscape such that no effect was beyond our reach. We saw the world of optical printing fade from common use faster than any of us would have believed possible as digital scanners and printers, augmented by new compositing, 2D software, and fantastic developments in 3D camera and object tracking came to the fore. We have seen tremendous work done in graphical user interfaces tailored to the needs of artists; improvements in animation, modeling, and rigging; the application of physiological attributes to characters; improved motion capture; physical simulation; and—absolutely essential to our current state of accomplishment—huge advances in lighting and rendering

Figura 7 — Le Voyage Dans La Lune (1902)



Fonte: <https://bit.ly/31G6dY8>

Figura 8 — Star Wars (1977)



Fonte: <https://bit.ly/2R0gRaf>

No entanto, os dinossauros de *Jurassic Park* não poderiam ter sido criados, animados e renderizados sem as tecnologias digitais e aplicações 3D que vieram posteriormente. Essas tecnologias não apenas abriram novas possibilidades para efeitos visuais, mas revolucionaram seu uso na indústria - de eventos únicos em um punhado de filmes a uma ferramenta de produção de filmes amplamente usada em todos os gêneros e em qualquer orçamento (DINUR, 2017).

2.2 Efeitos visuais analógicos e a criação de cenários

Neste segmento, destaca-se o histórico de algumas técnicas relacionadas à produção virtual em painéis de LED, que serão trabalhadas na seção seguinte.

2.2.1 *Matte painting*

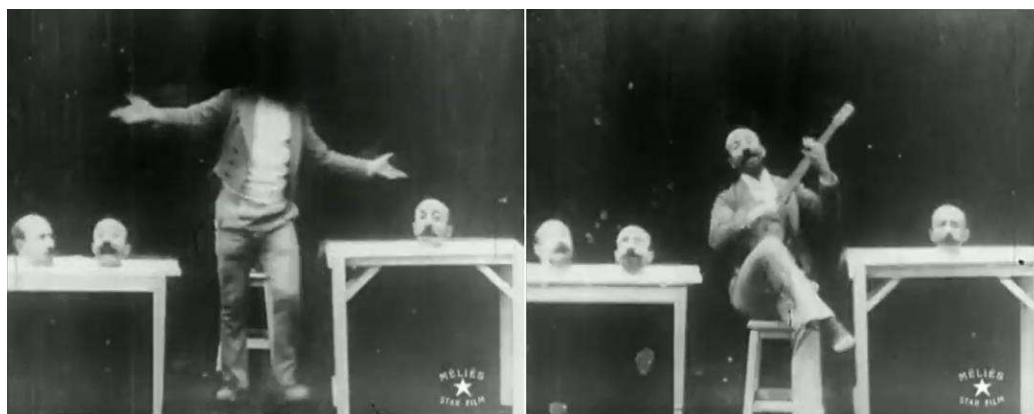
O termo “*matte painting*” refere-se a uma pintura de uma paisagem, cenário ou locações externas ao *set* que permite aos cineastas criarem uma imagem que seria dispendiosa de produzir, de difícil localização ou gravação pela equipe de produção (UKEssays, 2018), Koke Nunez reforça: “é uma representação visual pintada utilizada para recriar paisagens ou cenários em uma cena filmada; através da sobreposição de imagens, ilustrações ou vídeos, a cena é integrada e finalizada, permitindo aos cineastas criar ilusões de um ambiente que não existe na locação” (CESARATO, 2020). Segundo Dinur (2017) este termo teve sua origem na era pré-digital e referia-se à técnica de pintar elementos do fundo (“*background*”) em painéis de vidro que eram posicionados no *set*.

O termo “*matte*” em “*matte painting*” refere-se à seção da imagem filmada que é bloqueada ou apagada. Essas técnicas de bloqueio foram abandonadas com o advento dos efeitos visuais digitais, mas por aproximadamente 80 anos foram realizados trabalhos incríveis utilizando essas ferramentas. (MATTINGLY, 2011, p.26, tradução nossa³).

De acordo com Mattingly (2011), “*matte painting*” existe desde os primórdios do cinema e tem sido usado continuamente ao longo de sua história, da era analógica à digital. Georges Méliès, conhecido como o “pai dos efeitos visuais”, usou a técnica de “*matte painting*” em diversos filmes que produziu. No seu filme *Un Homme de Têtes* (1898), Méliès utilizou um painel de vidro pintado de preto para impedir que a luz alcançasse partes da película do filme deixando-as vazias, isso possibilitou que a mesma película pudesse ser reutilizada para gravar; Méliès retirou o painel de vidro preto das partes previamente bloqueadas e colocou onde já havia sido filmado, com isso preencheu os espaços vazios do quadro com imagens diferentes, resultando num efeito especial em seu filme, com a montagem de uma cena que normalmente seria impossível de se reproduzir, Figura 9 (MAHER, 2015).

³ The matte in matte painting refers to the section of the filmed image that’s blocked, or matted out. These blocking techniques have been abandoned with the advent of digital special effects, but for nearly 80 years some amazing work was done using these tools.

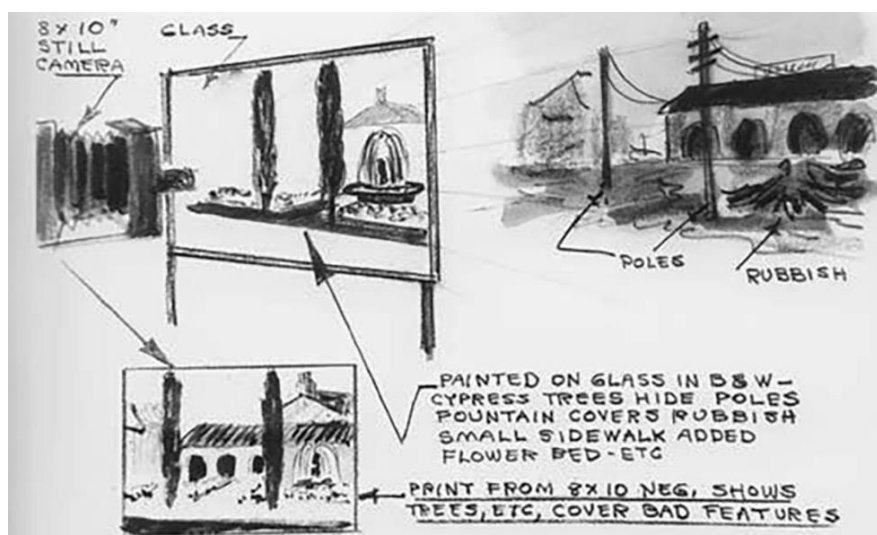
Figura 9 — Un Homme de Têtes (1898)



Fonte: <https://youtu.be/RzsdqsiJQ6Y>, elaborada pelo autor.

No entanto, segundo Maher (2015) a invenção da técnica de “*matte painting*” normalmente é creditada à Norman Dawn. Norman aprendeu a técnica de fotografar através de vidros em 1905, utilizava os painéis de vidro com pinturas para que ao fotografar pudesse evitar retoques dispendiosos de suas fotografias, Figura 10. Inspirado no que viu nos filmes de Méliès, Norman passou a utilizar sua técnica de fotografia pelo vidro em seus filmes, em 1907 produziu seu primeiro filme: *Missions of California*, que representou uma inovação do uso de “*matte paintings*” em filmes; diversas das missões coloniais espanholas que ele filmou estavam parcialmente destruídas, ele utilizou de “*matte painting*” para restaurar as construções, pintando arcos e telhados que faltavam. Norman também desenvolveu a técnica original “*negative matte painting*” e patenteou seu processo em 1918 (MATTINGLY, 2011).

Figura 10 — Representação da técnica de Matte Painting de Norman Dawn

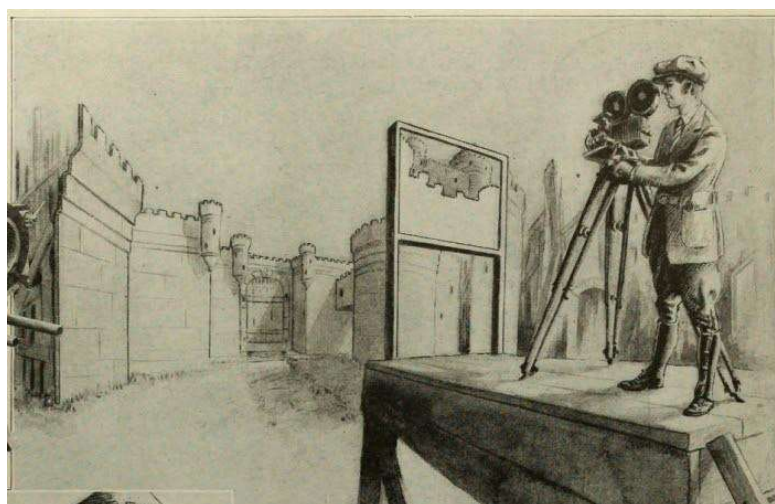


Fonte: <https://bit.ly/3fzTTRt>

De acordo com Mattingly (2011), haviam três técnicas principais que foram desenvolvidas para o “*matte painting*” ao longo dos anos, antes dos efeitos visuais digitais serem desenvolvidos. Essas técnicas eram denominadas: “*glass shot*” (fotografias em vidro), “*original-negative matte*” (fosco negativo original) e “*rear-projection matte*” (fosco de projeção traseira).

Na técnica “*glass shot*”, Figura 11, um painel de vidro era posicionado entre a câmera e o cenário a ser filmado, assim um artista realizaria uma pintura no vidro que bloqueava e substituía partes do cenário na cena. Em vez de construir um *set* inteiro ou deslocar-se para filmar em uma cordilheira, os elementos desejados eram pintados no vidro para complementar a locação na cena (MATTINGLY, 2011).

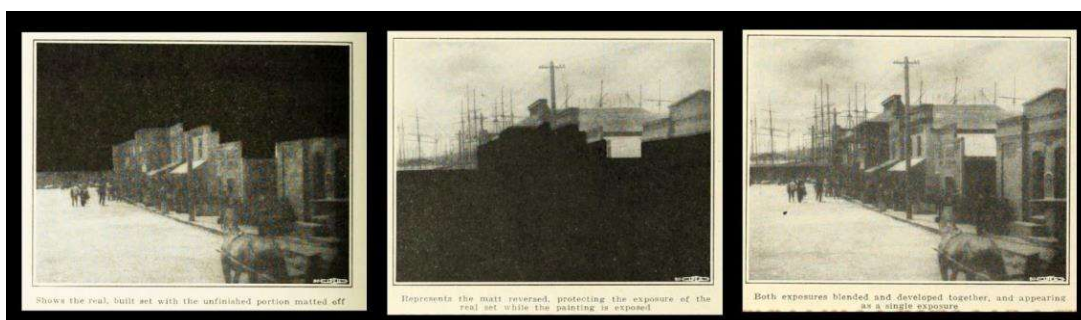
Figura 11 — Representação da técnica Glass Shot



Fonte: <https://bit.ly/39CNC3L>

A técnica “*original-negative matte*”, Figura 12, permitiu que os artistas de “*matte painting*” pudessem realizar a pintura após as gravações terem sido realizadas, assim a produção não precisava esperar a pintura finalizada para gravar e o artista possuía mais tempo para desenvolvê-la em seu estúdio. A técnica consistia em colocar uma máscara preta na frente da câmera durante a gravação e posteriormente no estúdio, uma cena da gravação era posicionada na câmera, com uma luz através dela para projetar a imagem na superfície em que o artista iria realizar a pintura. O artista bloquearia a área em que o filme foi exposto e pintaria apenas nas áreas opacas (“*matted-out areas*”) da exposição original da película. Para a finalização o filme era exposto uma segunda vez para adicionar a pintura ao filme (MATTINGLY, 2011).

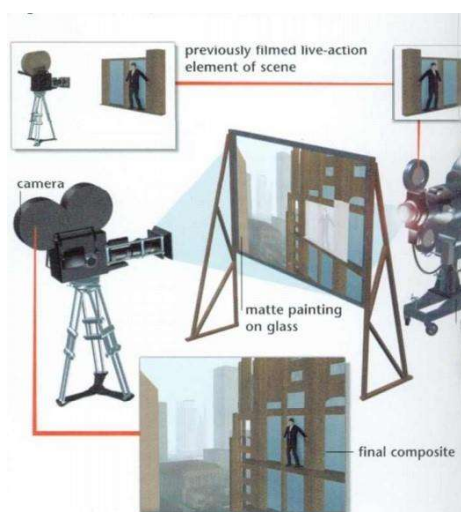
Figura 12 — Cenas originais pintadas em negativo do filme *The Blood Ship* (1927)



Fonte: <https://bit.ly/3meXSo0>. Na primeira imagem o *set* é filmado com partes bloqueadas pela máscara preta, na segunda imagem a máscara está invertida, protegendo a parte do filme que já havia sido exposta enquanto a pintura é realizada e, na terceira imagem a pintura e a gravação estão combinadas para formar a cena finalizada numa segunda exposição.

Na terceira técnica, “*rear-projection matte*”, o diretor realizava a gravação normalmente e a pintura e finalização eram realizadas posteriormente. O filme era revelado normalmente e posicionado em um projetor traseiro atrás de um painel de vidro revestido com material de projeção fosco. O artista determinava a área onde seria realizada a pintura e alinhava as áreas filmadas e pintadas antes da pintura ser feita. Posteriormente com a câmera e o projetor traseiro cuidadosamente sincronizados, a cena era filmada novamente, desta vez com a pintura do artista bloqueando as áreas mascaradas da filmagem original para mesclar a filmagem com a pintura, finalizando a cena (MATTINGLY, 2011).

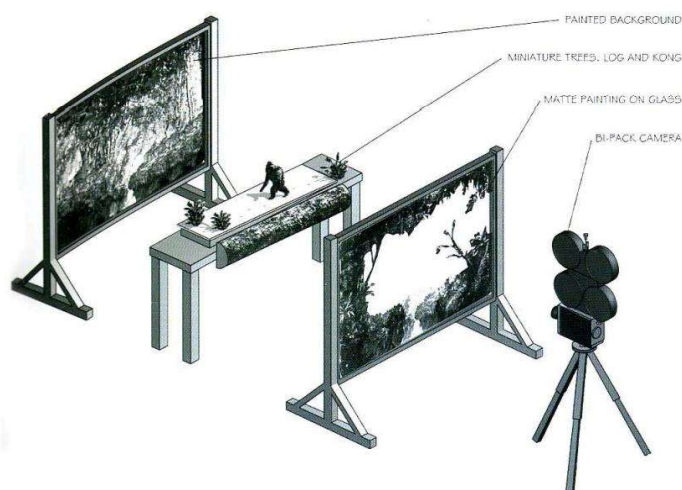
Figura 13 — Representação da técnica *Rear-Projection Matte*



Fonte: <https://bit.ly/3wmRmQH>. Uma pintura no vidro com uma projeção da filmagem realizada no *set* por trás do vidro, a câmera localizada na frente da película de vidro compõe a pintura com a projeção traseira gerando a composição final.

De acordo com Koke Nunez, alguns dos primeiros filmes a utilizarem as técnicas de “*matte painting*” foram King Kong na década de 1930 e Cidadão Kane na década de 1940 (CESARATO, 2020). No filme King Kong (1933), enquanto a filmagem em stop motion era realizada para uma cena na selva, havia uma pintura no plano fundo e outra no primeiro plano pintada em vidro com transparência. No estúdio, ambas as pinturas foram dispostas na frente da câmera e entre elas havia uma mesa contendo uma composição em miniatura de stop motion para o Kong, Figura 14, através da câmera e sua objetiva o cineasta poderia observar a composição feita pelos três elementos, Figura 15 (BOWDEN, 2005, p. 9).

Figura 14 — Configuração de composição do filme King Kong (1933)



Fonte: BOWDEN, 2005, p. 10. À esquerda o plano de fundo contendo a pintura, no centro a composição em miniatura, à frente a pintura no vidro e a câmera para a filmagem.

Figura 15 — Composição na câmera de King Kong (1933)



Fonte: BOWDEN, 2005, p. 10

2.2.1 Projeção traseira

Projeção traseira (“*rear projection*”) é uma técnica de efeitos especiais realizada no set para ter o efeito diretamente na câmera, utilizado em diversas produções de filmes para combinar o primeiro plano com fundos pré-filmados, consistia em ter os atores performando na frente de uma tela com uma gravação pré-filmada sendo projetada nela, foi amplamente utilizada para compor cenas com diferentes planos de fundo em movimento (UKEssays, 2018), ao longo dos anos, a técnica seria aperfeiçoada e utilizada em quase todas as produções de Hollywood - fornecendo cenários para romances oceânicos, aventuras tropicais e viagens em trens e carros, Figura 16 (RICKITT, 2000).

Figura 16 — Cena de direção do filme Dr. No (1962) com Rear Projection



Fonte: <https://bit.ly/31EnHEN>

Segundo Rickitt (2000) a técnica de projeção traseira passou por diversos desenvolvimentos ao longo dos anos, como o desenvolvimento da projeção em telas grandes, o que significou a criação de projetores poderosos e produção de estoques de filmes muito mais rápida. A projeção traseira evoluiu para um método de produção altamente prático e desde o início da década de 30 tem sido utilizado para compor imagens fantásticas e improváveis em filmes como King Kong (1933), aliada às técnicas de stop motion e matte painting e projeção traseira com miniaturas.

Na projeção traseira em *King Kong* (1933), podemos citar a cena em que Kong luta contra o dinossauro na selva, com a personagem reagindo. Segundo VIDEOARTELEX (2014) nesta cena, a luta entre Kong e o dinossauro foi realizada em stop motion e a interação da atriz com a cena se deu através da projeção traseira, Figura 17; atrás da atriz havia uma tela translúcida contendo uma projeção nela, gerada por um projetor e através da câmera era filmada a composição das cenas juntas e o resultado final era obtido, Figura 18. Essa técnica trouxe vantagens para a atuação dos atores, permitindo com que atuassem com maior facilidade devido poderem ver e interagir diretamente com a cena no *set*.

Figura 17 — Composição da cena com projeção traseira em *King Kong* (1933)



Fonte: <https://bit.ly/2OcljAo>, montagem da imagem elaborada pelo autor a partir de prints do vídeo.

Figura 18 — Cena final em projeção traseira do filme *King Kong* (1933)



Fonte: <https://bit.ly/2OcljAo>

3 PRODUÇÃO VIRTUAL DE CENÁRIOS

Grande parte da criação e produção de imagens de hoje é realizada com o auxílio de computadores. Cada vez mais, profissionais de variadas categorias visuais estão trabalhando com informações digitais. Algumas das práticas visuais tradicionais baseadas em técnicas de desenho, pintura, fotografia e vídeo estão se fundindo com as técnicas de imagem digital. Um ambiente criativo que costumava existir como uma coleção de disciplinas totalmente separadas e não relacionadas — cada uma com suas próprias ferramentas, técnicas e mídia — está se transformando em um meio onde artistas visuais tocam em diferentes mídias, onde há uma grande sobreposição entre os campos da animação, artes gráficas, radiodifusão e cinema (KERLOW, 2004).

A criação de cenários nas produções audiovisual tem sido realizada através da união de diversas técnicas, e o seu desenvolvimento pode ser desde forma prática, ao vivo no *set* desenvolvendo construções, *animatronics* de alta qualidade ou em locações sendo complementada com construções físicas, como também de forma virtual através de CGI (imagens geradas por computador) auxiliado pelas técnicas de efeitos visuais, como digital matte painting. No entanto, segundo Dinur (2017) construir cenários práticos é dispendioso, exigindo tempo e orçamento da produção, sendo mais favorável construir apenas a parte onde a ação principal irá ocorrer — promovendo uma interação real dos atores com o cenário — e levando a filmagem para a equipe de efeitos visuais compor o restante do cenário de forma virtual na pós-produção.

De acordo com Dinur (2017) as extensões dos cenários de forma virtual são criadas usando técnicas de matte painting ou construídas em 3D, abrindo oportunidades para os cineastas e evitando a necessidade de locomover toda a equipe para locações, sem preocupar-se com regulamentações e regras de filmagem em locais públicos. Extensões do cenário do set bem-sucedidas e ambientes CG são mais eficazes quando estão bem compostos com a filmagem real. Mesmo o melhor matte painting digital parecerá um plano de fundo barato se não estiver perfeitamente integrado aos elementos do primeiro plano, sendo fiel à iluminação, cor e atmosfera da filmagem.

O desenvolvimento de cenários virtuais têm sido realizado através de programas especializados, com aplicações que incluem não somente a indústria cinematográfica, mas também televisão, publicidade, jogos, simulações científicas e arquitetura; e atualmente atingiu a capacidade de não somente estender o cenário de um *set*, mas até mesmo criar do zero, ambientes fotorrealistas completos com arquitetura, crescimento orgânico e atmosfera

(ANN, 2005). De acordo com Wright (2008), o CGI é desenvolvido em computador e composto na filmagem ao vivo realizada pela equipe de produção.

Se você deseja que seus atores sejam vistos em frente ao Palácio Imperial no planeta Mungo, você pode não querer gastar dinheiro para construir o exterior de todo o Palácio Imperial. Melhor construir um pequeno pedaço dele em um set de filmagem, colocar o ator nele e então estender o set posteriormente usando CGI quando você precisar de uma gravação ampla. (WRIGHT, 2008, p.4, tradução nossa⁴).

A Figura 19 mostra um exemplo de cenário virtual desenvolvido pelo estúdio MPC para o filme *The Jungle Book* (2016), os artistas construíram um mundo fotorrealista, desenvolvendo os ambientes e personagens animais através de CGI.

Figura 19 — The Jungle Book (2016)



Fonte: <https://vimeo.com/205247452>, elaborada pelo autor.

3.1 Atualização digital das técnicas clássicas (matte painting e projeção traseira)

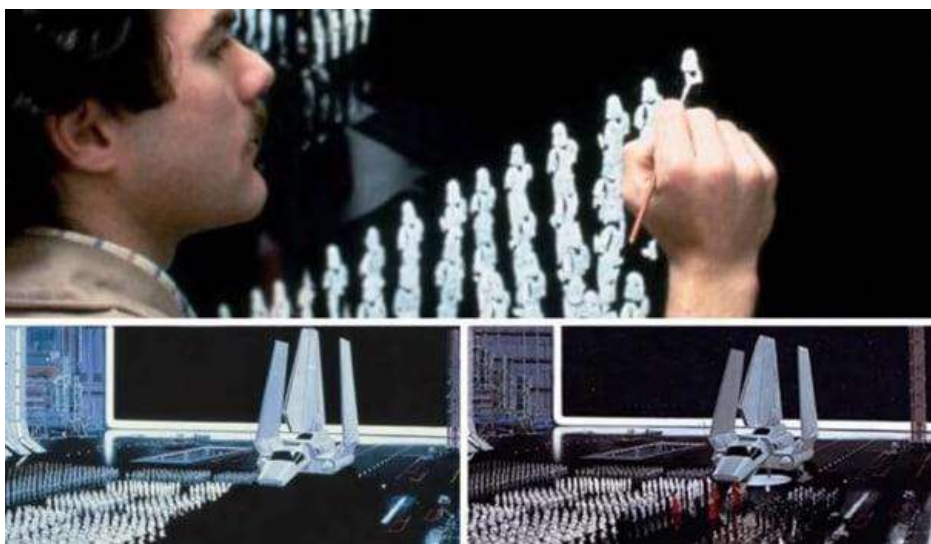
Com o advento da era digital as técnicas analógicas de “*matte painting*” e projeção traseira foram se tornando obsoletas. No passado as máscaras de “*matte painting*” eram limitadas pela sua tecnologia analógica, a maioria sendo realizada apenas com os painéis de vidro, pinturas e projetores (MATTINGLY, 2011). Segundo Cesarato (2020) o estúdio de VFX Industrial Light and Magic (ILM), fundado por George Lucas quando ele havia iniciado

⁴ If you wanted your actors to be seen standing in front of the Imperial Palace on the planet Mungo, you may not want to spend the money to build the exterior of the entire Imperial Palace. Better to build a small piece of it on a movie set, place the talent in it, then extend the set later using CGI when you need a wide shot.

as gravações de Star Wars em 1975, auxiliou a revolucionar a forma com que as “*matte paintings*” eram realizadas, assim o estúdio estabeleceu um padrão para os efeitos visuais, recebendo 15 oscars de melhores efeitos visuais, desenvolvendo algumas das imagens mais impressionantes da história do cinema. Nesta abordagem diferenciada das “*matte paintings*”, a ILM alcançou isso através da restauração do uso de miniaturas em conjunto com pinturas, ao mesmo tempo em que introduziu suas próprias técnicas na era digital por meio do desenvolvimento de programas de pintura em computadores (BOWDEN, 2005, p. 11).

Durante a produção de Star Wars no final da década de 70, a ILM desenvolveu uma câmera com controle de movimento, a qual era controlada através de um programa de computador. Através dessa câmera com controle de movimento, o operador de câmera poderia repetir o mesmo movimento diversas vezes, permitindo com que vários modelos fossem filmados separados e compostos posteriormente (BOWDEN, 2005, p. 11). Chris Evans, Figura 20, e Mike Pangrazio são alguns dos artistas de “*matte painting*” mais famosos que trabalharam na ILM, passando meses criando cenas com um nível de detalhe incrível, pintando em vidro ou em tela (CESARATO, 2020).

Figura 20 — Chris Evans realizando pinturas para Star Wars (1977)



Fonte: <https://bit.ly/3sK23KO>

Em 1985, Chris Evans se tornou o primeiro artista de “*matte painting*” a usar pintura digital, no filme O Enigma da Pirâmide (“*Young Sherlock Holmes*”). Evans utilizou um computador desenvolvido pela Pixar e um programa proprietário para pintar digitalmente as linhas de sua “*matte painting*” digitalizada para a composição final de uma cena, Figura 21. Segundo Evans: “fiz uma série de pinturas da maneira tradicional, nós as digitalizamos no

computador e as combinamos digitalmente” (RICKITT, 2000). Nessa cena também foi apresentado o primeiro personagem gerado por computador (“CGI”) em um filme: um cavaleiro que veio a vida e atacou um padre live-action (ator real) (BOWDEN, 2005, p. 12).

Para uma sequência em que um cavaleiro animado por computador saltou de uma janela de vitral de uma igreja, eu pintei a janela em aquarela e, em seguida, criei o ambiente da igreja ao redor como uma pintura a óleo separada. Esses elementos foram digitalizados no computador onde foram unidos. Onde antes passávamos todo o nosso tempo tentando mesclar *matte lines* - as bordas onde os elementos se juntam - o computador realmente nos permitiu selecionar as cores de cada pintura e mesclar perfeitamente os dois elementos na *matte line*. Foi um momento muito emocionante porque estávamos apenas começando a perceber o quanto os computadores nos permitiriam fazer no futuro (RICKITT, Richard, 2000, p.204, tradução nossa⁵).

Figura 21 — O Enigma da Pirâmide (“Young Sherlock Holmes” - 1985)



Fonte: RICKITT, 2000, p. 204 e p. 205. À esquerda: Chris Evans realizando pintura de vitrais em aquarela. À direita: pinturas digitalizadas para o computador, manipuladas e combinadas digitalmente. Ambas para o filme.

Segundo Cesarato (2020), Koke nos diz que apesar das “*matte paintings*” realizadas com pinturas à mão terem continuado a existir ao longo dos anos, a exemplo disso temos *Titanic* (1997) de James Cameron em que Evans pintou à mão o navio de resgate, a imagem digital assumiu o controle da indústria. Portanto, embora o termo *matte painting* permaneça até os dias atuais, há poucas pinturas reais. Através dos computadores de alto desempenho os artistas de *matte painting* puderam desenvolver novas técnicas que permitiram diminuir o tempo de produção e ter mais possibilidades na criação de cenas com efeitos visuais. Os artistas hoje contam principalmente com um material fotográfico extremamente detalhado e fotorrealista, montando um ambiente coerente usando imagens e *assets* (arquivos

⁵ For a sequence in which a computer animated knight leapt out from a stained glass church window, I painted the window in watercolours and then created the surrounding church environment as a separate oil painting. These elements were scanned into the computer where they were joined together. Where we had once spent all our time trying to blend *matte lines* - the edges where elements join together - the computer actually allowed us to select colours from either painting and seamlessly blend the two elements across the *matte line*. It was a very exciting time because it was just beginning to dawn on us how much computers were going to allow us to do in the future.

digitais que auxiliam a completar um projeto, como fotos, imagens, vídeos e objetos 3D) variados, realizando cortes, manipulação de imagens, montagem e composição de várias peças de imagens para uma composição final em alta qualidade (DINUR, 2017).

Atualmente grande parte dos *matte painting* realizados nos filmes são através de softwares em computadores de alto desempenho, englobando novas técnicas de composição avançadas (MATTINGLY, 2011), segundo Rickitt (2000) para este propósito o programa comumente utilizado é o Adobe Photoshop. Koke reforça citando programas 3D como Maya ou Nuke para criar projeções em planos 3D, World Creator e Terragen usado para criar terreno, Zbrush para modelagem 3D; After Effects para pós-produção e mecanismos de renderização como Octane Render, Redshift ou V-Ray (CESARATO, 2020). No entanto, apesar das técnicas de composição serem extremamente avançadas, um artista de “*matte painting*” deve ter conhecimentos que vão além do software, como o conhecimento em arte tradicional e habilidades em modelagem 3D, texturização, composição, iluminação (DINUR, 2017), sombras, perspectiva, escalas e ilustração digital (CESARATO, 2020).

Figura 22 — Minas tirith do filme Senhor dos Anéis: O Retorno do Rei (2003)



Fonte: <https://bit.ly/3cInSF5>

Figura 23 — Hobbit: Uma Jornada Inesperada (2012)



Fonte: <https://bit.ly/3cInSF5>

Nas Figuras 22 e 23 podemos ver cenas de filmes realizados com a técnica de matte painting digital, compostos por sucessivas colagens e retoques de elementos extraídos de imagens fotográficas ou geradas por software 3d com render hiperrealistas (DANTAS, 2018).

Projeção traseira por sua vez, de acordo com Foundry (2018), Rob Bredow, chefe da ILM, nos diz que atualmente com as tecnologias digitais mais recentes, têm seu efeito especial realizado com um maior grau de sofisticação, que não seria capaz de ser atingido na era pré-digital. Segundo ele, no filme Han Solo: Uma História Star Wars (2018), foram utilizados múltiplos projetores a laser com definição 4K de alta qualidade, com brilho e contraste extremamente fortes, perfeitamente unidos para alcançar um efeito com maior qualidade. Na cabine da nave Millenium Falcon, ao olhar para fora, era vista uma tela curva de 180 graus ao redor que passava a impressão do hiperespaço ser “*live-action*” através da projeção de mídia digital, Figura 24. Grande parte dessa mídia era pré-renderizada em alta qualidade, reproduzindo em 8K e 4K.

Figura 24 — Set de Han Solo: Uma História Star Wars (2018) cena do hiperespaço



Fonte: <https://bit.ly/3sJnxHv>

Em alguns casos, Bradford Young, diretor de fotografia de Han Solo, desejava que a luz verde do blaster estivesse iluminando os atores em determinados momentos onde a câmera estava; eles poderiam interativamente inserir o disparo do blaster onde desejavam e continuar a obter resultados finais fotorrealistas diretamente na câmera. Eles realizaram toda a sequência de Kessel Run e a maioria das cenas com a Millenium Falcon através da projeção

traseira. A combinação de mídia de alta qualidade, projeções de alta qualidade e a capacidade de adicionar elementos interativos impulsionou as possibilidades para a equipe de produção do filme, Figura 25 (FOUNDRY, 2018).

Figura 25 — Set de Han Solo: Uma História Star Wars (2018)



Fonte: <https://bit.ly/3sJnxHv>

Portanto, apesar da técnica de projeção traseira ter seu início na origem do cinema, passou por diversos usos e atualizações ao longo da história e atualmente com as novas tecnologias digitais, os estúdios têm conseguido retornar a utilizá-la de forma prática no *set* trazendo benefícios para a equipe de produção. Atualmente não apenas a mídia digital, pré-renderizada e em tempo real é capaz de atingir resultados fotorrealistas diretamente na câmera, mas os cineastas também podem adicionar elementos interativamente a qualquer momento. Além de auxiliar na visualização do mundo a ser desenvolvido, a projeção traseira promove aos atores e ao departamento de câmera algo tangível para trabalharem (SHIELDS, 2020).

3.1 Produção de cenários virtuais com auxílio de game engines

Novas tecnologias digitais têm proporcionado com que os cenários virtuais que anteriormente teriam sido adicionados a um filme apenas na etapa de pós-produção, possam ser visualizados em tempo real, enquanto as cenas estão sendo captadas no estúdio. Segundo Roettgers (2019) a ILM utilizou estas tecnologias para a criar Rogue City no filme *A.I. - Inteligência Artificial* (2001) de Steven Spielberg, combinando efeitos práticos e CGI. O

estúdio criou um sistema de rastreamento (“*tracking*”) dedicado para a câmera no set, que permitia aos computadores através de *game engines*, adicionar uma visualização do cenário virtual em tempo real, possibilitando a equipe compor corretamente as cenas em frente a uma tela azul e, ao mesmo tempo, visualizá-las com uma interpretação virtual de toda a cidade, o resultado foi o mundo expansivo e futurista imaginado por Spielberg e Stanley Kubrick, Figura 26.

Figura 26 — Making off do filme A.I. - Inteligência Artificial (2001)



Fonte: <https://vimeo.com/96074185>, elaborado pelo autor, da esquerda para a direita: filmagem em estúdio com tela verde, pré-visualização ao vivo no *set* e embaixo a cena final.

Roettgers (2019) ressalta que as *game engines*, inicialmente desenvolvidas para a produção de jogos, atualmente têm se tornado cada vez mais uma ferramenta para a produção audiovisual em tempo real. Com os avanços tecnológicos nos computadores e o desenvolvimento de *game engines* mais otimizadas, o seu uso em produções audiovisuais tem se expandido para além da pré-visualização em tempo real, sendo utilizado na produção cenários virtuais completos para serem exibidos diretamente no estúdio de gravação em tempo real, permitindo que a equipe filme cenas próximas da sua composição final diretamente na câmera.

Além de economizar tempo no processo de produção, o tempo real promete ser mais barato que as tecnologias de produção tradicionais, abrindo oportunidades para novos cineastas produzirem filmes como os de Hollywood, com orçamento menores (ROETTGER, 2019). Em entrevista à *Variety*, Isabelle Riva reforça:

Os motores de jogos podem ajudar os criadores independentes a fazer muito do que os estúdios têm feito durante anos com ferramentas caras e enormes fazendas de renderização - clusters de computadores de alto desempenho especificamente construídos para produzir efeitos visuais, geralmente para filmes e TV. Você não precisa de toda a suíte que a maioria dos estúdios de cinema tem. (ROETTIGERS, 2019, tradução nossa⁶).

Na Figura 27 podemos ver a cena da casa de vidro em *John Wick 3: Parabellum* (2019) visualizada e executada com o auxílio da Unreal Engine.

Figura 27 — John Wick 3: Parabellum (2019)



Fonte: <https://bit.ly/2Ps89RB>

Em entrevista à VFX Voice, segundo Morin, chefe do laboratório da Epic Game em Los Angeles, para planejar a cena da casa de vidro, o pacote CAD do cenário foi importado para a Unreal Engine, que possuía a capacidade de traçar raios e produzir reflexos precisos, assim a equipe de filmagem conseguia ver em tempo real, exatamente onde os reflexos poderiam aparecer no set e modificar seu projeto antes da construção ser realizada (HOGG, 2021). Na Figura 28 observamos as telas de LED, colocadas ao redor da casa de vidro, que projetavam mídia fotorrealista renderizada através da Unreal Engine em tempo real.

⁶ Game engines, she argues, can help independent creators do much of what studios have done for years with expensive tools and huge render farms — high-performance computer clusters specifically built to produce visual effects, generally for film and TV. You don't need the whole suite that most movie studios have.

Figura 28 — Set virtual de John Wick 3: Parabellum (2019)



Fonte: <https://bit.ly/2Ps89RB>

No filme *Rocketman* (2019) há uma cena no estádio do Los Angeles Dodgers completamente lotado, no entanto, o ator realizou sua atuação nos *Estúdios Shepperton*, na Inglaterra e o estádio e a multidão foram projeções tridimensionais geradas a partir das game engines, Figura 29 (DIMITROPOULOS, 2020). De acordo com a Cinesite⁷, a multidão foi desenvolvida utilizando o sistema de *sprites*. Foram realizadas duas filmagens, a primeira com cerca de 60 pessoas vestindo um único figurino e a segunda 40 pessoas em dois figurinos cada. Das filmagens, as pessoas foram colocadas em camadas dentro de vários cartões e inseridas na cena com o sistema de *sprites*, replicando os cartões e gerando a multidão.

Figura 29 — Rocketman (2019)



Fonte: <https://bit.ly/3wmXPe8>

⁷ <https://www.cinesite.com/rocketman/>

De acordo com Sam Nicholson, CEO e fundador dos *Estúdios Stargate* em entrevista à *VFX Voice* (2021), cada vez mais o mundo dos desenvolvedores de jogos e produtores de filmes estão se fundindo, da produção de avatares fotorrealistas, a cenários virtuais perfeitos e mundos extensos através das game engines. Atualmente grande parte dos estúdios têm utilizado a engine Unreal Engine, da Epic Games, empresa desenvolvedora de jogos como Fortnite. Segundo Fioratti (2020) através da Unreal, a equipe de direção cria cenários 3D para serem exibidos em painéis de LED. Os cenários são produzidos em 360°, para tornar a movimentação mais real e através de um equipamento de rastreamento virtual, ajusta-se às câmeras aos painéis e conforme elas mudam de posicionamento, o cenário se move para acompanhá-las.

Fioratti (2020) reforça ainda que os cenários exibidos nos painéis de LED não precisam ser apenas fictícios, existe a possibilidade de utilizar locações reais. Se um diretor desejar reproduzir uma estação de metrô ou um parque da cidade, por exemplo, basta utilizar uma tecnologia óptica chamada LIDAR para escanear o local, torná-lo tridimensional e inseri-lo na engine.

A série do universo de Star Wars, produzida pela Golem Creations em parceria com a Industrial Light and Magic (ILM) e com a colaboração da Epic Games, *O Mandaloriano* (2019-2020), de Jon Favreau, é uma das produções audiovisuais de maior expressão no uso de game engines como forma de produção dos seus cenários virtuais de forma dinâmica, demonstrando de forma inovadora do uso das game engines em conjunto com imensos painéis de LED, na produção de filmes. De acordo com Seymour (2020), mais de 50% da primeira temporada do seriado foi realizada utilizando estas novas tecnologias, eliminando a necessidade de locomover-se para locações.

Os cenários fotorrealistas desenvolvidos em 3D através da Unreal Engine eram exibidos em imensas e imersivas paredes de painéis de LED, onde as peças do cenário prático eram combinadas com extensões digitais nos painéis. Os ambientes 3D digitais criados pela ILM e reproduzidos interativamente nas paredes de LED, editados em tempo real durante a filmagem, permitiam um rastreamento preciso de pixels e uma perspectiva 3D correta das imagens, renderizadas em alta resolução. Os ambientes foram iluminados e renderizados da perspectiva da câmera para fornecer paralaxe em tempo real, com luz interativa precisa das telas de LED iluminando os atores e cenários práticos dentro do palco (SEYMOUR, 2020). Na Figura 30 podemos observar o fantoche do personagem Baby Yoda cercado pelos painéis de LED reproduzindo o cenário virtual criado através da Unreal Engine.

Figura 30 — Cenário virtual fotorrealista da série O Mandaloriano (2019-2020)



Fonte: <https://bit.ly/2Ps89RB>

4 PRODUÇÃO VIRTUAL EM TEMPO REAL COM PAINÉIS DE LED

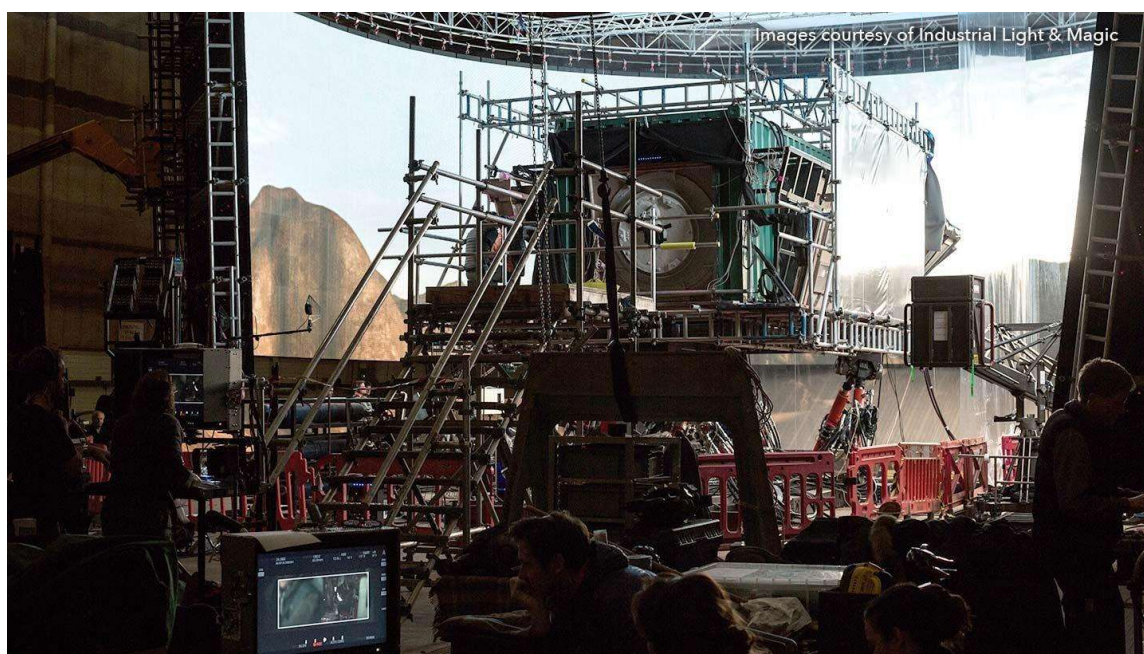
Existem vários tipos de produção virtual, no entanto todas elas compartilham do uso de game engines em tempo real, como a Unreal Engine. Alguns dos tipos de produção virtual são: visualização, captura de desempenho, produção virtual híbrida e produção virtual na câmera (KADNER, 2019). Nas próximas seções será abordado especificamente a técnica de produção virtual de efeitos visuais diretamente na câmera, através dos painéis de LED e game engines.

4.1 Imagens em tempo real e painéis de LED

Segundo Kadner (2019) o uso da imagem gerada por game engines em uma parede de painéis de LED em tempo real, em combinação com o rastreamento de câmera para produzir imagens finalizadas diretamente na câmera, representa o estado da arte para produção virtual.

O conceito de projetar imagens ao vivo por trás dos atores para captar efeitos diretamente na câmera não é novo, remete à técnica de projeção traseira (“*rear projection*”) presente na história do cinema desde a década de 1930 e consistia em projetar imagens pré-renderizadas ou de ação ao vivo atrás dos atores, ficou conhecida como a precursora da técnica dos painéis de LED. A projeção traseira passou a atingir um nível maior de qualidade de imagem e imersão em filmes mais recentes, no entanto a perspectiva da projeção é fixa e não muda em relação ao movimento da câmera, permanecendo com limitações em termos de planejar e gravar uma cena. Alguns filmes recentes que alavancaram a projeção pré-renderizada para efeitos na câmera incluem *Oblivion*, *Murder on the Orient Express*, *First Man* e *Solo: A Star Wars Story* (2018), Figura 31 (KADNER, 2019).

Figura 31 — Projeção traseira em Han Solo: Uma História Star Wars (2018)



Fonte: <https://bit.ly/3sJnxHv>

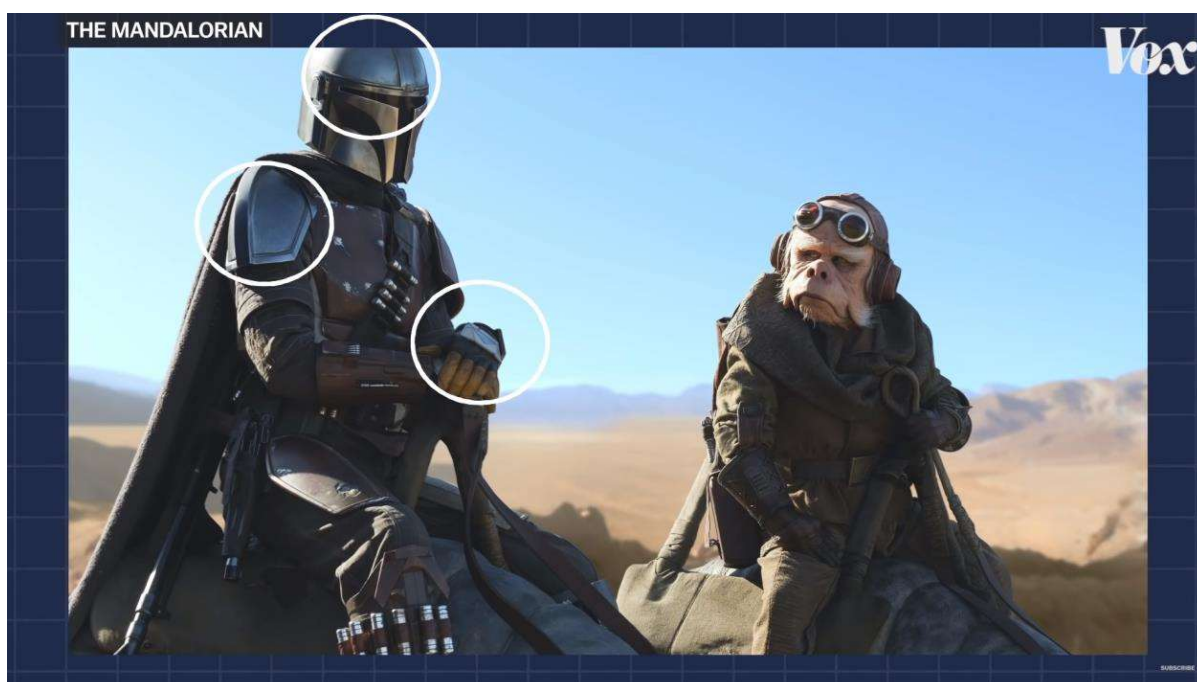
De acordo com Kadner (2019) a evolução em utilizar as game engines para a produção de imagens para os painéis de LED consistia em, no lugar de exibir imagens pré-renderizadas através de projeção traseira, as imagens terem a possibilidade de mudar de perspectiva em tempo real, desenvolvendo o clássico efeito de paralaxe perfeitamente sincronizada com a câmera, de forma que o resultado final seja fiel à realidade. Segundo Kenneth Branagh:

Você, como diretor, ganha benefícios adicionais como maior precisão e controle sobre o enquadramento e a iluminação. Em vez de solicitar que seu diretor de

fotografia faça um palpite sobre os elementos virtuais no quadro, você poderá enquadrá-los diretamente no visor, e o cineasta pode iluminar cenas de acordo com seu treinamento e experiência. Seus atores saberão o que estão olhando e serão capazes de modular suas performances para combinar com a ação, em vez de sofrer de fadiga e desorientação da tela verde. Você pode alternar entre ângulos, conjuntos e locais rapidamente para aproveitar ao máximo seu dia de filmagem e perder menos tempo esperando por redefinições (KADNER, 2019, tradução nossa⁸).

Através da técnica dos painéis de LED, toda a equipe pode ver exatamente como está a cena à medida em que a gravação é realizada, em tempo real. O operador de câmera pode enquadrar como faria com cenários reais e os atores podem atuar diante do cenário e imagem final ao vivo, no lugar de marcadores que representam uma imagem que será adicionada posteriormente. Os painéis de LED também promovem reflexos naturais e iluminação fiel aos cenários virtuais, Figura 32, aumentando o realismo das imagens, em comparação com a luta para evitar a contaminação de luz verde nos atores e cenários físicos, advinda do uso da tradicional técnica da tela verde, bem como a criação de reflexos indesejados (KADNER, 2019).

Figura 32 — Reflexos naturais do cenário virtual no personagem Mandaloriano



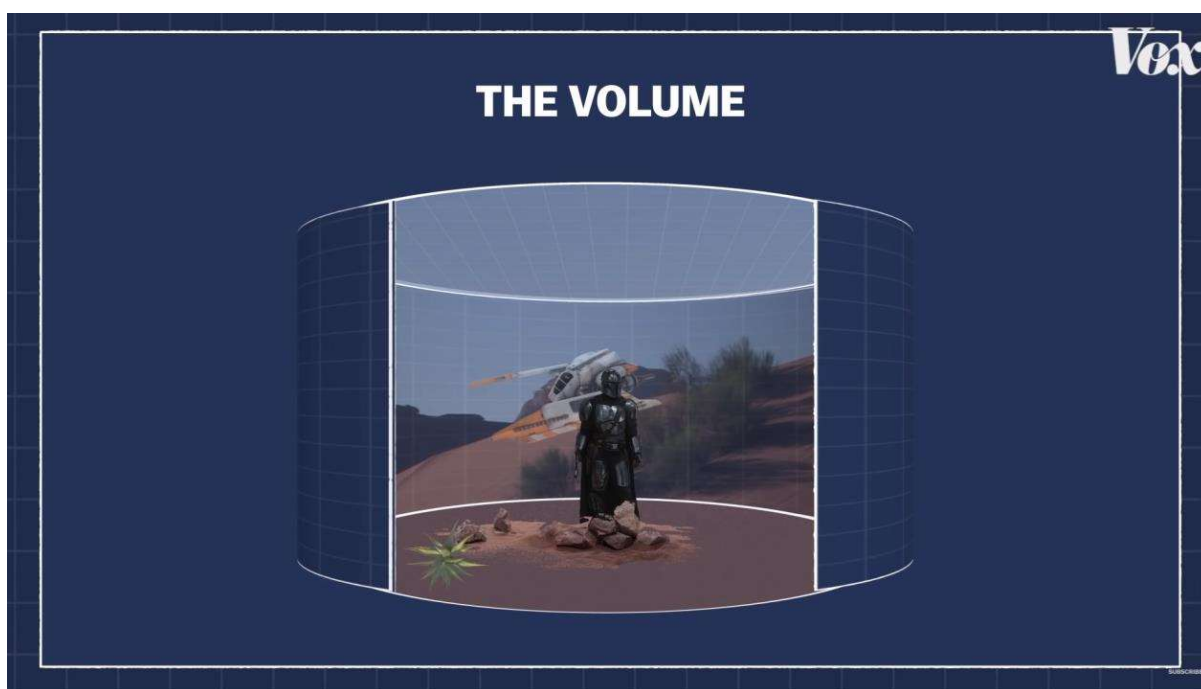
Fonte: <https://youtu.be/8yNkBic7GfI>, elaborada pelo autor.

⁸ You as a director gain additional benefits such as increased accuracy and control over framing and lighting. Instead of requesting your cinematographer to make an educated guess about virtual elements in the frame, you'll actually be able to frame them directly in the viewfinder, and the cinematographer can light scenes according to their training and expertise. Your actors will know what they're looking at and be able to modulate their performances to match the action instead of suffering from green-screen fatigue and disorientation. You can toggle between angles, sets, and locations rapidly to make the most of your shooting day and spend less time waiting for resets.

A estrutura dos painéis de LED é conhecida na indústria por volume LED (*LED volume*) e segundo a documentação da UNREAL ENGINE⁹, sua estrutura e uso pretendido são essenciais para a configuração do efeito visual a ser atingido na câmera. Os painéis de LED podem ser colocados em formato de arco ao redor do ator e do cenário real, bem como um teto de LED, para fornecer melhor iluminação ambiente e reflexos na cena de forma geral. As produções que pretendem criar um ambiente totalmente virtual podem exigir pelo menos um volume LED fechado de 270 graus para obter iluminação e reflexos precisos, no entanto, se grande parte do set for uma construção física e o mundo virtual for necessário apenas para partes específicas do set, então uma parede unilateral ou curva pode ser utilizada.

Na Figura 33 podemos ver o volume LED desenvolvido de forma curva para as gravações da primeira temporada do seriado O Mandaloriano (2019-2020). Ao redor está o volume LED com os painéis que exibem o cenário virtual dinâmico através da Unreal Engine e dentro é inserido o cenário real e os atores.

Figura 33 — Volume LED da série O Mandaloriano (2019-2020)



Fonte: <https://youtu.be/8yNkBic7GfI>, elaborada pelo autor.

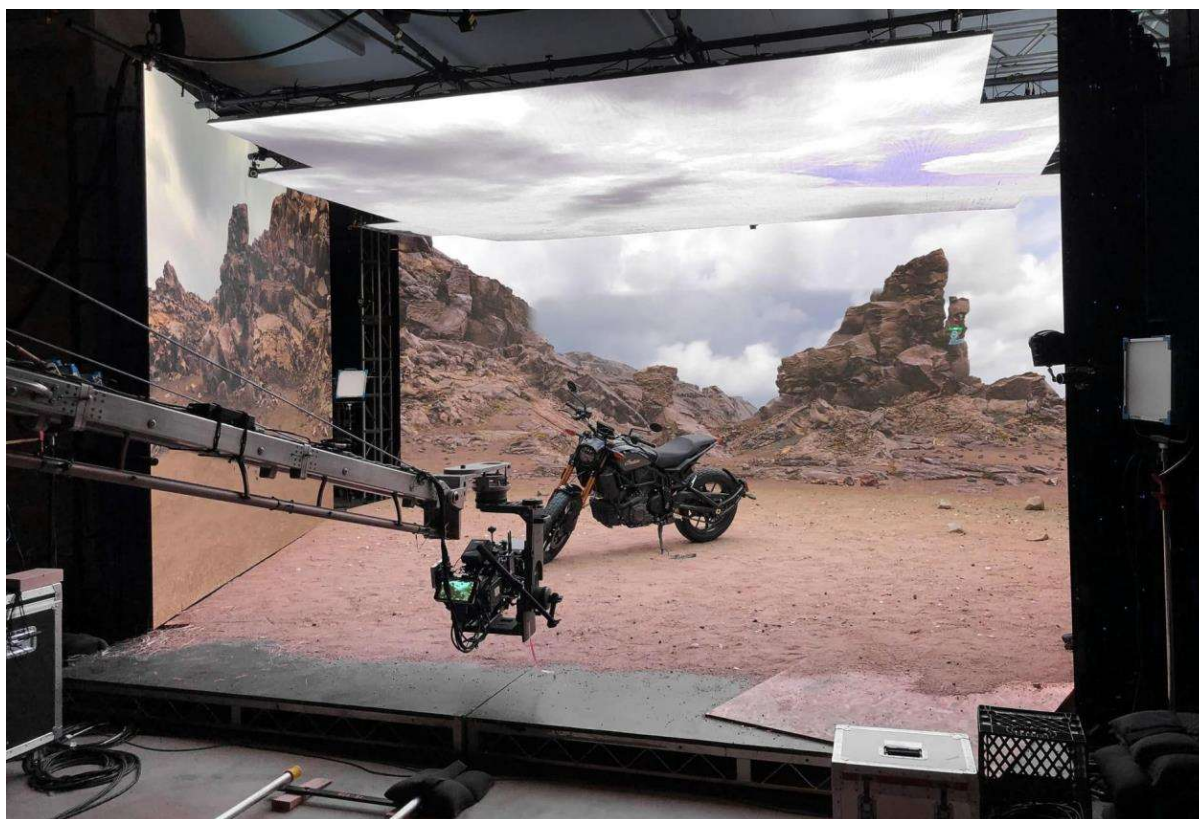
Em 2019, segundo Mayeda (2019), a empresa *Lux Machina* construiu um set de LED composto por quatro painéis de LED (três paredes e um teto) alimentados por *nDisplay*

⁹ <https://docs.unrealengine.com/en-US/WorkingWithMedia/InCameraVFX/InCameraVFXOverview/index.html>

— tecnologia da Epic Games para Unreal Engine que combina dados de configuração de rede, detalhes sobre mecanismos de exibição, distribuição de renderização e exibição de imagens para grandes superfícies e telas —, juntamente com *SkyPanels* da *ARRI* controlados por motores. O volume LED exibe um ambiente virtual rodando na Unreal Engine, que envolve o ator e os objetos de cena reais, os quais também são iluminados por ele e recebem reflexos. Através da câmera, a equipe pode observar os elementos do mundo real perfeitamente integrados ao cenário em tempo real.

A Figura 34 nos mostra uma versão demonstrativa da técnica dos painéis de LED, o volume LED, desenvolvida em colaboração pelas empresas *Lux Machina*, *Magnopus*, *Profile Studios*, *Quixel*, *ARRI* e *Matt Workman*, mostrada no *Unreal User Group* na SIGGRAPH (conferência anual sobre computação gráfica convocada pela organização ACM SIGGRAPH) em Los Angeles no ano de 2019. A versão demonstrativa estava presente no estúdio da Lux Machina, e mostrava como o volume LED exibia os ambientes virtuais e suas possibilidades de iluminação e reflexos sobre os atores e objetos reais, tornando possível capturar a cena final diretamente na câmera.

Figura 34 — Projeto demonstrativo dos painéis de LED, da Epic Games, na SIGGRAPH



Fonte: <https://bit.ly/3sLi9nl>

A exibição e construção dos cenários virtuais nos painéis de LED através das game engines, permite com que todo o cenário virtual 3D possa ser modificado interativamente. Diferente das produções tradicionais em que a modificação de um cenário virtual 3D levariam semanas, com a Unreal Engine os cineastas conseguem a flexibilidade de realizar a alteração que desejarem para a cena em tempo real.

Figura 35 — Edição em tempo real do cenário virtual 3D



Fonte: <https://youtu.be/bErPsq5kPzE>, elaborado pelo autor.

Figura 36 — Edição em tempo real do cenário virtual 3D em VR Scouting



Fonte: <https://bit.ly/31EQ6dn>

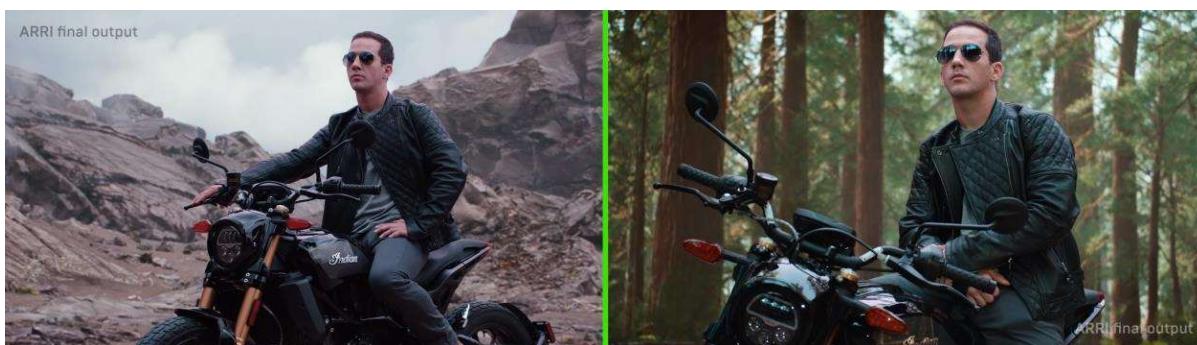
A Figura 35 nos mostra o desenvolvedor 3D realizando alteração de uma rocha do cenário diretamente na Unreal Engine, que reproduziria em tempo real nos painéis de LED. Na Figura 36, à esquerda podemos observar uma rocha tendo seu lugar alterado no cenário virtual através da ferramenta de *VR Scouting* (ferramenta para navegar e interagir nos ambientes virtuais, por exemplo, realizar alterações e medições de distância e tamanho do cenário virtual) e à direita vemos os painéis de LED exibindo a perspectiva da câmera e a representação da ferramenta *VR Scouting* da engine.

Figura 37 — Mudança do ambiente virtual em tempo real



Fonte: <https://youtu.be/Hjb-AqMD-a4>, elaborada pelo autor.

Figura 38 — Imagem final do ambiente virtual

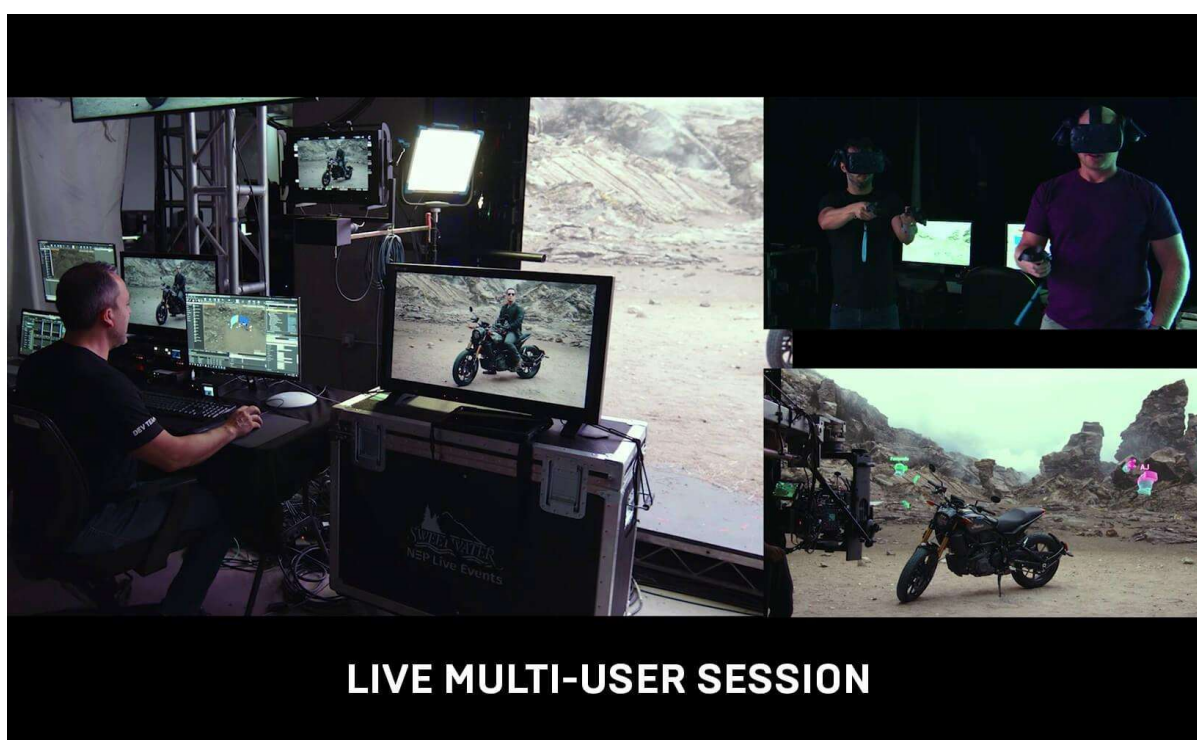


Fonte: <https://youtu.be/Hjb-AqMD-a4>, elaborada pelo autor.

A Figura 37 demonstra um mesmo set e ator, mas com diferentes ambientes virtuais exibidos nos painéis de LED, à esquerda um ambiente nas montanhas e à direita um ambiente na floresta após a alteração realizada pela equipe. Na Figura 38 podemos observar o resultado final da cena visto da perspectiva da câmera e através dos objetos reais no set, como a moto e os óculos, podemos observar as diferenças da iluminação e os reflexos gerados respectivamente por cada ambiente.

De acordo com a documentação da UNREAL ENGINE¹⁰, as alterações em tempo real no cenário virtual também podem ser realizadas em colaboração por várias equipes através de um sistema de edição multiusuário da game engine. A máquina do operador principal é responsável pelas modificações da cena e atualiza as máquinas de renderização *nDisplay* ao vivo, que exibem as imagens nos painéis de LED. Através de várias máquinas de operador inseridas na mesma sessão multiusuário, como as dedicadas a *VR Scouting* e a composições ao vivo com *Composure*¹¹, diferentes tarefas e modificações na cena podem ser realizadas em tempo real pelos integrantes das equipes de produção. Uma máquina principal executa o servidor multiusuário e as outras se conectam a ele, conseqüentemente as alterações realizadas por qualquer uma das máquinas serão enviadas ao servidor e sincronizadas em todas as outras.

Figura 39 — Edição multiusuário em tempo real do cenário virtual



Fonte: <https://bit.ly/3mbewEO>

Na Figura 39, à esquerda podemos ver o computador de operação principal responsável por controlar as imagens nos painéis de LED e à direita o uso e representação da

¹⁰ <https://docs.unrealengine.com/en-US/WorkingWithMedia/InCameraVFX/InCameraVFXOverview/index.html>

¹¹ Composure é um sistema da Unreal Engine para composição em tempo real, onde você pode estender e criar seus próprios efeitos materiais, como incluir feeds de vídeo ao vivo, composição de AR, keying de tela verde, máscaras, correção de cores e distorção de lente em suas imagens.

ferramenta de *VR Scouting* para modificações no cenário.

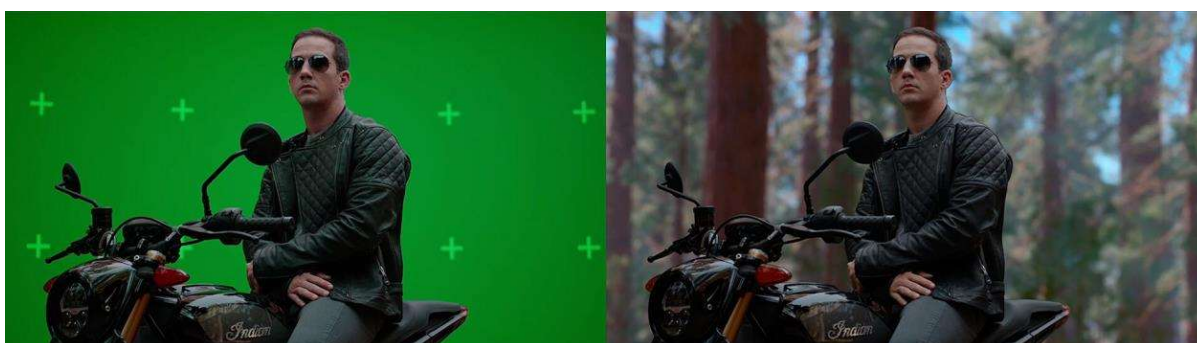
Além de permitirem a personalização e modificação em tempo real, os painéis de LED e seus ambientes virtuais também permitem o uso de uma técnica de composição ao vivo para que as imagens captadas possam ser editadas na pós-produção. Neste caso, somente no campo de visão da câmera a equipe insere nos painéis de LED uma tela verde com marcadores de rastreamento para a composição ser realizada posteriormente às gravações, em todo o resto dos painéis de LED é exibido o ambiente virtual para fornecer a iluminação e os reflexos fiéis ao mundo real, evitando também a poluição da cor verde no ator e objetos reais.

Figura 40 — Técnica de composição ao vivo



Fonte: <https://bit.ly/31EQ6dn>

Figura 41 — Perspectiva da câmera na técnica de composição ao vivo

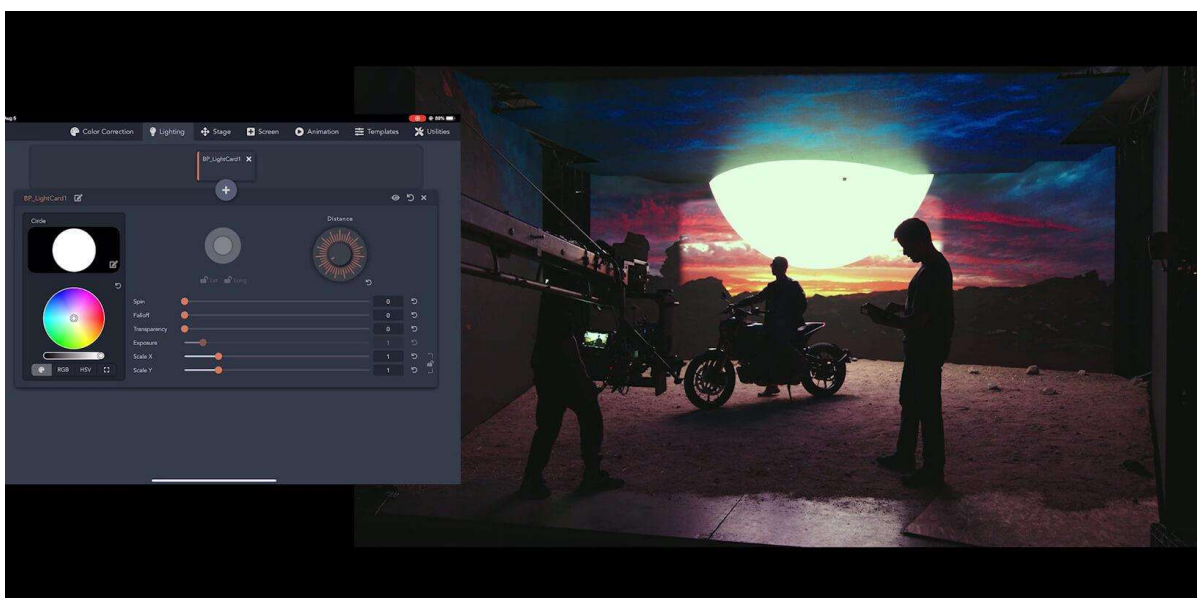


Fonte: <https://bit.ly/31EQ6dn>

A Figura 40 demonstra o uso da técnica de composição ao vivo no set, através da exibição de tela verde com marcadores de rastreamento somente no campo de visão da câmera e em todo restante dos painéis de LED é exibido o ambiente virtual para manter a iluminação e reflexos fiéis à cena desejada. Na Figura 41 podemos ver o campo de visão da câmera à esquerda com a tela verde e seus marcadores e à direita o resultado final da composição da cena.

Os painéis de LED, além de toda possibilidade de personalização do cenário virtual, promovem a iluminação em tempo real e, com as ferramentas de edição multiusuário e sua capacidade de controlar remotamente, os cineastas e a equipe de iluminação podem controlar a posição de objetos, as cores e luz de uma cena de forma dinâmica e otimizada, afetando tanto o ambiente virtual quanto o real com os atores e cenário do mundo real.

Figura 42 — Edição da iluminação em tempo real do cenário virtual



Fonte: <https://bit.ly/3mbewEO>

Na Figura 42 observamos o volume LED da *Lux Machina*, ao fundo temos a representação da luz sendo utilizada no ambiente virtual, à esquerda temos o programa utilizado para controlar o ambiente virtual com diversos ajustes, como o tipo de luz, sua posição, cor, difusão, transparência, exposição, escala, além de ajustes do ambiente e correção de cor.

Figura 43 — Mudança da iluminação do teto em tempo real



Fonte: <https://youtu.be/Hjb-AqMD-a4>, elaborada pelo autor.

A Figura 43 demonstra, na parte de cima à esquerda, a iluminação em uma cor, à direita a iluminação do teto sendo alterada para a cor azul e, na parte de baixo demonstra a imagem final na perspectiva da câmera em cada situação respectivamente, é possível observar a influência da luz nos objetos reais e suas reflexões de forma diferentes em cada situação.

Para a gravação da cena com os painéis de LED, de acordo com Mayeda (2019), conforme o diretor de fotografia move a câmera real, a partir de um sistema de rastreamento da câmera real no espaço físico e a renderização de sua perspectiva, a câmera virtual da Unreal Engine se move respectivamente no mundo 3D em sincronia, produzindo o efeito de paralaxe de forma realista através da lente.

Segundo a documentação da UNREAL ENGINE¹² o rastreamento é necessário para transmitir a posição e o movimento da câmera do mundo real para o virtual. Através dessa tecnologia a perspectiva da câmera real é renderizada de forma correta em relação ao ambiente virtual. Existem diversos métodos de rastreamento de câmera, como rastreamento óptico (câmeras sensíveis ao infravermelho especializadas para rastrear marcadores infravermelhos reflexivos ou ativos), rastreamento de recurso (identifica padrões de imagem de objetos do mundo real como forma de rastreamento) e rastreamento inercial (utilizam

¹² <https://docs.unrealengine.com/en-US/WorkingWithMedia/InCameraVFX/InCameraVFXOverview/index.html>

giroscópio e acelerômetro para determinar a posição e orientação da câmera), normalmente são utilizados mais de um método de rastreamento para aumentar a precisão do rastreo.

Figura 44 — Tronco interno da câmera e tronco externo



Fonte: <https://bit.ly/31EQ6dn>

De acordo com a documentação da UNREAL ENGINE¹³, na Figura 44 podemos observar uma imagem do ambiente virtual dentro de sua própria imagem, esta área é chamada de tronco interno da câmera, representa o campo de visão (FOV) da perspectiva da câmera baseada na distância focal da lente utilizada na câmera real. A imagem do tronco interno da câmera acompanha a câmera real conforme o seu movimento durante a gravação da cena, exibindo o que a câmera virtual deveria ver de forma equivalente no ambiente virtual da Unreal Engine. Quando visto pela câmera real, o sistema cria o efeito paralaxe dando a impressão de estar sendo gravado em uma locação real. A imagem exibida nos painéis de LED fora do campo de visão da câmera é chamada de tronco externo e diferente do tronco interno ele permanece estático quando a câmera se movimenta, fazendo com que ilumine e gere reflexão no cenário real como se fosse uma locação real.

¹³ <https://docs.unrealengine.com/en-US/WorkingWithMedia/InCameraVFX/InCameraVFXOverview/index.html>

4.2 Produções com a técnica dos painéis de LED e game engines

Nesta seção, encontram-se produções audiovisuais recentes e de expressão, que utilizaram a técnica dos painéis de LED em conjunto com as game engines para produzir suas imagens finais. A primeira a ser descrita é o seriado norte-americano *O Mandaloriano* (2019-2020) do universo de Star Wars, disponível na plataforma de streaming *Disney+*, famoso por inovar no uso das técnicas dos painéis de LED e criar novos patamares para a indústria. As outras são produções audiovisuais brasileiras, o clipe da música *Sistema Obtuso* (2020), parceria do cantor Criolo com Tropkillaz e dois shows ao vivo transmitidos em plataformas de *streaming* como a *Twitch* e *YouTube* do cantor *Criolo* e *DJ Alok* respectivamente.

4.2.1 O Mandaloriano

O Mandaloriano é uma série de TV produzida para o *streaming Disney+*. Segundo o site geek *Ei Nerd*¹⁴ é a primeira série live-action do universo de Star Wars, a história se passa 5 anos depois dos eventos do *Episódio VI: O Retorno de Jedi* (1983) e 25 anos antes do início do *Episódio VII: O Despertar da Força* (2015), com o Império derrotado, um caos assolando o universo devido a falta de um governo geral e demonstra as origens da Primeira Ordem, regime autoritário que toma um controle firme da galáxia. A primeira temporada da série teve sua estreia no *Disney+* de forma mundial nos Estados Unidos, no Brasil e em alguns países no dia 12 de novembro de 2019. A segunda temporada teve sua estreia no dia 30 de outubro de 2020.

De acordo com a ILM¹⁵, a série contou com a direção de Jon Favreau e foi produzida através da colaboração entre as empresas *Golem Creations*, do próprio Favreau, *Industrial Light and Magic* (ILM) e *Epic Games* (desenvolvedora da Unreal Engine) em parceria com as empresas de tecnologia *Fuse*, *Lux Machina*, *Profile Studios*, *NVIDIA* e *ARRI*. A parceria e colaboração entre todas essas empresas permitiu com que inovassem no uso das técnicas de produção virtual, especificamente através do uso das game engines para gerar cenários virtuais dinâmicos fotorrealistas em tempo real nos painéis de LED.

Segundo Bullard (2020) no site SYFY¹⁶, para a primeira temporada de *O Mandaloriano*, a ILM desenvolveu um conjunto de painéis de LED panorâmico e curvo com

¹⁴ <https://www.einerd.com.br/tag/the-mandalorian/>

¹⁵ <https://www.ilm.com/hatsrabbits/virtual-production-on-the-mandalorian/>

¹⁶ <https://www.syfy.com/syfywire/jon-favreau-ilm-mandalorian-unreal-engine-vfx>

21 pés de altura e 25 pés de diâmetro, este conjunto de painéis ficou conhecido como *StageCraft*. Utilizaram da Unreal Engine para desenvolver e exibir ambientes virtuais nos painéis de LED em segundo plano, enquanto os atores realizavam sua atuação diante da câmera com cenários e adereços físicos que complementavam o ambiente em primeiro plano. Através da combinação dessas técnicas, foram capazes de mesclar o virtual com o real em uma cena perfeita de forma fotorrealista diretamente na câmera.

Figura 45 — StageCraft da ILM utilizado na série O Mandaloriano (2019-2020)



Fonte: <https://tcrn.ch/3sWaFhH>

Na Figura 45 podemos observar o StageCraft, no centro temos os atores e o cenário real, ao redor temos os painéis de LED que exibem o ambiente virtual e promovem a iluminação e reflexos precisos no cenário real.

Segundo a ILM¹⁷, mais de cinquenta por cento da primeira temporada foi filmada utilizando o StageCraft com a Unreal Engine, eliminando a necessidade de filmar em locações externas ao set. Os cenários virtuais desenvolvidos pela ILM eram reproduzidos interativamente nos painéis de LED com a possibilidade de serem editados em tempo real durante a filmagem, e permitiam um rastreamento preciso das imagens com perspectivas

¹⁷ <https://www.ilm.com/hatsrabbits/virtual-production-on-the-mandalorian/>

renderizadas de forma correta para o ambiente virtual por meio do sistema de *GPUs* (Unidade de Processamento Gráfico) da *NVIDIA*. Os ambientes foram iluminados e renderizados da perspectiva da câmera para reproduzir o efeito de paralaxe em tempo real, como se a câmera realmente estivesse captando um ambiente físico com luz precisa sobre os atores e cenário real. Através da combinação da tecnologia em tempo real da Unreal Engine e dos painéis de LED, toda a equipe de produção obteve liberdade criativa para fazer escolhas concretas no desenvolvimento dos cenários virtuais e efeitos visuais.

Figura 46 — Rotação do ambiente virtual em tempo real



Fonte: <https://youtu.be/Ufp8weYYDE8>, elaborada pelo autor.

A Figura 46 demonstra uma alteração do ambiente virtual em tempo real, a rotação do ambiente nos painéis de LED. Podemos evidenciar através dos diferentes aspectos das pedras e da iluminação gerada pela luz do ambiente virtual em cada imagem. Além destes aspectos do cenário virtual, podemos notar que a iluminação emitida pelos painéis de LED na equipe é alterada apenas com a rotação do ambiente, sendo diferente em cada imagem.

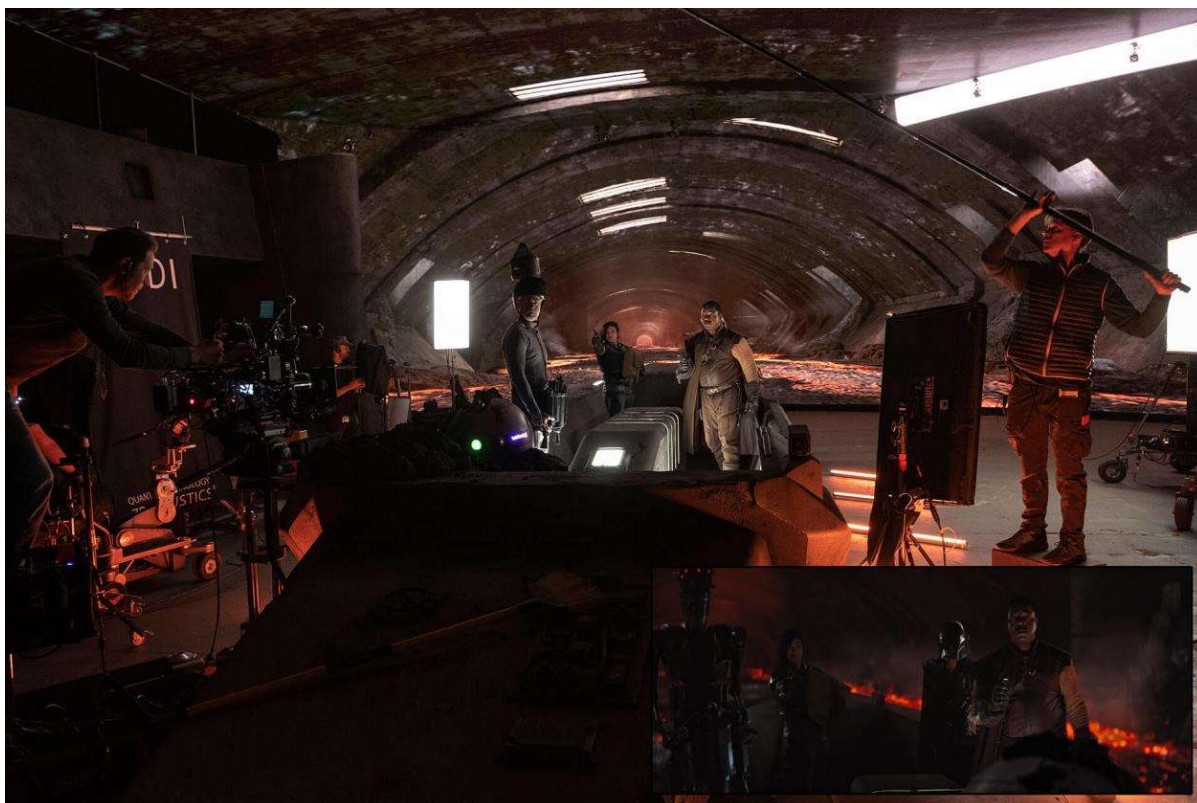
Figura 47 — Estação espacial Roost



Fonte: <https://bit.ly/2PMPqAa>

Na Figura 47, podemos ver em segundo plano o cenário virtual da estação espacial Roost exibido nos painéis de LED e em primeiro plano, os atores junto com partes de cenário real no centro da *StageCraft*, com reflexos fiéis à realidade, advindos da iluminação emitida pela exibição do cenário virtual nos painéis de LED. À esquerda o operador de câmera realizando movimentos de filmagem clássicos, com o objetivo de atingir o efeito de paralaxe. Por fim, no canto inferior direito, através da imagem menor, podemos observar o resultado final da cena obtido diretamente na câmera.

Figura 48 — Rio de lava subterrâneo em Nevarro



Fonte: <https://bit.ly/2PMPqAa>

Na Figura 48, observamos a configuração do set no cenário virtual do rio de lava em Nevarro, os painéis exibindo o cenário virtual e complementos práticos no cenário real, a barca que levava os personagens pelo rio. Além da iluminação que os painéis de LED fornecem, a equipe está complementando com luzes reais para preenchimentos necessários nos atores, evitando de ficarem subexpostos. À esquerda temos o operador de câmera e na imagem do canto inferior direito vemos a cena final, com o ambiente levemente subexposto, leves realces de luz nos personagens e a lava ao fundo com destaque.

Figura 49 — O Mandaloriano e Baby Yoda



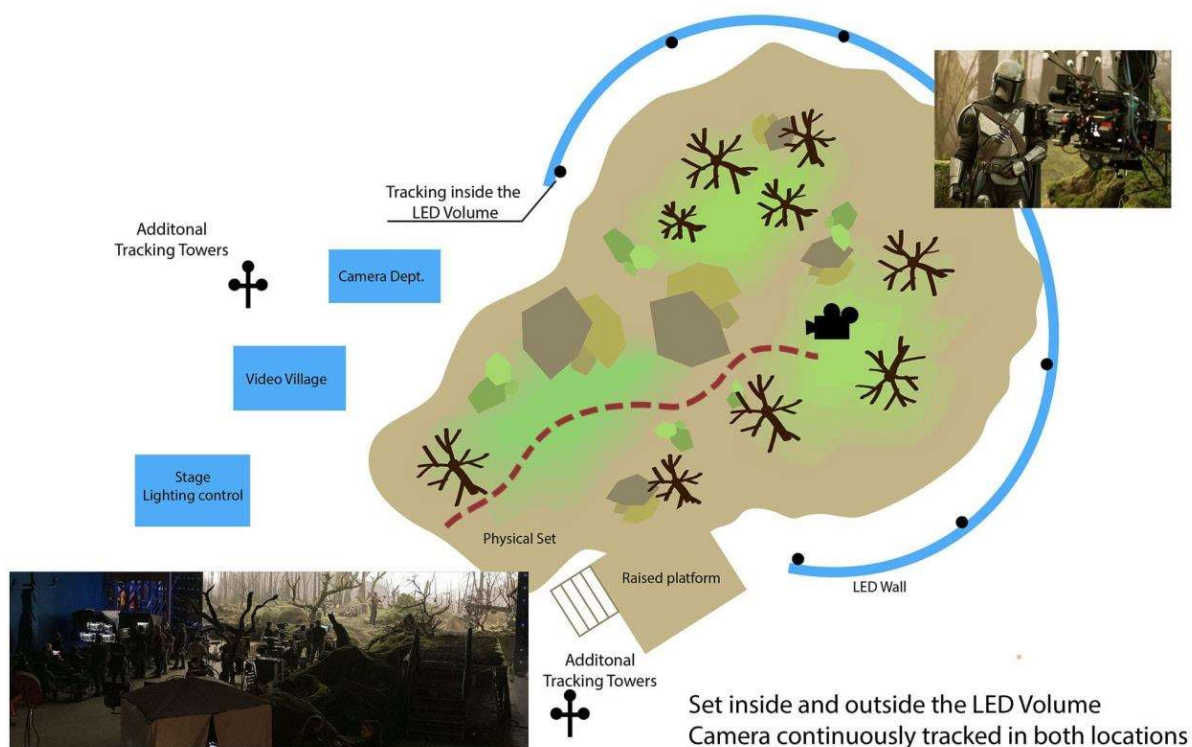
Fonte: <https://bit.ly/2PMPqAa>

Na Figura 49, podemos ver os painéis de LED exibindo um cenário virtual de pôr do sol, ao centro temos o Mandaloriano com o fantoche do Baby Yoda e complementos do cenário com conjuntos práticos. Além disso, à esquerda temos um integrante da equipe de iluminação com uma luz prática realçando a iluminação da lamparina no capacete do Mandaloriano. Outros aspectos importantes e visíveis são a harmonia e reprodução de cores entre o cenário virtual e o real, integrados de forma correta.

De acordo com o site FXGUIDE¹⁸, para a segunda temporada a ILM desenvolveu o *StageCraft 2.0*, um palco de painéis de LED maior que o utilizado nas gravações da primeira temporada. Além disso, mudaram para um renderizador em tempo real proprietário denominado Helios. Através desta nova versão do *StageCraft*, a equipe de produção estendeu o rastreamento de câmera para além da parte interna do palco de LED, sendo rastreada continuamente, permitindo com que realizassem cenas finais diretamente na câmera dentro e fora do *StageCraft*, alternando entre cenários totalmente tradicionais e também com cenários virtuais em conjunto. Na Figura 50 podemos ver o esquema do *StageCraft 2.0*, a linha curva azul representa a parede de painéis de LED, os pontos pretos ao redor representam os sistemas de rastreamento e no centro todo o cenário real, dentro e fora do palco de LEDs.

¹⁸ <https://www.fxguide.com/feature/mandalorian-season-2-virtual-production-innovations/>

Figura 50 — Esquema desenhado do StageCraft 2.0



Fonte: <https://bit.ly/3ueSvb8>

Figura 51 — Backstage do cenário real e StageCraft 2.0



Fonte: <https://bit.ly/3ueSvb8>

A Figura 51 demonstra o cenário real em primeiro plano e os painéis de LED em segundo plano ao fundo. Podemos observar parte da estrutura utilizada pela equipe de produção, de acordo com a descrição na figura, da esquerda para a direita temos o sistema de rastreamento de câmera extra, a ilha de visualização e edição em tempo real, a parte traseira dos painéis de LED, o controlador de foco da câmera, cenário extra fora do *StageCraft 2.0*, controlador de áudio, espaço para a equipe e a câmera em um estabilizador de imagem.

Figura 52 — Floresta externa à cidade de Calodan



Fonte: <https://bit.ly/3ueSvb8>

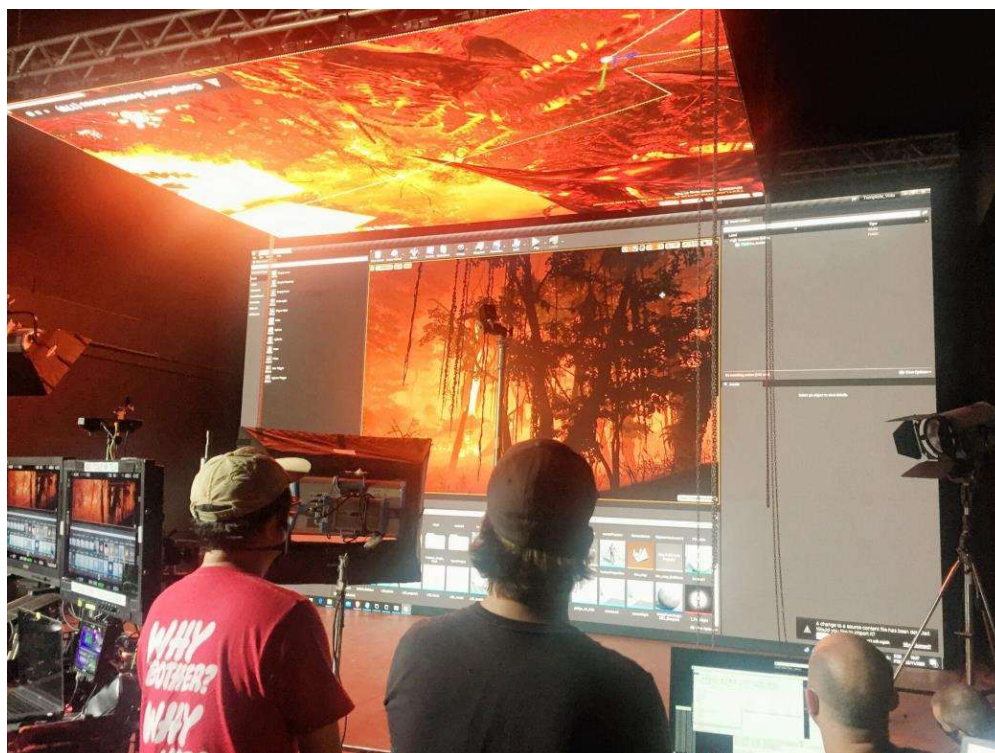
Na Figura 52 podemos observar a cena final, do episódio 5 de sua 2ª temporada, mesclando ao fundo o cenário virtual exibido nos painéis de LED do *StageCraft 2.0* com o Mandaloriano, o Baby Yoda e o cenário real em complemento.

4.2.2 Sistema Obtuso

No Brasil, o cantor Criolo em parceria com Tropkillaz, uma dupla de DJs composta por Zegon e Laudz, produziram um clipe de sua música Sistema Obtuso (2020) utilizando da produção virtual, especificamente da técnica dos painéis de LED aliada a game engine Unreal Engine. Segundo o site Rota Cult¹⁹ o clipe, como parte da série *O Mandaloriano* (2020), foi realizado totalmente em estúdio, da empresa *Quanta Post*, utilizando painéis de LED de 10 metros de largura por 5 metros de altura para a exibição dos cenários virtuais desenvolvidos através da Unreal Engine, como plano de fundo.

¹⁹ <https://rotacult.com.br/2020/12/criolo-apresenta-um-rap-em-sistema-obtuso-em-parceria-com-tropkillaz/>

Figura 53 — Estúdio de produção virtual da Quanta Post



Fonte: <https://bit.ly/39zGvsW>

Figura 54 — Prévia no estúdio de produção virtual da Quanta Post



Fonte: <https://bit.ly/39zGvsW>

Na Figura 53 podemos observar parte da equipe de produção e os painéis de LED exibindo a Unreal Engine, realizando alterações no cenário com visualização em tempo real. Na Figura 54 vemos o resultado final do cenário virtual, uma floresta em chamas, a montagem do cenário passou pela utilização de *assets* disponibilizados na loja da própria engine, com ajustes e complementações desenvolvidos pela equipe de pós-produção.

Figura 55 — Cena da floresta em chamas



Fonte: <https://bit.ly/39zGvsW>

Figura 56 — Cena do hospício



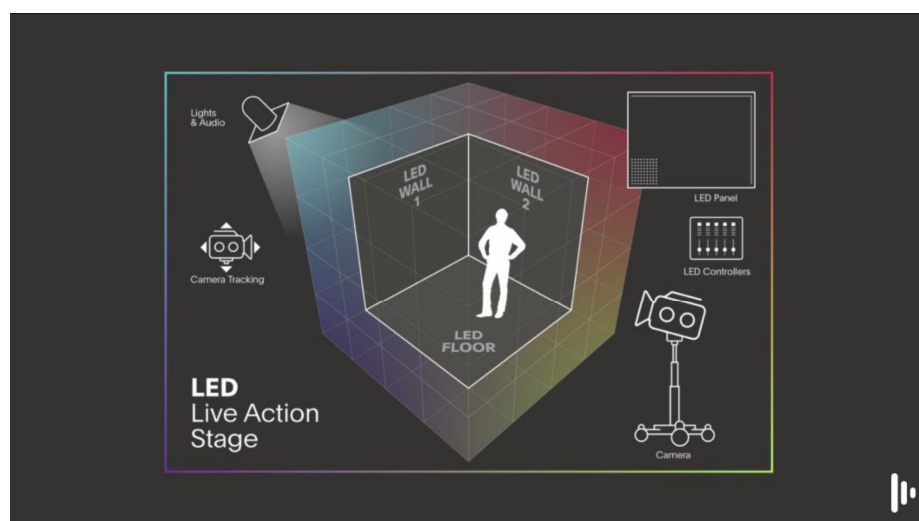
Fonte: <https://bit.ly/39zGvsW>

Na Figura 55 conseguimos ver o resultado final da composição na câmera, vemos em segundo plano o ambiente virtual, uma floresta em chamas e em primeiro plano o ator (Júlio Andrade) iluminado pelos painéis e com complemento de luzes reais do set. Na Figura 56 vemos Criolo em primeiro plano e um novo ambiente gerado pela Unreal nos painéis de LED, um hospício fictício, em segundo plano.

4.2.3 Alok XR e Criolo XR

Segundo o site Disguise²⁰, o DJ brasileiro, Alok, realizou um show através de transmissão ao vivo com realidade estendida no dia 19 de dezembro de 2020. A tecnologia utilizou as técnicas de produção virtual dos painéis de LED com as game engines para gerar imagens em tempo real. Para realizar a transmissão utilizaram a tecnologia desenvolvida por eles próprios, *Disguise XR*, que consistia no *workflow XR* (uso de painéis de LED, conteúdos em tempo real e rastreamento de câmera para a produção de ambientes virtuais) aliado a um servidor de mídia *vx 4*²¹ e duas plataformas *rx*²², permitindo com que utilizassem diversas game engines de renderização em tempo real ao mesmo tempo, como Unreal, Unity e Notch.

Figura 57 — Esquema de estrutura do set com painéis de LED utilizados por Alok e Criolo



Fonte: <https://bit.ly/3dmaGEU>

²⁰ <https://www.disguise.one/en/community/news/alok-xr-live-stream/>

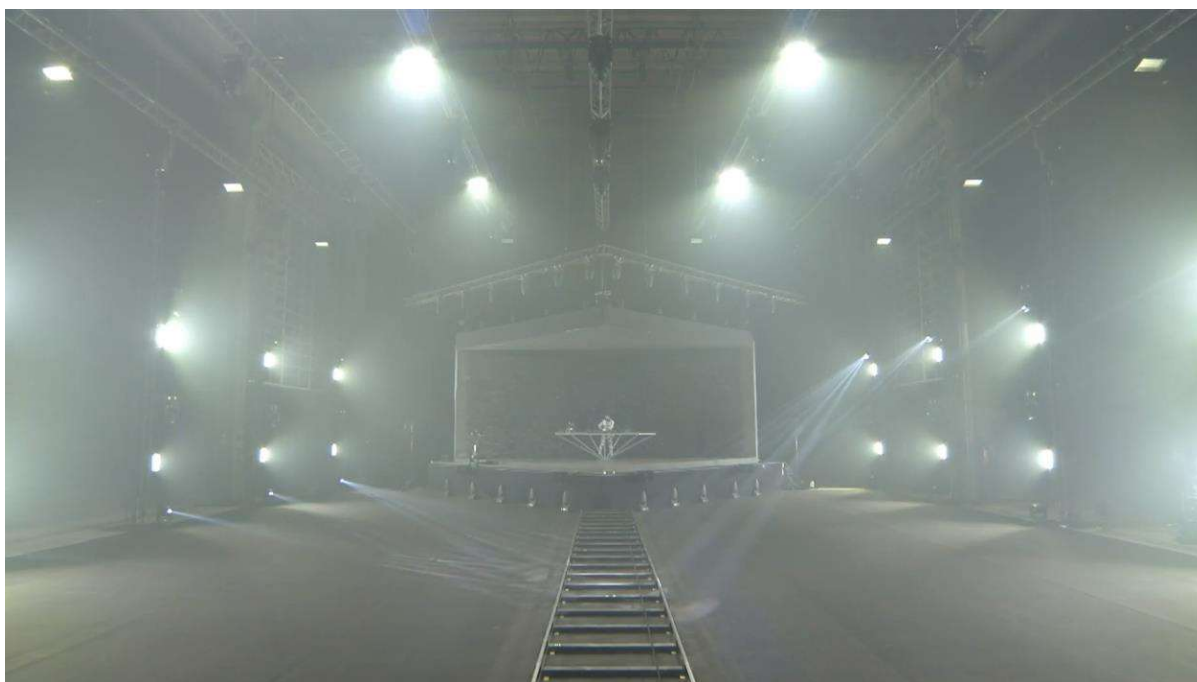
²¹ Servidor otimizado para reproduzir conteúdo 4K60fps, 10 bits, sem compressão, através da raid de SSDs NVME de alto desempenho.

²² Sistema dedicado à hospedagem das game engines, promovendo renderização escalonada com o objetivo de suprir as necessidades das técnicas da produção virtual.

Na Figura 57 podemos observar o modelo base da estrutura de set dos painéis de LED da *Disguise*, consistindo em três paredes, sendo duas laterais e uma para o chão, compostas pelos painéis de LED, responsáveis por gerar a visualização do cenário virtual de forma tridimensional para a câmera. Os atores e objetos reais são colocados dentro desta estrutura, ao redor tem-se a presença das luzes de iluminação para preenchimentos necessários, os sistemas de captação de áudio e as câmeras com sistema de rastreamento para sincronizar os dados de posicionamento e movimento da câmera do mundo real com a câmera e cenário virtual.

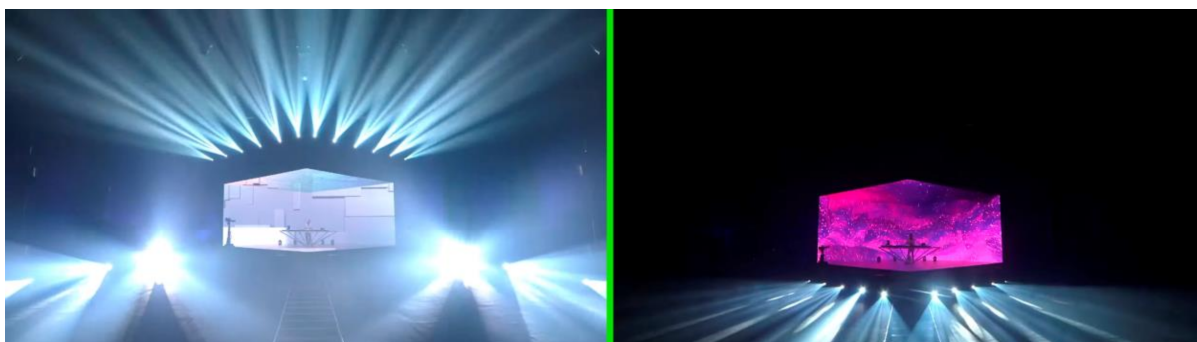
No Brasil, a produção da estrutura e realização da transmissão se deu através da colaboração dos estúdios brasileiros *TheForce*, *Maxi* e *OkeStudio*, baseados em São Paulo, que utilizaram do *workflow xR* e contaram com o auxílio de Tito Sabatini, especialista da *Disguise* na tecnologia utilizada (DISGUISE, 2021). O volume LED desenvolvido para a transmissão seguia o modelo base da Figura 57, mas na transmissão de Alok, o piso era reflexivo e haviam painéis de LED no teto, Figura 58. Na Figura 59 podemos ver os painéis de LED exibindo os ambientes virtuais desenvolvidos para a transmissão, observamos ainda que a exibição no mundo real (estúdio) se limita aos painéis de LED.

Figura 58 — Volume LED da transmissão e set



Fonte: <https://youtu.be/zrxGZ-XpKnw>, elaborada pelo autor.

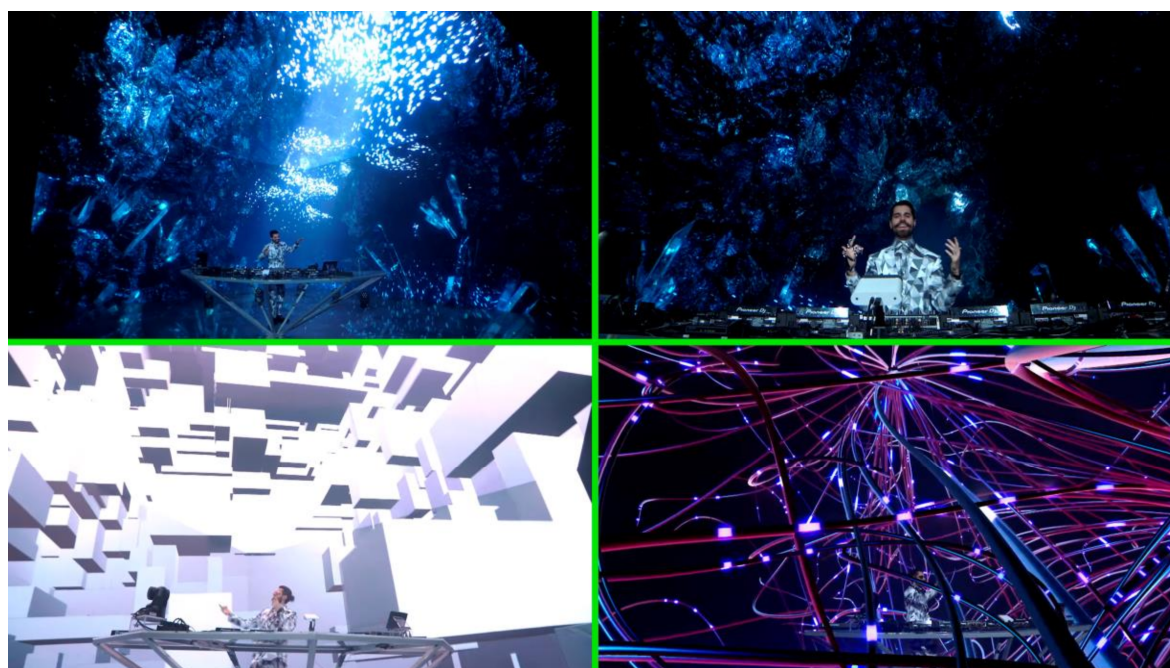
Figura 59 — Painéis de LED do Volume exibindo o ambiente virtual



Fonte: <https://youtu.be/zrxGZ-XpKnw>, elaborada pelo autor.

O show transmitido ao vivo no YouTube, inseria o DJ Alok em cenários virtuais dinâmicos que mudavam constantemente, de florestas amplas a cavernas com cachoeiras ou galáxias e cidades animadas. O projeto utilizou as três principais game engines de renderização em tempo real, a Unreal Engine, Unity e Notch, e contava com troca de câmeras entre quatro câmeras diferentes que eram rastreadas em tempo real (DISGUISE, 2021). Além dos painéis de LED exibirem os diferentes ambientes virtuais, com o rastreamento de câmera e do seu campo de visão, através das game engines eles estendiam o cenário para além dos painéis, preenchendo os espaços escuros do set real de forma virtual, aumentando a imersividade no ambiente dando a impressão de tudo ser real, Figura 60.

Figura 60 — Cenas da live ALOK presents ALIVE (Livestream Show)



Fonte: <https://youtu.be/zrxGZ-XpKnw>, elaborada pelo autor.

Através do mesmo sistema promovido pela *Disguise*, o cantor Criolo também realizou a sua primeira transmissão utilizando as mesmas técnicas de produção virtual com os painéis de LED. No entanto, diferente do Volume LED do DJ Alok, o cantor utilizou exatamente o modelo conforme visto na Figura 57. Sua transmissão ao vivo foi realizada no dia 23 de janeiro de 2021, na plataforma de *streaming Twitch*. De acordo com o site *Disguise*²³, Criolo foi auxiliado pela *Maxi*, a qual também fez parte da produção da transmissão ao vivo do DJ Alok.

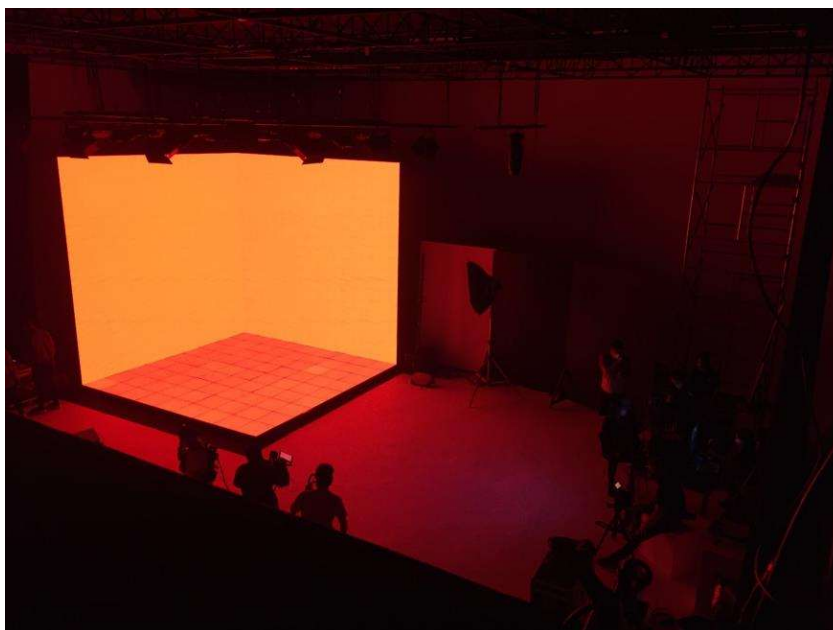
Figura 61 — Estúdio da transmissão ao vivo do cantor Criolo



Fonte: <https://bit.ly/31DeEUj>

²³ <https://www.disguise.one/en/community/news/alok-xr-live-stream/>

Figura 62 — Painéis de LED do estúdio reproduzindo mídia



Fonte: <https://bit.ly/31DeEUj>

Nas Figuras 61 e 62, conseguimos ver o estúdio da transmissão do cantor Criolo para a projeção das imagens. Através da Unreal Engine realizaram a produção, edição e exibição das imagens em tempo real. A câmera captava as imagens através de sensores de posição e rotação, enviava os dados para o servidor e a Unreal Engine projetava o ambiente com perspectiva fiel ao real.

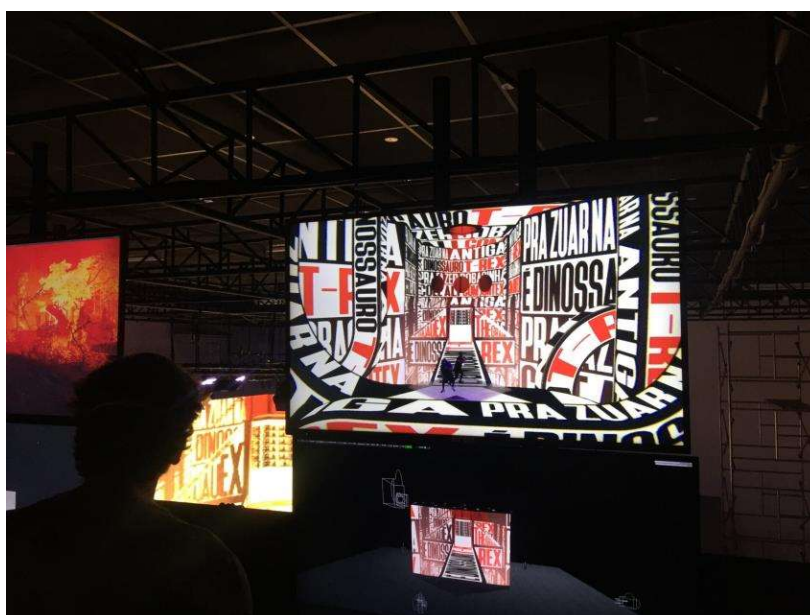
Figura 63 — Cena da transmissão no estúdio



Fonte: <https://bit.ly/31DeEUj>

Na Figura 63 podemos ver a equipe de câmera realizando a captação das imagens dos cantores. A câmera utilizada contava com cabos que realizavam a transferência dos dados de posição e captação para o computador e através dos dados recebidos a game engine realizava a exibição das imagens nos painéis de LED, fiel a real perspectiva do campo de visão da câmera.

Figura 64 — Visualização de cena da transmissão no estúdio



Fonte: <https://bit.ly/31DeEUj>

Figura 65 — Visualização de cena da transmissão



Fonte: <https://bit.ly/31DeEUj>

Nas Figuras 64 e 65 podemos ver a cena final, composta pela perspectiva da câmera com o ambiente virtual estendido para além do set real. Os cantores estão dentro do Volume LED, que exibe o ambiente virtual. A imagem final pode ser exibida enquadrando somente nos cantores com os painéis de LED no fundo como também enquadrando todo o estúdio e estendendo o ambiente virtual através da Unreal Engine, preenchendo todo o set de forma a parecer uma única imagem na transmissão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um levantamento do estado da arte da produção virtual, através do estudo e descrição da técnica dos painéis de LED e suas ferramentas, antecedentes históricos e uma breve evolução dos efeitos visuais analógicos aos efeitos visuais digitais. Pode-se observar que a produção virtual baseada em painéis de LED em conjunto com as game engines abre novas possibilidades para profissionais audiovisuais no desenvolvimento de suas produções.

A motivação deste trabalho surge no contexto de inspirar estudos acerca destas novas práticas de produção virtual em produções audiovisuais. Na contemporaneidade, cada vez mais profissionais de múltiplas áreas são requisitados pelo mercado, e desta forma, novas portas se abrem ao profissional egresso do curso de Sistemas e Mídias Digitais, que tem por base de formação o estudo e desenvolvimento de projetos em diversas áreas de aplicação, como sistemas computacionais, desenvolvimento de jogos, fotografia e audiovisual.

Na segunda seção, através de breve análise histórica, observou-se a evolução dos efeitos visuais analógicos, compreendendo as motivações dos cineastas em desenvolver cada técnica e seu uso, bem como exemplos de aplicações na história do cinema, em filmes que consagraram gerações. Na terceira seção observou-se a passagem da era analógica para a digital na produção de cenários. Vimos que, apesar desta mudança, técnicas tradicionais ainda são de suma importância para um melhor desenvolvimento das imagens digitais. Por fim, na quarta seção, observou-se de forma detalhada a técnica dos painéis de LED em conjunto com as game engines, como forma de criar cenários virtuais dinâmicos. Viu-se que através desta técnica, os cineastas podem envolver diversas equipes de múltiplas áreas trabalhando em conjunto e em tempo real, otimizando o tempo de produção e ampliando as possibilidades do uso de efeitos visuais nas filmagens ao vivo. Além disso, estas produções utilizando as técnicas de produção virtual não se limitam à indústria internacional, e na esfera nacional pessoas como DJ Alok, cantor Crilo e algumas empresas de publicidade, já utilizam estas técnicas em suas produções recentes.

É válido destacar que a técnica dos painéis de LED com game engines têm permitido com que os efeitos visuais possam retornar a serem realizados na fase de produção, economizando orçamento e otimizando o tempo de desenvolvimento. Além disso, beneficia diversas equipes durante as gravações, permitindo que todo tipo de alterações possam ser realizadas em tempo real e ter seu resultado visualizado diretamente no set. Um diretor de fotografia pode ver como a cena final está ficando e realizar ajustes em tempo real. Também

favorece a atuação dos atores, visto que eles não atuam diante de telas verdes ou azuis, mas de um cenário “real” exibido virtualmente nos painéis. Transmitindo mais segurança a todas as equipes e atores, para a finalização de uma cena de forma coerente com os objetivos da produção e com a melhor qualidade possível.

No Mandaloriano observou-se que os painéis de LED foram de suma importância para o desenvolvimento do seriado, sem ele possivelmente a equipe teria realizado mais gastos de seu orçamento com viagens para locações ou para a criação de ambientes reais no set, bem como ambientes 3D a serem colocados nas cenas na etapa de pós-produção. No entanto, auxiliado pelas técnicas da produção virtual, puderam economizar orçamento em certas etapas da pós-produção, podendo focar esforços no desenvolvimentos dos efeitos visuais e ambientes virtuais. Além disso, pode-se observar que a utilização da técnica dos painéis de LED com as game engines não está limitada apenas a projetos audiovisuais de orçamentos elevados, como O Mandaloriano, mas também em produções de menor orçamento como o clipe Sistema Obtuso, desenvolvido aqui no Brasil.

Algumas dificuldades encontradas no decorrer do desenvolvimento do trabalho consistiram na busca de trabalhos acadêmicos relacionados à produção virtual. Visto que, por ser algo recente, a falta de dados específicos era esperada. A exemplo disso podemos citar as produções brasileiras recentes que têm poucos dados de making off e breakdown disponíveis. Outra dificuldade que deve ser levantada é a produção deste trabalho sem um projeto de TCC prévio, limitando o tempo e gerando dificuldades na pesquisa e escrita do autor. Apesar das dificuldades, vale ressaltar o auxílio do Prof. Dr. Adriano A. Oliveira, orientador deste trabalho, em especial na revisão da redação, bem como com dicas de artigos, mídias em vídeo e áudio e matérias de jornais para a realização da pesquisa e desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, através desta pesquisa novas ideias e indagações surgem, levantando a curiosidade do pesquisador. Até que ponto os painéis conseguem exibir para a câmera uma imagem sem a visão dos pixels dos painéis? No que mais esta técnica de painéis de LED com game engines pode ser utilizada além de produções audiovisuais? Poderiam produções mais tradicionais, como espetáculos teatrais, ou até mesmo apresentações educativas utilizarem desta tecnologia de alguma forma para reforçar e aprofundar seu conteúdo? São diversas ideias e pensamentos que foram surgindo ao concluir esta pesquisa. Pode-se afirmar que o autor se sente instigado a conhecer mais desta área de produção virtual que tem gerado inovações em produções audiovisuais.

Espera-se, dessa forma, que este trabalho tenha contribuído com a problemática, e possa servir de inspiração para o desenvolvimento de ideias para novas pesquisas relacionadas.

REFERÊNCIAS

- ANN, Mary. **Creating New Worlds: The Tools Behind CG Environments**. Animation World Network, 2005. Disponível em: <<https://www.awn.com/vfxworld/creating-new-worlds-tools-behind-cg-environments>>. Acesso em: 21 jan. 2021.
- APRAMOS, Ana. **Os efeitos invisíveis criados em computação gráfica no filme Forrest Gump**. Computação Gráfica e Cinema, 2012. Disponível em: <<https://computacaograficaecinema.wordpress.com/2012/09/04/os-efeitos-invisiveis-criados-em-computacao-grafica-no-filme-forrest-gump/>>. Acesso em: 21 jan. 2021.
- AUTODESK. Whitepaper: **“The Art of Virtual Moviemaking”**. Autodesk Whitepaper, 2019.
- BOWDEN, Nathan Charles. **Camera based texture mapping: 3D applications for 2D images**. 2005. Tese (Mestre em Ciências) – Texas A&M University, Texas, 2005. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/147124153.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2021.
- BULLARD, Benjamin. **Jon Favreau & ILM Go Behind the Scenes of the Mandalorian's Game-changing Visual Effects**. Syfy Wire, 2020. Disponível em: <<https://www.syfy.com/syfywire/jon-favreau-ilm-mandalorian-unreal-engine-vfx>>. Acesso em: 10 mar. 2021.
- CESARATO, Alessandra. **What Is Matte Painting for Cinema?** Domestika, 2020. Disponível em: <<https://www.domestika.org/en/blog/4115-what-is-matte-painting-for-cinema>>. Acesso em: 21 jan. 2021.
- CULT, Rota. **Criolo Apresenta Rap em Sistema Obtuso, em parceria com Tropkillaz**. Rota Cult, 2020. Disponível em: .<<https://rotacult.com.br/2020/12/criolo-apresenta-um-rap-em-sistema-obtuso-em-parceria-com-tropkillaz/>>. Acesso em: 18 de mar. 2021.
- DANTAS, Marcelo. **O que o Photoshop tem a ver com a técnica de Matte Painting ?** Aela, 2018. Disponível em: <<https://medium.com/aela/o-que-o-photoshop-tem-a-ver-com-a-t%C3%A9cnica-de-matte-painting-3e1eebb94ae8>>. Acesso em: 21 jan. 2021.
- DELOITTE. **The Future of Content Creation: Virtual Production**. Deloitte Development LLC, 2020.
- DIMITROPOULOS, Stav. **Hollywood: por que a indústria cinematográfica está mais dependente do que nunca da tecnologia dos videogames**. BBC, 2020. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-53378396.amp>>. Acesso em: 21 jan. 2021.
- DINUR, Eran. **The Filmmaker’s Guide to Visual Effects**. New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2017.

disguise xR Drives Alok's Dynamic 'Alive' Live Stream. Disguise, 2021. Disponível em: <<https://www.disguise.one/en/community/news/alok-xr-live-stream/>>. Acesso em: 18 mar. 2021.

FIORATTI, Carolina. **Cenário virtual é alternativa para gravações durante pandemia.** Super Interessante, 2020. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/cultura/cenario-virtual-e-alternativa-para-gravacoes-durante-pandemia/>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

FOUNDRY. **Rear projection on Solo: A Star Wars Story.** Foundry, 2018. Disponível em: <<https://www.foundry.com/insights/film-tv/rear-projection-on-solo-a-star-wars-story>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

GOLDMAN, Naomi. **The VES 70: The Most Influential Visual Effects Films of All Time.** VFX Voice, 2017. Disponível em: <<https://www.vfxvoice.com/the-ves-70-the-most-influential-visual-effects-films-of-all-time/>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

Groundbreaking LED Stage Production Technology Created for Hit Lucasfilm Series 'The Mandalorian'. 2019. Disponível em: <<https://www.ilm.com/hatsrabbits/virtual-production-on-the-mandalorian/>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

HOGG, Trevor. **Virtual Production Takes a Big Step Forward.** VFX Voice, 2021. Disponível em: <<https://www.vfxvoice.com/virtual-production-takes-a-big-step-forward/>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

KADNER, Noah. **The Virtual Production Field Guide.** Epic Games, 2019.

KERLOW, Isaac Victor. **The Art of 3D: Computer Animation and Effects.** 3. ed. New Jersey: Hoboken, 2004.

MAHER, Michael. **Visual Effects: How Matte Paintings are Composited into Film.** Rocketstock, 2015. Disponível em: <<https://www.rocketstock.com/blog/visual-effects-matte-paintings-composited-film/>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

MATTINGLY, David B. **The Digital Matte Painting Handbook.** Wiley Publishing, Inc. Indianapolis, Indiana, 2011.

MAYEDA, Ryan. **Virtual production: putting the latest UE4 tools through their paces.** Unreal Engine Spotlights, 2019. Disponível em: <<https://www.unrealengine.com/en-US/spotlights/virtual-production-putting-the-latest-ue4-tools-through-their-paces>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

OKUN, Jeffrey A.; ZWERMAN, Susan. **The VES Handbook of Visual Effects: Industry**

Standard, VFX Practices and Procedures. Burlington, Focal Press, 2010.

PITZER, Tiago. **A História dos Efeitos Especiais | Parte 1**. Medium, 2016. Disponível em: <<https://medium.com/@tiagopitzer/a-hist%C3%B3ria-dos-efeitos-especiais-parte-1-36fa0762f303>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

RICKITT, Richard. **Special Effects the History and Technique**. [s.i]: Billboard Books, 2000.

ROETTIGERS, Janko. **How Video-Game Engines Help Create Visual Effects on Movie Sets in Real Time**. Variety, 2019. Disponível em: <<https://variety.com/2019/biz/features/video-game-engines-visual-effects-real-time-1203214992/>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

SEYMOUR, Mike. **Art of LED Wall Virtual Production, Part One: ‘Lessons from the Mandalorian’**. FX Guide, 2020. Disponível em: <<https://www.fxguide.com/featured/art-of-led-wall-virtual-production-part-one-lessons-from-the-mandalorian/>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

SEYMOUR, Mike. **Mandalorian Season 2 Virtual Production Innovations**. FX Guide, 2021. Disponível em: <<https://www.fxguide.com/featured/mandalorian-season-2-virtual-production-innovations/>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

SHIELDS, Meg. **How Does Rear Projection Work?** Film School Rejects, 2020. Disponível em: <<https://filmschoolrejects.com/rear-projection/>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

The Mandalorian. Ei Nerd, 2019. Disponível em: <<https://www.einerd.com.br/tag/the-mandalorian/>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

UKEssays. **The History Of Visual Effects**. UKEssays, 2018. Disponível em: <<https://www.ukessays.com/essays/film-studies/the-history-of-visual-effects-film-studies-essay.php>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

UNREAL, Engine. **Unreal Engine 4 Documentation: Working with Media: In-Camera VFX Overview**. Unreal Engine, 2020. Disponível em: <<https://docs.unrealengine.com/en-US/WorkingWithMedia/InCameraVFX/InCameraVFXOverview/index.html>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

VIDEOARALEX. **How did they do it? King Kong (1933)**. Creative Flow, 2014. Disponível em: <<https://videoartlex.wordpress.com/2014/03/12/how-did-they-do-it-king-kong-1933/>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

WRIGHT, Steve. **Compositing Visual Effects: Essentials for the Aspiring Artist**. [s.i]: Focal Press, 2008.

GLOSSÁRIO

- **Animatronics:** Máquinas controladas por computadores para fazer fantoches se moverem de forma natural em filmes e outros tipos de entretenimento.
- **Assets:** Arquivos digitais que auxiliam a completar um projeto, como fotos, imagens, vídeos e objetos 3D.
- **Breakdown:** Material digital que demonstra cada passo de como os efeitos visuais foram desenvolvidos e compostos na cena final.
- **Dolly:** Carrinho ou plataforma, com rodas ou roldanas, para movimentar uma câmera de forma suave.
- **Game engine:** Denominado “motor de jogo” ou “motor gráfico”, é um programa de computador e/ou conjunto de bibliotecas que simplificam e abstraem o desenvolvimento de jogos. Auxiliam na renderização, física do mundo virtual e entradas, para que os desenvolvedores possam se concentrar em outros detalhes.
- **Making of:** Bastidores de produção.
- **Pan:** Movimento horizontal de câmera.
- **Paralaxe:** Movimento aparente de objetos (em primeiro e segundo plano) em relação uns aos outros, dependendo de sua distância até a câmera quando ela gira ou inclina.
- **Performance capture:** Processo de captura de movimento e expressões de um ator.
- **Postvis:** Visualização das cenas captadas na produção com elementos digitais temporários para validação da cena com os efeitos.
- **Pós-produção:** Etapa de finalização do projeto após as filmagens, envolvendo edição, sonorização, música e efeitos visuais.
- **Previs:** Visualização de uma versão preliminar das cenas, predominantemente utilizando animações 3D.
- **Pré-produção:** Etapa de planejamento do design, construção e preparação do set de gravação e das cenas antes das filmagens serem realizadas.
- **Produção:** Etapa em que as filmagens são realizadas em set ou locações.
- **Real-time rendering:** Animações renderizadas em alta velocidade, consistindo em uma rápida conversão de uma cena em pixels para reprodução ao vivo e em tempo real.
- **Skypanels:** Luz de LED suave, compacta, ultra brilhante e de alta qualidade.
- **Sprites:** Imagens ou animações bidimensionais sobrepostas em uma cena, podendo ser compostos de diversos sprites ou peças menores, geralmente utilizados para escalonamento.

- **Stop-motion:** Técnica que utiliza a disposição sequencial de fotografias diferentes de um mesmo objeto inanimado para simular o seu movimento.
- **Techvis:** Combinação de elementos virtuais com equipamentos do mundo real para o processo de planejamento de cenas, bem como a combinação de imagens já capturadas com assets virtuais. Etapa em que também são definidas as lentes a serem utilizadas bem como a área de movimento e posicionamento da câmera,
- **Tilt:** Movimento vertical de câmera.