

Gilles Pedroza Leite

GAMES, LUDI & ETHOS
CONSIDERAÇÕES SOBRE A IMERSÃO EM MODELAGENS REALISTAS

PUC-SP
Tecnologias da Inteligência e do Design Digital
2017

Tecnologias da Inteligência e do Design Digital
Programa de Pós-Graduação em Design Digital e Inteligência Coletiva

Gilles Pedroza Leite

GAMES, LUDI & ETHOS

CONSIDERAÇÕES SOBRE A IMERSÃO EM MODELAGENS REALISTAS

Dissertação apresentada ao curso de
Tecnologias da Inteligência e do Design Digital
da PUC-SP como requisito parcial para a
obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Luis Carlos Petry

PUC-SP

Tecnologias da Inteligência e do Design Digital

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

LEITE, G.P. (2017). Games, Ludi & Ethos: Considerações Sobre a Imersão em Modelagens Realistas. Dissertação de Mestrado. PPG Tecnologias da Inteligência e do Design Digital - PUC-SP. Orientador: Prof. Dr. Luís Carlos Petry. São Paulo. PUC-SP.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Dedico este texto aos meus avós Valdemar e Pedro, carrego-os no coração para sempre e as minhas avós às quais tenho muito carinho. Aos meus pais, Márcia e Marcel, que sempre se desdobram para eu realizar meus sonhos, meu irmão que literalmente estava junto a mim por toda minha vida. A minha namorada Sarah Rocksane, pela amizade, carinho e companheirismo de sempre; por estar sempre torcendo pelas minhas conquistas. Pelo apoio e incentivo incondicional e por sempre me empurrar para frente mesmo quando eu mesmo já duvidava de minha capacidade.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pela paciência e por terem me proporcionado tudo o que precisei, por me corrigirem nos meus erros, me incentivarem e ensinarem.

Aos meus avôs maternos (Valdemar e Bernadina), meus tios e padrinhos (Nivaldo e Vanessa), pelo apoio dado durante toda minha vida.

Aos meus amigos que sempre deram incentivos e ajuda, e estiverem presentes para desestressar do meu dia a dia.

Ao meu irmão Yuri pelo incentivo, pela força dada em momentos que me senti sozinho.

Em especial a minha namorada Sarah, que esteve sempre ao meu lado, mesmo quando exigia mais do que era necessário dela, pelo amor, apoio, compreensão, conselhos, amizade, orientação e colaboração em praticamente todas as fases desta tese.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Luis Carlos Petry, pelo convite para desenvolver esse trabalho, por acreditar em mim e na minha capacidade, por demonstrar como ser um bom profissional e um bom amigo.

Aos professores Daniel Gatti e Clotilde Perez por me aconselharem nesta dissertação e estarem sempre dispostos a ajudar a melhorar este trabalho.

Aos professores do antigo curso de Tecnologia e Mídias Digitais da PUC-SP por me darem toda a base necessária para o desenvolvimento deste projeto.

E a todos que me ajudaram indiretamente ou diretamente neste trabalho.

That is the exploration that awaits you!
Not mapping stars and studying nebula,
but charting the unknown possibilities of
existence.¹

¹ É a exploração que lhe espera! Não mapeando estrelas e estudando nébulas, mas sim as possibilidades desconhecidas da existência. (Leonard Nimoy)

RESUMO

Neste texto iremos proceder a uma exposição crítica da história do desenvolvimento dos efeitos tridimensionais no cinema e nos jogos tecendo uma relação entre o fator imersivo com a técnica utilizada para a produção deste, ao mesmo tempo, vamos procurar elucidar de que forma seu desenvolvimento, tanto estético quanto tecnológico, vem reinventando a importância da imagem na sociedade contemporânea. Para tanto, começaremos por mostrar o contexto de produção e níveis de imersão, passando em seguida a introduzir um olhar analítico sobre o mesmo. Logo após, abordaremos conceitos empregados em modelagem procedural na indústria de jogos, suas vantagens e desvantagens, e sobre sua utilização para implementação na criação de paisagens vegetais. Em seguida, exemplificaremos esses pontos através da análise do game The Witcher III, em especial a paisagem e a vegetação, através de uma equiparação com a árvore real que atendam as características estéticas do objeto escolhido no jogo.

PALAVRAS-CHAVE: Realismo, Games, Modelagem Procedural, Imersão.

ABSTRACT

In this text we will travel through a critical exposition of the three-dimensional effects in movies and games development history creating a relation between the immersive factor and the technique of its production, we will seek to clarify how its developments, both aesthetic and technological, are reinventing the importance of image in contemporary society. Therefore, we will begin to show the context of production and levels of immersion, then move on to introduce an analytical look about the same. We will pass through the concepts of procedural modeling used in the industry of games, and the preference on its use on implementing the creation for vegetation landscapes. Then we elucidate these points through the game analysis *The Witcher III*, especially the landscape and vegetation through a match with the real tree that meet the aesthetic characteristics of the chosen object in the game.

KEYWORDS: Realism, Games, Procedural Modeling, Immersion.

SUMÁRIO

<i>CONSIDERAÇÕES INICIAIS</i>	13
<i>CAPÍTULO I</i>	17
<i>IMERSÃO, GAMES E REALISMO</i>	17
IMERSÃO	17
AGÊNCIA	29
TRANSFORMAÇÃO	31
TELEPRESENÇA	32
<i>CAPÍTULO II</i>	34
<i>MODELAGEM 3D REALISTA E IMERSÃO</i>	34
HISTÓRIA DO DESENVOLVIMENTO DO 3D	37
CINEMA	39
TRIDIMENSIONALIDADE GRÁFICA	42
ASPECTOS TÉCNICOS	48
3D E IMERSÃO	60
<i>CAPÍTULO III</i>	64
<i>MODELAGEM PROCEDURAL - MODELOS E APLICAÇÕES</i>	64
DO DESENHO A MODELAGEM TRIDIMENSIONAL	68
MODELAGEM PROCEDURAL	71
CÁLCULO FRACTAL	79
<i>CAPÍTULO IV</i>	85
<i>ESTUDO DE CASO: THE WITCHER III</i>	85
CONSIDERAÇÕES SOBRE BOTÂNICA	94
INTERAÇÃO ENTRE ÁRVORES E AMBIENTE	96
CLOUD 9 DOGWOOD	98
<i>CONSIDERAÇÕES FINAIS</i>	106
<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	109
<i>ÍNDICE DE IMAGENS</i>	113

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Quanto mais verdadeiro, tanto mais poético.

Novalis

As razões que levam à escolha do tema desta dissertação são diversas e parte delas já datam de algum tempo. No início estava a justificativa primeira, talvez a única razão verídica para ocupar-se com determinado assunto, o gosto. Durante a infância e a adolescência pude assistir de perto a evolução das plataformas desta área, dos *games*, e do que hoje são considerados clássicos da cultura pop. Este, que nasce apenas como mero produto de entretenimento, não era exatamente o que chamávamos na época de obra de arte, na medida em que seus objetivos eram outros. A medida em que fui amadurecendo, e depois de um contato mais imediato com suas áreas correlacionadas, pude perceber nos *games*, certas nuances dantes desconhecidas, e, o que antes era fonte de prazer leve, agora passa a ser fonte de reflexão e estudo.

Muitos de nossos parâmetros mudam a medida que nosso contato com a arte prolonga-se para além de um primeiro olhar. Todavia, os *games* sempre estiveram presentes, independente das situações ou lugares, sempre dispostos como uma porta a uma terra encantada e infinita em possibilidades. Durante minha estadia em Portugal obtive um contato mais contíguo com o universo de produção de *games* e, pude mais uma vez, empreender reflexões a respeito das formas técnicas e estéticas que imperam no processo de produção do mesmo, a pluralidade da questão da autoria e, das relações entre expectador e jogo.

O único pesar era agora, no Brasil, a dificuldade de compartilhar essa experiência; assim nasceu, ainda na minha graduação, o interesse em desenvolver trabalhos relacionados a modelagem tridimensional, texturização e iluminação realista voltadas para a área de maquete digital arquitetônica, tendo estes temas, impulsionado minha busca por um entendimento e aprimoramento técnico e teórico.

A oportunidade de colocar este projeto em prática ocorre, quando no encontro com o professor Luiz Carlos Petry, já amigo de longa data, tive a oportunidade de participar do projeto de pesquisa SOMNI, cujo objetivo era o desenvolvimento de um jogo

ontopoético de forma a promover novas formas de percepção e reflexão da realidade por parte do expectador.

O jogo explora aspectos surrealistas e psicanalíticos da experiência do jogar, de forma que, não pude dar-me por completamente satisfeito. Após uma das reuniões do grupo, onde discutimos sobre as formas de modelagem da “árvore da vida”, um dos vários componentes do jogo, fiquei a observar o pequeno jardim da universidade e a refletir sobre as formas de modelagem orgânica, e os efeitos correspondentes de cada técnica.

Tendo a problemática da modelagem orgânica como ponto de partida reflexivo, e de ter sido apresentado aos conceitos de texturização e iluminação em Portugal com o Prof. Diogo Vieira, além de conversas com a Prof.^a Sahra Kunz, da Universidade Católica do Porto, que me apresentou uma bibliografia inicial sobre modelagem procedural, pude, finalmente, começar a delinear um caminho para esta pesquisa.

Na oportunidade, ao travar contato pela primeira vez com os textos teóricos, pude constatar que a maioria pertencia a áreas diversas e que eram escassos quanto a temática do realismo. A questão técnica aqui estava mais relacionada ao tempo de produção do que a verossimilhança do estado final da arte.

Apesar da escassa bibliografia brasileira, havia um bom número de avaliações positivas, acerca desta técnica, em termos de quadro geral da área. Diante disto, e, após pesquisa dos últimos *games* que utilizam desta técnica, lançados no mercado, cheguei ao jogo *The Witcher III*, cujas avaliações e premiações quanto a qualidade gráfica e narrativa surpreendiam, decidi-me, portanto, em avaliar a modelagem orgânica do *game*, em especial, da vegetação.

Diante disto, sentia-me finalmente preparado para empreender este percurso teórico, numa tentativa de responder a esta pergunta, olhando agora um objeto definido, num horizonte já delineado – Como a modelagem procedural para ambientes tridimensionais se tornou um método mais eficaz na produção de imagens realistas, e qual é o nível de imersão causado por estas.

Para tanto, é necessário compreender de que forma os processos de produção do *game*, assim como seus resultados em termos de qualidade gráfica, resultam em uma experiência mais imersiva ao expectador. Diante disto, em um primeiro momento há a

necessidade de apresentar um quadro geral da concepção de imersão, suas particularidades e a forma como esta se apresenta nas diversas linguagens artísticas, em especial, aquela observada nos *games*.

Como o estudo apresentado remete a um nicho específico de *games*, cuja estética gráfica é tridimensional, é necessário também, compreender suas relações com a técnica aqui analisada e o fator imersivo, para enfim, entender os pormenores da modelagem procedural e seus resultados em termos estéticos e técnicos e do que se apresenta como ganhos ou percas quanto a experiência final da arte.

Para tal, esta pesquisa foi empreendida em três fases: revisão bibliográfica; análises comparativas da modelagem da árvore presente no jogo e a árvore referencial, e de análises críticas quanto as vantagens e desvantagens da utilização desta técnica. O desenvolvimento da metodologia de análise da árvore consiste nos seguintes critérios comparativos: dimensões da árvore, aceitabilidade de competição das folhagens, variedade dos modelos de acordo com suas necessidades biológicas. Conquanto, também se mostrou necessário analisar os aspectos físicos do tronco, galhos e flores, de acordo com suas características visuais, o efeito visual que ocorre de acordo com a mudança de condição de ambiente, além de uma análise técnica do modelo quanto a preocupação com a estética do mesmo e de sua otimização. Para a construção do conceito de imersão utilizado nesta pesquisa, fora utilizado um aporte teórico de pesquisadores, teóricos de arte, filósofos, historiadores, além de designers de games, entre eles é necessário citar a importância dos autores Janet Murray, Johan Huizinga, Chris Bateman, Katie Salen e Eric Zimmerman.

No primeiro capítulo, “*Imersão, Games e Realismo*”, defino os principais conceitos de imersão, suas possibilidades, não apenas em relação a arte, mas ao indivíduo de sua atualidade, assim como, sua relação com a virtualidade, e as transformações advindas dessa categoria. Esse capítulo é também a oportunidade de um começo de análise das relações que a imersão possui com os aspectos técnicos e estéticos que a obra apresenta, partindo de pressupostos filosóficos e sociológicos, mas nos distanciando destes em direção a uma investigação sobre os fenômenos de produção dos *games*.

O capítulo seguinte, “*Modelagem 3D Realista*”, diz respeito à história do surgimento da técnica de modelagem tridimensional, e o caminho que esta percorre não

apenas como uma extensão da área de computação gráfica, mas como prática artística para o cinema e a animação, e mais difusamente, pelos *games*. Os conceitos apresentados anteriormente são aqui aplicados sob a ótica desta relação entre técnica e obra, fenômeno contemporâneo que altera dinamicamente não apenas a economia, mas a cultura.

O terceiro capítulo, “Modelagem Procedural – Modelos e Aplicações”, analisa esta técnica em particular, em detrimento de um fenômeno específico; no momento de seu surgimento, esta técnica vai de encontro com as necessidades dos desenvolvedores da época que não possuíam qualidade de *hardware* para a produção de *layouts*, cenários e objetos, e esta permitia um maior número de possibilidade de cenários contidos apenas no processo matemático.

No quarto capítulo, “Estudo de Caso – The Witcher III”, apresentamos o funcionamento desta técnica, quando no momento da aplicação dos aparatos de análise dos aspectos técnicos e estéticos do jogo, observando em especial, a vegetação do jogo, sua aparência e comportamento. Este capítulo tem por objetivos, sistematizar e relativizar os conhecimentos apresentados até aqui e, trespassar as vantagens e desvantagens que a utilização desta técnica produz em termos de experiência final.

Durante a escrita desta dissertação sobre as relações entre o realismo na modelagem tridimensional e a imersão, a intenção era pôr em relação estas categorias, suas teorias autocentradas, e mostrar de que forma a interação entre imagem, perspectiva e narrativa são processos simbólicos, sempre inovadores e dinâmicos. Estas categorias que são campo de discussão teórica em outros âmbitos das artes, agora ganham novos espaços de construções de sentidos e significados, com essa nova linguagem artística que aqui exploraremos. A construção de sentido no *game* é sempre fruto de uma interação entre o *game* e o expectador, o que o difere de outras linguagens artísticas. Essa interação, que é fruto de elementos múltiplos, é um dos pontos centrais desta dissertação que pretende contribuir, ainda que de forma limitada, a teoria geral dos games.

CAPÍTULO I

IMERSÃO, GAMES E REALISMO

IMERSÃO

Com uma complacência infinita, os homens moviam-se de um lado para o outro do seu globo, tratando dos seus pequenos negócios, serenamente, na certeza do seu poder sobre a matéria. É possível que se passe o mesmo com os infusórios no microscópio. Ninguém imaginou que os mundos mais antigos do espaço pudessem constituir perigo para os homens. Se alguém pensou nisso, foi unicamente para rejeitar a ideia de que a vida existisse sobre eles, pois este facto parecia impossível ou improvável. (H.G. Wells – A Guerra dos Mundos)

Em 30 de outubro de 1938, Orson Welles², conjuntamente ao grupo Mercury Theater, apresentou uma encenação na rádio CBS, da obra de H.G.Wells, *Guerra dos Mundos*. A forma de representação da obra escolhida pelo grupo obteve um desfecho singular na época. O grupo optou por interromper a programação normal da rádio para transmitir uma mensagem urgente, a mensagem dizia que Nova Jersey fora invadida por extraterrestres. Logo após esse anúncio, seguiu-se um discurso do ministro do interior, e também, do presidente dos Estados Unidos, causando histeria coletiva. Como consequência, pessoas fugiam para todos os lados, as estradas estavam congestionadas a noite, padres foram chamados para confissões. Em Pittsburgh, uma mulher se matou para não ser violentada sexualmente por marcianos. Pilhagens ocorriam em cidades semiabandonadas. Em Nova Jersey, a Guarda Nacional foi chamada. Durante vários dias, após o ocorrido, a Cruz Vermelha teve de insistir para várias pessoas regressarem às suas casas.

A partir deste exemplo, podemos perceber o quanto a realidade das pessoas pode ser modificada com uma simples estória e como elas se tornam completamente mergulhadas nessa nova realidade sem nem mesmo questioná-la. A vida da pessoa se torna aquilo que ela trata como real, mesmo que essa realidade seja transmitida por meios indiretos como: uma narrativa textual ou radiofônica, uma imagem, etc. A imersão causada pela representação narrativa de Orson Welles é um dos aspectos mais

² George Orson Welles (1915 – 1985) foi um cineasta, produtor, ator e roteirista americano.

almeçados por artistas de todas as áreas. O fator imersivo na obra de arte levanta questões não apenas de caráter estético, mas também de caráter técnico. A origem do termo imersão denota o termo físico de estar submerso na água;

“Buscamos de uma experiência psicologicamente imersiva a mesma impressão que obtemos num mergulho no oceano ou numa piscina: a sensação de estarmos envolvidos por uma realidade completamente estranha, tão diferente quanto a água e o ar, que se apodera de toda a nossa atenção, de todo o nosso sistema sensorial. (...) A experiência de ser transportado para um lugar primorosamente simulado é prazerosa em si mesma, independentemente do conteúdo da fantasia. Referimo-nos a essa experiência como imersão.” (MURRAY, 2003, p. 102)

Como dito na citação acima de Janet Murray³(2003), imersão é como ser transportado para um mundo além do seu. O termo é utilizado no dia-a-dia no âmbito de mídias como um estado de transferência de consciência, de estar em um lugar ou situação sem estar fisicamente presente. Assim, o espectador pode reagir e interagir com o que lhe é mostrado, por exemplo, numa simulação virtual, com uma representação da realidade ou fantasiosa. O nível da imersão depende do quanto a reprodução da realidade retratada é verossímil, ou seja, se aproxima do observador e, de como lhe é apresentado o ambiente, seu funcionamento e regras. A sua experiência se torna mais intensa a medida que a rejeição ao mundo real se torna mais forte, ao ponto de rejeitá-la em troca do mundo que lhe foi apresentado.

O que pode causar imersão em uma obra de arte ainda não está determinada em sua totalidade, porém, é possível delimitar caracteres mínimos que podemos encontrar nas mais diversas linguagens artísticas. Uma destas características é a representação de um mundo, real ou imaginário aonde a narrativa ocorre. Quando se representando o mundo real, o criador da obra fará uso de ferramentas tais quais cartas, diários, jornais, fatos conhecidos da história geral, ou endereços reais para gerar realismo ao relato apresentado.

No momento de apresentação de um mundo ficcional, uma das formas recorrentes é a utilização de objetos que remetem a propriedades de estruturas reais, a utilização da mitologia de povos e sociedades antigas, assim como a antropomorfização dos personagens quando estes não são humanos.

³Professora da Escola de Literatura, Mídia e Comunicação no Instituto de Tecnologia da Georgia.

Outra característica marcante é a construção da ilusão dada pela narrativa. Nos primórdios, essa ilusão era dada ao leitor e expectador da obra, exigindo apenas o deleite e a reflexão sobre aquilo que lhe era apresentado. Quando a narrativa romanesca surge, por volta de 1719, data sugerida por críticos de arte, por se tratar do lançamento de *Robson Crusué*, de Daniel Defoe, surgem também convenções que ensinam o leitor e expectador a ler e interagir com esse tipo de obra através da criação do prefácio e de cartas ao leitor, que anexadas ao início do livro, davam conta de preparar o leitor para esta experiência. Esta experiência, fruto dessa interação entre obra e expectador, é segura, pois este é apenas um mero observador dos acontecimentos que lhe são apresentados em sequências e, este apenas projeta sobre ele suas expectativas, seus sentimentos e sua subjetividade.

Porém, devido as revoluções nas categorias e linguagens artísticas, hoje é possível que o expectador possa exercer o papel de protagonista das narrativas modernas de forma a definir os caminhos percorridos. O leitor e expectador que antes tinham apenas o papel de juiz, e que buscavam na obra, deleite e reflexão, também passam a fazer parte do processo de produção da catarse. Seus sentimentos, sua subjetividade e suas escolhas agora são projetadas na tela e a estória apresentada também pode ser moldada por ele.

A interação entre obra e expectador agora passa a ganhar uma nova forma. Se antes, o expectador era apenas aquele que garante o caráter de verossimilhança à obra, esse agora passa a exercer o papel de protagonista. Diante disso, Ernest Adams⁴, um dos fundadores da IGDA⁵, afirma que a imersão pode ser dividida em três categorias: imersão tática, imersão estratégica e imersão narrativa. A imersão tática é definida pela necessidade de uma interação tátil, ou seja, atividades que utilizem alguma habilidade motora. Ao ser realizada alguma ação interativa com sucesso após o esforço físico, o jogador presencia uma sensação de real satisfação. Pode-se observar esta forma de imersão nos esportes ou em brincadeiras infantis.

⁴Freelance game designer, escritor, professor. Fundador da *International Game Developers Association*.

⁵ *International Game Developer's Association*.

Figura 1 - Crianças brincando nas ruas de NY. ⁶



Em contrapartida, a imersão estratégica se realiza quando ocorre uma atividade intelectual, como desafios lógicos observados em jogos como caça-palavras ou *sudoku*. No âmbito dos jogos digitais temos o RTS⁷, no qual se presencia esta forma de imersão ao planejarem os movimentos seguintes simultaneamente as ações presentes no momento da interação, buscando sempre antecipar seus movimentos como se estivesse em um jogo de xadrez.

A terceira forma de imersão é a imersão narrativa, esta se refere ao momento em que submergimos em uma história, isso é perceptível ao ler uma obra literária, assistir a um filme, ou até mesmo em um jogo de RPG⁸.

⁶Figura 1 – *Crianças brincando nas ruas de NY*, fotografia de Bill Brandt (1950). Disponível em: <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016

⁷*Real Time Strategy*.

⁸*Real Player Game*.

Dentre as formas narrativas clássicas como a literatura e o teatro, o leitor e expectador encontra-se numa posição passiva em relação aos acontecimentos que lhe são expostos. Ele não possui poder de interferência na obra. Decerto, podemos afirmar que o leitor e expectador desempenha um papel de produtor de sentidos e significados quando em contato com a obra pois, o mesmo a interpela através da imaginação e da interpretação. No teatro moderno, inaugurado pelo autor Bertolt Brecht, o expectador passa a ser um agente detentor de ação dentro da peça, mas mesmo com a quebra da quarta parede, este ainda mostra passividade diante dos fatos que ocorrem, sendo-lhe apenas possível o exercício do papel de ouvidor e, uma vez que não é possível interferir nas ações que acontecem, ou interagir com os personagens da trama, e, mesmo quando este ocorre, não é possível afirmar que há uma participação ativa deste de modo a interferir nos acontecimentos relatados e apresentados.

Figura 2 - Jogo de estratégia em tempo real *Cossacks 3* (2016).⁹



⁹Figura 2 - *Print Screen* de tela do jogo *Cossacks 3* (2016).

Com o advento dos *games*, que em sua estrutura fundamental possuem elementos tais como o banco de dados e os sistemas premutacionais, que, como tal, proporcionam a formação de uma linguagem artística autônoma e novas possibilidades estéticas, estes apresentam, ainda, uma nova forma de narrativa, agora interativa, aonde o jogador passa a exercer real papel na trama central, dando-lhe não apenas significado, mas interpelando-a de acordo com suas escolhas.

Figura 3 - *Myst* (1993), jogo voltado principalmente para a narrativa como forma imersiva.¹⁰



Não mencionada anteriormente, também existe uma quarta forma de interpretação quanto ao que pode ser classificado como imersão, isso é observado por Björk¹¹ e Holopainen¹² (2004), nomeada de imersão espacial, esta se refere a percepção da realidade que os mundos virtuais oferecem de modo a produzir uma sensação de presença física por parte do usuário em relação ao ambiente apresentado. Podemos

¹⁰Figura 3 – *Print Screen* de tela do jogo *Myst* (1993).

¹¹Staffan Björk é um pesquisador de jogos voltado para a área de design de interação. Mais em: <http://itufak.gu.se/english/research/researchers/staffan-bjork>

¹²Jussi Holopainen é um pesquisador em design de jogos, design do jogar e o uso de jogos além do contexto de prazer.

observar a utilização deste tipo de técnica imersiva em jogos do estilo *FPG*¹³, como jogos de terror e *survival*, nos quais o usuário incorpora o personagem, e o mesmo é inserido em um universo em que suas ações são determinantes para o desenrolar do game.

Figura 4 - Jogo em primeira pessoa *Chivalry: Medieval Warfare* (2015).¹⁴



De acordo com Joseph Nechvatal¹⁵ (1990), teórico de arte digital, também pode-se encaixar a essas categorias: realidade virtual imersiva e ambientes virtuais imersivos. A realidade virtual imersiva surge com a ideia de uma tecnologia que provoque uma imersão na qual o usuário teria uma ou mais das suas percepções sensoriais sofrendo uma indução e aproximando-o cada vez mais do mundo no qual está sendo inserido, chegando ao ponto de quase não conseguir separar o virtual do real.

Antes de seguirmos com a análise destas categorias como indutores de imersão nos jogos é preciso mencionar que este tipo de tecnologia vem sendo amplamente utilizada em áreas outras além da indústria de entretenimento, e que se trata de um instrumento

¹³First Person Game jogo aonde o ponto de vista do jogador se equivale ao do personagem.

¹⁴Figura 4 – Print Screen de tela do jogo *Chivalry: Medieval Warfare* (2015).

¹⁵Joseph Nechvatal é um artista digital pós-conceitual que cria pinturas e animações por computador através de vírus customizados.

ainda em germe no mundo das artes, portanto, a problemática no exame destas categorias está no fator da recepção, mais do que no de seu caráter técnico, no sentido de que não há ainda dados de taxa de consumo deste tipo de tecnologia que permitam análise.

Figura 5 - Dispositivos de realidade virtual atualmente disponíveis no mercado.¹⁶



Este tipo de interação, anteriormente possível apenas como modelos de simulação para treinamentos ligados ao poderio militar e como forma de capacitação em áreas como a medicina, tem sido trabalhado pela indústria de *games*, animação e cinema como uma possibilidade em termos de experiência do usuário, como uma forma de entretenimento lúdico, como portal para novos mundos. Penetrar neste mundo, até então desconhecido, desperta no usuário sentidos e sensações inéditas, apresentando uma relação entre homem e máquina como forma de intermediação para essa nova “realidade”;

A representação virtual se distingue da representação escrita ou da representação icônica por vários traços característicos: a universalidade do código de base (o numérico), o elo operatório entre linguagens formais e imagem, a calculabilidade, a capacidade de simulação e de visualização concreta de modelos abstratos. O virtual permite agir sobre o real com auxílio de representações ‘eficazes’ do mundo. A imagem virtual não é uma imagem do mundo, é a janela de um mundo ‘intermediário’ no qual se pode imergir, no

¹⁶Figura 5 – Disponível em: <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016.

qual se pode encontrar os outros, e no qual se pode agir sobre o mundo real por intermédio de todo tipo de captadores e realizadores.(QUÉAU, 2000, p.85)

Nos dias atuais, somente é possível a manipulação visual, por exemplo, utilizando o *Oculus Rift*¹⁷. Composto por duas telas, a distância entre as telas tem a mesma distância das pupilas do usuário, este óculos de realidade virtual usa o conceito estereoscópico, realizado naturalmente pelos olhos humanos onde uma mesma imagem é mostrada com um pequeno deslocamento, dessa forma, a estereoscopia permite que a pessoa enxergue profundidade.

Quanto aos ambientes virtuais imersivos, último conceito a ser abordado sobre imersão, se baseia na organização de cenas interativas artificiais, criadas por intermédio de um computador. Semelhante a realidade virtual, mas se diferenciando quanto ao mundo criado, que não se atem a ideia de verossimilhança para com o mundo real.

Durante o percurso das sociedades humanas, a representação de mundos, reais ou imaginários figuram um desejo que permeia não apenas a classe religiosa, que busca símbolos e representações para o ensino e a doutrinação, mas para os historiadores, artistas e para as massas, em busca de entretenimento, aprendizado e deleite. O que percebemos aqui, é a inauguração de novas ferramentas para a criação e representação desses desejos, como também, da possibilidade de uma experiência imersiva coletiva, inaugurada com o advento dos *games*.

Com interesse sobre imersão nos ambientes digitais, Janet Murray cita a ideia de que a imersão não se prende somente a ideia de escapar da realidade, mas se faz tanto pelo desligamento quanto a estar inerente às formas de entretenimento, que estimulam o jogador ou observador em jogos e simulações.

A imersão, juntamente a *agência* e a *transformação*, constituem o tripé do novo meio digital. Agência e transformação fazem parte da natureza do jogo digital, sendo a agência os comportamentos necessários à serem executados, utilizando de regras para a superação de obstáculos criados pela estória e pensando-a a partir da ideia de transformação intrínseca ao jogo e seu jogador. Além de todas as ideias aqui apresentadas, também é necessário compreender as razões que levam o ser humano a

¹⁷ *Hardware* desenvolvido pela empresa Oculus para a utilização em ambientes de realidade virtual. Mais informações: <https://www3.oculus.com/en-us/rift/>.

procurar jogar, sejam jogos digitais ou físicos. Como escreveu Huizinga¹⁸ (2005) no seu livro *Homo Ludens*, o ser humano como outros mamíferos vivenciam experiências lúdicas;

Convidam-se uns aos outros para brincar mediante um certo ritual de atitudes e gestos. Tendem a respeitar regras que os proíbe morderem, ou pelo menos com violência, a orelha do próximo. Fingem ficar zangados e o que é mais importante, experimentam imenso prazer e divertimento. (HUIZINGA, 2005, p. 5).

O autor faz ainda reflexões quanto a seriedade dos jogos, passando ao leitor a ideia de um *frenesi*, pois ele retira o jogador da rotina diária. Em contrapartida, Jesper Juul¹⁹, se mostra crítico as ideias de Huizinga e contrapõe com uma ideia restrita quanto aos jogos, diferenciando-os das ideias apresentadas por Huizinga.

A ideia que Juul apresenta pode ser separada em seis tópicos: um jogo é um sistema baseado em regras; os resultados são considerados variáveis e quantificáveis; em um jogo, diferentes variáveis determinam diferentes valores; o jogador exerce o esforço com o objetivo de influenciar o resultado final; o jogador identifica o resultado obtido como uma conquista dele mesmo; as consequências da atividade no jogo são opcionais e negociáveis. O ludologista defende que o jogador sempre deverá tomar decisões com resultantes variáveis e é o seu esforço que determinará quais são essas variáveis. Dessa forma, a recompensa do jogador é justamente o resultado que ele procurou.

Em oposição a estas ideias, de acordo com os pesquisadores Salem²⁰ e Zimmermann²¹ (2004), a imersão faz sentido apenas teoricamente, pois o modo como a imersão é alcançada ao jogar, não condiz com os elementos implicados no conceito comum de imersão. Os autores de *As regras do jogo* dizem que, a imersão ocorre como um subproduto do jogar: o jogador fica envolvido sim, entretanto, é devido a interação

¹⁸Johan Huizinga (1872 -1945) foi um professor e historiador, conhecido por seus trabalhos sobre a Baixa Idade Média e o Renascimento.

¹⁹Teórico dos *video games* e professor da Academia real dinamarquesa de belas artes

²⁰Katie Salen é uma game designer, animadora e educadora. Mais informações: https://en.wikipedia.org/wiki/Katie_Salen.

²¹Eric Zimmerman é um game designer, co-fundador e CEO do Gamelab, uma companhia de desenvolvimento de jogos.

lúdica em si, em movimento de uma espécie de dupla consciência na qual o jogador está plenamente consciente da artificialidade da situação do jogo (Salen e Zimmermann, 2004).

Como os dois autores explicam, *oludos* consistiria em um processo de metacomunicação, no qual o jogador sabe da artificialidade do jogo. Uma das bases da experiência humana é a imersão, assim como nos jogos, essa experiência requer a ação conjuntada da *agência*²² e da *transformação*²³. Tendo isto em mente, avanços tecnológicos na área de *hardware* e *software* como, a evolução de óculos de realidade virtual, roupas de pressão para sensações táteis, gráficos quase considerados realistas, levam a uma imersão mais profunda e intensa.

Com utilização de regras específicas seja para a construção de representações de mundos reais ou de fantasias como gravidade, forças físicas, paredes intransponíveis, entre outras, e, sendo estas regras aplicadas de forma convincente, isso leva o jogador a aceitar a existência daquele mundo, permitindo assim transferir-se mentalmente para ele de forma natural.

A partir disso, podemos perceber a imersão como um elemento complexo, detentor de variados elementos, tanto abstratos quanto formais, conquanto, intrinsecamente relaciona com a vivência do jogador, sua *psiquê* e o que este carrega como conhecimento do mundo e sua subjetividade, e como diz Gadamer²⁴ (1960), *todo jogar é um ser jogado pelo jogo*, ideia que coincide com o conceito de transformação, onde o jogador transforma o jogo ao mesmo tempo em que o jogo transforma o jogador por intermédio da interação.

Os jogos fundamentalmente trazem interação, ou seja, o jogador realiza uma ação e a máquina lhe dá um *feedback*, baseado na sua programação. Contrariando uma

²² A agência pode ser entendida como a capacidade gratificante de realizar ações significativas e ver os resultados de nossas decisões e escolhas (Cf. Murray, 2003)

²³ A transformação como o resultado [gratificante na maior parte das vezes] de vermos o ambiente digital ser modificado por nossa agência e, a nossa própria transformação como sujeitos, no digital como personagens de um *ciberdrama* e como sujeitos na vida real (Cf. Murray, 2003). A imersão também está diretamente relacionada, segundo Murray, com o conceito de transformação, no qual o jogador interfere no mundo do jogo ao mesmo tempo que o jogo transforma o jogador, alterando seus sentimentos ou até mesmo sua percepção de mundo.

²⁴ Hans-Georg Gadamer (1900-2002) foi um filósofo alemão considerado como um dos maiores expoentes da hermenêutica filosófica.

primeira impressão imediata, este não possui todas as liberdades e possibilidades de ação, sendo-lhe apenas possível aquelas pré-determinadas pelos programadores e idealizadores do jogo. Para existir infinitas possibilidades é necessário um banco de dados infinito. Roy Ascott aborda uma reflexão interessante sobre a interatividade e banco de dados. Em suas palavras: A primeira é um sistema fechado com um conjunto finito de elementos. A segunda é aberta e infinita na sua capacidade para integrar novas variáveis (ASCOTT, 1995).

No trabalho *Wasteland Beautiful*, do professor Petry e colegas da PUC-SP, encontramos um relato sobre a produção do jogo *The Last of Us* (2013), o título do artigo faz referência a um dos vídeos lançados no *YouTube* pela *Naughty Dog*²⁵ onde a equipe de desenvolvimento relata sobre o processo de criação dos ambientes do jogo, seu trabalho criativo e enfoque na produção dos *concept arts*.

Segundo Philip Kovats²⁶, os cenários de *The Last of Us*, foram trabalhados com a mesma importância de um personagem. Para a equipe do jogo, as paisagens tinham de transmitir personalidade e colaborar para a narrativa. Desta maneira a paisagem, mesmo que indiretamente, tinha como objetivo reforçar a imersão do jogador na história através do uso sinestésico, isto é, além da construção narrativa por meio de diálogos, foi-se utilizado a *Telepresença* (Minsky, 1980) da arte embutida no jogo, ajudando a transmissão de sentimentos vividos pelos personagens, diretamente para os jogadores.

Outro elemento vastamente explorado nas artes pictóricas, narrativas e no cinema, inclusive como personagem central, detentor de significado e significância, a paisagem, agora passa a exercer um papel finito e simultâneo, consistente mesmo quando representa um devaneio ou sonho, tornando-se complexa e intrínseca, detentora de múltiplas interpretações, fruto de uma nova forma de percepção, dinâmica e acelerada, que estimula o imaginário, dando tessitura a narrativa, flertando com outras vanguardas das artes plásticas, suas formas de representação geométrica e espacial, por intermédio do design artístico e das formas de criação e modelagem tridimensional, e que dialogam com os jogadores, condicionando suas ações, resultando em um processo imersivo engenhosamente substancial.

²⁵Empresa desenvolvedora de jogos fundada por Andy Gavin e Jason Rubin em 1986.

²⁶Diretor de áudio do jogo *Last Of Us*. Mais informações em: <http://www.imdb.com/name/nm0468374/>.

Figura 6 - Imagem do jogo *The Last of Us* (2013).²⁷



AGÊNCIA

“(...) capacidade de realizar ações significativas e ver os resultados de nossas decisões e escolhas” (MURRAY, 2003, p. 127).

Murray, ao tratar a questão da agência, cria uma relação onde o jogo trabalhará em um pré-determinado sistema de regras e condições. Todo um sistema se voltará às ações do jogador e o quanto este sistema da liberdade ao jogador proporciona uma contextualização para que o jogador siga a estória do jogo, mesmo assim, permitindo uma liberdade exploratória. Entretanto ao contrário do que parece, a agência não é sinônimo de interação ou participação, pois com ela pode-se criar o sentimento de realização de uma ação, modelando a narrativa do jogo, impelidos pela responsabilidade dos acontecimentos ocorrido e aceitando suas consequências. A agência está vinculada intrinsecamente ao jogar, uma vez que o jogador possui o poder de escolha de tomada de decisão ante os problemas que lhe são apresentados, sendo estes problemas não

²⁷Figura 6 - Print Screen de tela do jogo *Last of Us* (2013).

necessariamente relacionados a trama central do jogo, ou seja, cabe ao jogador decidir pela resolução dos problemas fornecidos pelo jogo. Quando o jogador decide resolver os problemas apresentados no jogo ele se coloca em uma situação de trabalho voluntário.

A agência é muito abordada por Bateman²⁸, professor e pesquisador em tecnologias criativas da universidade de Bolton no Reino Unido, em seu texto, *The thin play of dear Esther*, este critica a visão de outros autores quando estes consideram que *Dear Esther* é uma peça de arte moderna, mas não um jogo porque não existe agência.

O jogo *Dear Esther*²⁹, foi feito no estilo FPS. Para Bateman os jogadores investem mais tempo no aprendizado do manuseio da arma utilizada do que na exploração do ambiente criado para o jogo, visto que o personagem em si possui papel secundário na narrativa. Somente a movimentação do personagem no ambiente para quem não está habituado já se mostra um desafio.

Figura 7 - Print Screen de tela do jogo *Dear Esther* (2012).³⁰



²⁸Chris Mark Bateman (born 1 January 1972) é um designer de jogos e filósofo. Mais em: http://onlyagame.typepad.com/only_a_game/chris-bateman.html.

²⁹Jogo desenvolvido pela *The Chinese Room* lançado em 2008. Página oficial: <http://dear-esther.com/>.

³⁰Figura 7 - Print Screen de tela do jogo *Dear Esther* (2012).

Ou seja, no jogo existe um obstáculo e a noção de vencê-lo. Então, na realidade, quando se faz uma objeção quanto ao jogo não ter um objetivo, esta objeção pode somente se referir ao fato de ser um jogo muito simples. Dizer que o jogo não tem agência é uma constatação errônea, sua agência somente é muito rasa devido a simplicidade da sua interface de navegação e interação. Essa simplicidade do jogar torna os elementos que são apresentados de enfoque maiores. O jogo se torna um passeio pelo ambiente apresentado onde a ideia de vitória em completar algo nunca aparece.

TRANSFORMAÇÃO

“(...) Ele nos deixa ávidos pelo uso de máscaras, ávidos por agarrar o joystick e virar um vaqueiro ou um combatente espacial, ávidos por entrar num MUD e assumir a identidade de Garota-Elfo ou Punhal-Negro” (MURRAY, 2003, p. 153).

Para Murray, o terceiro prazer do ambiente digital é a transformação. Os computadores nos trazem possibilidades infinitas na mudança de forma. Ao colocar um óculos de realidade virtual, o jogador pode mesmo estando sentado e parado, se sentir voando ou caindo. Este poder de transformação se torna extremamente atraente a narrativa. O jogador tem uma gama de possibilidades quase ilimitada, de decisões que são temporárias e não afetarão sua vida real e, se caso fizer uma escolha errada sempre lhe é possível recomeçar. O desejo de transposição e vivência de múltiplas realidades esta intrinsecamente ligada a sociedade contemporânea e as técnicas de produção, da indústria de consumo, da universalidade de sentir e ver. De acordo com o semiologista Umberto Eco;

(...) trata-se da identificação privada e subjetiva, na origem, entre um objeto, ou uma imagem, e uma soma de finalidades, ora conscientes ora inconscientes, de maneira a realizar-se uma unidade entre imagens e aspirações (e que tem muito da unidade mágica na qual o primitivo baseava sua operação mitopoiética). (ECO, 2008, p.242).

De acordo com Umberto Eco, é próprio das sociedades contemporâneas, a criação de símbolos e imagens que representem o desejo do indivíduo conquanto estas sejam fabricadas pela indústria de entretenimento com um objetivo outro, além do puro deleite ou reflexão. Estes símbolos, que ganham força com o advento dos games, aproximam o jogador dessa mitologia de heróis e personagens, dando a estes a

possibilidade de viverem essas histórias, lutarem suas batalhas, viverem seus amores e perdas, dando nova significância a esses símbolos. A oportunidade de gerar mudanças em um jogo permite várias possibilidades narrativas, por exemplo, a capacidade de representar diversas ações de múltiplas formas. Como Murray apresenta no texto *Hamlet no holodeck* (1997), em um romance, ações simultâneas são apresentadas sequencialmente.

Ao ser levado para local adversário os eventos simultâneos são postos como sobreposições e não como acontecimentos paralelos. Em filmes, o programa pode fazer saltos entre acontecimentos, sejam eles curtos ou longos, a edição permite transmitir dois eventos ou mais acontecendo simultaneamente, como na série *24 horas* (2001) onde chegam a transmitir quatro cenas diferentes que estão acontecendo no mesmo intervalo temporal. Quando observamos no computador, pode-se mostrar ações simultâneas no formato de grade, permitindo a navegação do usuário entre elas, com isso temos a expansibilidade do romance e os cortes rápidos dos filmes.

TELEPRESENÇA

Quando falamos em presença, relacionamos com a ideia de estar junto, de se fazer presente em um determinado local ou situação. Com a existência de mundos digitais virtuais perdemos a referência de estar presente como conhecemos e começamos a interagir com a *Telepresença*, comumente conhecida como “se fazer presente virtualmente”. Telepresença, foi um termo introduzido por Marvin Minsky (1980), para enfatizar a possibilidade de operadores humanos sentirem a sensação de serem transportados subjetivamente a um local remoto de trabalho, através de sistemas de teleoperação. (LEE, 2004, p.29)

Com o advento da interação através de ferramentas que possibilitam um alcance sensorial extraordinário, desde um simples telefone, a teleconferência e realidade virtual. O estudo e utilização de técnicas para simular e recriar experiências faz com que a área da *Telepresença* se desenvolva.

De acordo com Schlemmer (2008), atualmente, a presença não se limita a presença física, aonde a pessoa tem de se locomover corporalmente para um

determinado local. Podemos ter novos corpos, como avatares, ícones, entre outros, que nos permitam construir novas realidades, identidades e experiências. Ao ler o texto de Lombard e Ditton (1997), os autores demonstram seis conceitos sobre presença:

- a. Presença como enriquecimento social, onde o sujeito se relaciona de maneira real com outros sujeitos.
- b. Presença como realismo, ou seja, referente a sensação de realidade que o sujeito sente algo como sendo “verdadeiro”.
- c. Presença como transporte, o sujeito se desloca virtualmente alterando noções de posicionamento naturalmente.
- d. Presença como imersão, pode-se encaixar na ideia de imersão perceptiva e psicológica, como vistas em realidade virtual, cinemas IMAX, planetários e simulações. As experiências, sentidos e emoções estão imersos no ambiente virtual.
- e. Presença como ator social no meio, o sujeito se envolve em uma experiência de realidade virtual, sendo possível interagir e vivenciar a situação.
- f. Presença do meio como ator social, se faz necessário um retorno pela interação fornecido pelo próprio meio.

A busca pela satisfação pessoal, as possibilidades dantes desconhecidas, a contraposição de diferentes pontos de vistas e experiências, novas formas de conhecer o mundo e o ser humano tem sido amplamente tratados, demonstrados e discutidos em grandes obras da literatura, artes plásticas, da música e do cinema, e com o advento dos *games*, o homem ganha agora uma nova linguagem artística, com possibilidades ainda mais vastas que as linguagens artísticas já conhecidas. Com o advento dos jogos tridimensionais obtemos mais um fator de grande impacto imersivo. No próximo capítulo iremos explorar essa relação e como a indústria trabalha juntamente com a arte gráfica para aumentar a sensação de presença do jogador dentro do jogo.

CAPÍTULO II

MODELAGEM 3D REALISTA E IMERSÃO

*O seu foco determina a sua realidade.
(Mestre Qui-Gon Jinn)*

Em 25 de maio de 1977 era iniciada uma das maiores revoluções em termos de técnica da indústria cinematográfica. O público e a crítica assistiam a estréia do filme *Star Wars: Uma nova esperança*, primeiro filme da franquia de George Lucas. Os produtores e críticos da época estavam céticos em relação ao produto final a ser apresentado pelo jovem diretor, que filmara em três locais diferentes (Tunísia, Inglaterra e Guatemala) e contara com um orçamento apertado.

Muitos dos técnicos de produção, ainda durante as filmagens em Londres, questionavam os produtores americanos "que filme era aquele, com tantas babaquices e coisas sem sentido", pois o épico espacial idealizado por Lucas ia na contramão das produções da época, mas ia de encontro com um público jovem, leitor de ficção científica e de quadrinhos. O universo fantástico de Asimov, Herbert e Wells agora ganhava um novo componente, que conquistava o público não apenas pelo seu universo fantástico, mas pela narrativa política social construída através das relações apresentadas por jogos de poder.

A necessidade de efeitos visuais, para a construção da narrativa cinematográfica datam dos primórdios do cinema. Georges Méliès, autor de mais de 500 filmes, e criador do primeiro estúdio cinematográfico da Europa, é considerado o patrono dessa arte, que torna real o imaginário, quando na produção de filmes como *Viagem à Lua* e *O Reino das Fadas*, adapta técnicas amplamente utilizadas no teatro para criar ilusões espaciais, além da utilização da edição de imagens, posicionamento de câmeras, da criação do *storyboard*, utilização de maquetes, além de pintar suas obras, para que as mesmas fossem apresentadas coloridas, e assim, gerar veracidade as histórias apresentadas, mas, é com o início da saga *Star Wars* que surge a inserção de elementos gráficos digitais para garantir a veracidade da ilusão imagética apresentada.

Figura 8 - Imagem do filme *Viagem a Lua*, de Georges Méliès (1902).³¹



O universo diatópico, idealizado por George Lucas e Ralph MacQuarrie, é agente detentor de protagonismo durante a narrativa. O deserto de Tatooine, a cidade Imperial de Alderaan, o Senado da República, são locais que desempenham papéis na trama, e trazem consigo uma carga de significações. O universo ficcional agora ganha em possibilidade de movimentos, as ações dos personagens, seus movimentos e suas relações com outros personagens e, os ambientes agora apresentam novas possibilidades narrativas.

Para além do aspecto visual da trama, *Star Wars* apresenta uma estória intrinsecamente política, com situações que facilmente poderiam ser encontradas no dia-a-dia do expectador, o que permite uma identificação por parte deste, e que enseja um olhar mais profundo sob questões como as relações sociais e suas implicações quanto ao sujeito, as relações comerciais entre estados, a corrupção, o amor, a religião, e em última instância, ao próprio indivíduo. Dito isto, podemos perceber de que forma a indústria de entretenimento passou a perceber as inúmeras possibilidades estéticas a partir deste fenômeno. O digital passa agora a exercer função de ferramenta de aprimoramento dos efeitos visuais através do advento das técnicas gráficas tridimensionais. O que antes só era possível através da construção de maquetes e

³¹Figura 8 - Imagem do filme *Viagem a Lua*, de Georges Méliès (1902). Disponível em: <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016.

miniaturas, agora ganha novas formas e aceleram o processo de produção por meio do computador.

Figura 9 - Concept Art para o filme *Star Wars*, de Ralph MacQuarrie (1975)³²



Figura 10 - Deserto de Tatooin. Imagem do filme *Star Wars - A Ameaça Fantasma*.(1999)³³



³²Figura 9 - *Concept Art* para o filme *Star Wars*, de Ralph MacQuarrie (1975). Disponível em: <http://www.starwars.com/>Acessado em: 22/02/2016.

³³Figura 10 - *Deserto de Tatooin*. Imagem do filme *Star Wars - A Ameaça Fantasma* (1999). Disponível em: <http://www.starwars.com/>Acessado em: 22/02/2016.

O surgimento desta técnica vem de encontro com uma das questões filosóficas mais essenciais. A experiência imagética antecede a experiência da linguagem para o ser humano, e nesta reside as sensações, as formas, as cores e as dimensões que moldam a realidade, dos objetos em si mesmos e sua relação com a nossa percepção. A imagem que antes era dada, agora é construída, e impregnada pela espacialidade da produção de cenários e da solidez da representação digital, está ganhando o caráter de real, justamente por possuir em seu símile a complexidade que a natureza possui. O realismo na imagem agora reside na assimilação desta, não pelas semelhanças, mas pelas analogias que esta apresenta.

HISTÓRIA DO DESENVOLVIMENTO DO 3D

Os estudos do campo da tridimensionalidade gráfica digital começam em meados da década de 1970. A Universidade de Utah mostra os primeiros exemplos de computação gráfica com sombra, com um curta animado 3D chamado *A Computer Animated Hand* criado pelos futuros fundadores da *Pixar*, Ed Catmull e Fred Parke. Entretanto, nessa época a imagem tridimensional era algo que somente um programador poderia desenvolver.

Em meados de 1973, George Lucas começa a produzir o primeiro filme da saga *Star Wars*, entretanto, a indústria de efeitos especiais era praticamente inexistente, portanto, para sua realização foi criada a empresa ILM em 1975. Para a produção deste filme de ficção científica, houve a necessidade da criação de espaços e figuras que escapam a realidade cotidiana, no intuito de dar veracidade a mundos e realidades distópicas, houve a necessidade de uma produção em termos visuais que contemplavam na época, figurino, maquiagem e a produção de maquetes e miniaturas, que eram dispostas em frente a cenários com fundo *chroma key*³⁴, e retocadas digitalmente durante a pós produção.

³⁴*Chroma Key* é uma técnica utilizada para remover uma tonalidade ou uma gama de tons de uma cor específica.

Figura 11- Imagem da animação *A Computer Animated Hand* (1972)^{35,36}



Aclamado até hoje, a saga *Star Wars* continha o primeiro uso extensivo da computação tridimensional animada, jamais vista em um filme. Depois do sucesso de bilheteria, foi uma questão de tempo até que as companhias de *software* criassem programas de efeitos especiais e tridimensionais de mais fácil alcance. Com o declínio dos preços de *hardware*, houve um “boom” de formação de *start ups*, e assistimos a criação de empresas como a Autodesk, Alias Research, Wavefront e, a Omnibus – esta se tornando a maior empresa de computação gráfica no mundo.

Kim Davidson e Greg Hermanovic trabalhavam para a Omnibus na época e começaram a criar uma versão beta do programa PRISMS (*Production of Realistic Image Scene Mathematical Simulation*). O que antes era conseguido apenas por meio de programação, agora se torna possível através de uma produção de forma mais visual, pois o programa PRISMS se destacava por conseguir deixar mais automatizado e visível para os artistas. Com o programa PRISMS foram criados os efeitos de filmes gigantescos como *Apollo 13*, *Twister* e *Titanic*.

³⁵Figura 11 - Imagem da animação *A Computer Animated Hand* (1972).Disponível em: <http://www.gettyimages.com/>Acessado em: 22/02/2016.

³⁶Tradução livre do texto da imagem: O filme mostra mão girando, abrindo e fechando, apontando para o observador e por último, *zoom* para o interior da mão.

Figura 12 - Imagem da produção do filme *Star Wars – O Império Contra Ataca*. (1980)³⁷



O tempo de ambos na empresa foi breve, pois após comprar a *Digital Productions* e *Robert Abel & Associates* a companhia entrou em falência. Após o ocorrido, Davidson e Hermanovic criam a empresa *Side Effects*.

CINEMA

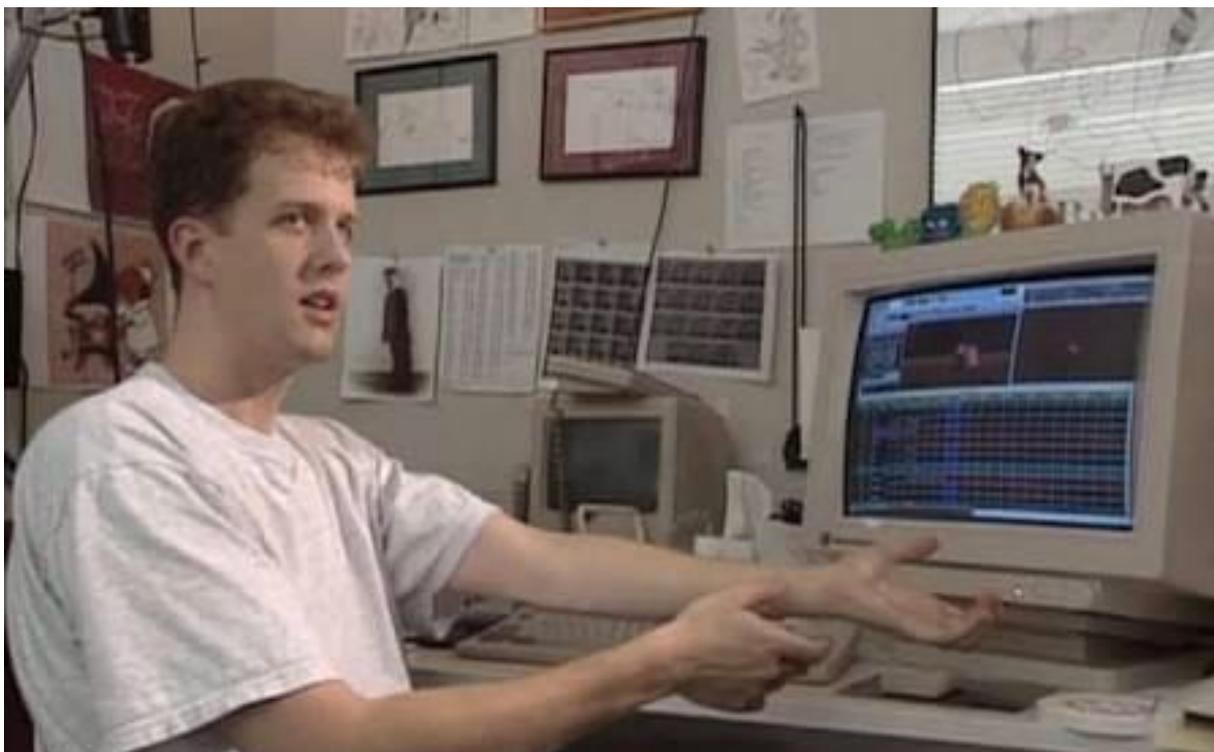
No fim dos anos 1980 e começo dos anos 1990, a corrida para o desenvolvimento tridimensional estava em alta. Em 1994, os softwares da empresa Alias começam a ser utilizados em filmes como *The Abyss*, *Terminator 2*, *Jurassic Park* entre outros. Em 1983, a empresa Wavefront se uni a empresa Alias, o que determinou de forma categórica, os rumos da indústria de software. O desenvolvedor da empresa Chris Landreth, então, dá início ao que se tornaria o programa Maya. Ao lançar a primeira versão beta do programa, testou-o durante a produção do curta *Subconscious Password* para provar a capacidade do software. O programa que viria a se tornar o padrão para a indústria do entretenimento, virou o caro chefe da Alias, o que culminou na paralisação da produção

³⁷Figura 12 - Imagem da produção do filme *Star Wars – O Império Contra-Ataca*. Disponível em: www.starwars.com Acessado em: 22/02/2016.

de seus outros softwares, com o intuito de alavancar a ferramenta. O Maya hoje é o software padrão das principais empresas de efeitos visuais do mercado de entretenimento como a Weta Digital, a Sony Pictures Imageworks, a ILM e a Tippett Studio.

Em 1995, ocorre o lançamento do primeiro filme longa metragem puramente tridimensional, *Toy Story*, criado pelos estúdios Pixar, que haviam fechado um acordo com a Disney para a produção de 3 longas metragem de animação. *Toy Story* foi recorde de bilheteria em seu ano de lançamento, assim como sucesso de crítica, o lucro do longa permitiu que a empresa pudesse investir em tecnologia de software de desenvolvimento, na criação dos programas RenderMan e Marionette.

Figura 13 - Pete Docter, Animador da Pixar, durante o processo de produção do filme *Toy Store* (1994)³⁸



O ano de 1997 é marcado com o filme mais caro da época. *Titanic* custou duzentos milhões de dólares e precisou de mais de quinhentos efeitos visuais para recriar o desastre. O diretor James Cameron comandou uma equipe que foi até os

³⁸Figura 13 - Pete Docter, Animador da Pixar, durante o processo de produção do filme *Toy Store* (1994). Disponível em: <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016.

destruções do navio e fez vastos estudos para que fosse possível recriar, não apenas em estúdio para as filmagens, mas também para a pós-produção. O diretor de arte, Peter Lamont, trabalhando conjuntamente com a produtora Digital Domain, recriou o naufrágio a partir da utilização de uma maquete digital sob a qual eram incluídos os efeitos de água e fumaça, também foram necessários o escaneamento dos rostos dos figurantes para a produção de *motion capture*, assim como a utilização de tela verde para a produção das imagens onde a água inundava as diversas partes do navio. Praticamente 90% do filme era composto de CGI.

Já o ano de 2001 era marcado pela produção do primeiro personagem humano produzido digitalmente. No filme *Final Fantasy*, de Hironobu Sakaguchi, a personagem Aki Ross chama a atenção pelo nível de detalhamento atingido pela produção. O filme não chamou a atenção do público ou da crítica, fato que impulsionou a fusão da empresa Square, produtora do filme, com sua rival Enix.

Figura 14 - Personagem Aki Ross, do longa metragem *Final Fantasy*. (2001)³⁹



³⁹Figura 14 - *Print Screen* de tela do filme *Final Fantasy*. (2001).

O ano de 2004 é marcado pelo lançamento do primeiro filme feito inteiramente com *motion capture*. O filme, *O Expresso Polar*, de Robert Zemeckis, contava com a atuação de Tom Hanks no papel de 5 personagens diferentes, todas produzidas a partir da captura de imagem e produzidas por computação gráfica. O filme não agradou a crítica, que não estava preparada para o impacto dos personagens totalmente digitalizados, que foram considerados poucos expressivos. O avanço tecnológico permitiu que novas produções como, *O Senhor dos Anéis* de Peter Jackson, e *Avatar* de James Cameron, conseguissem efeitos melhores nas expressões de seus personagens e assim, uma melhor recepção de crítica e público.

Figura 15 - O ator Tom Hanks, durante a produção do filme *O Expresso Polar* (2004)⁴⁰



TRIDIMENSIONALIDADE GRÁFICA

Um dos primeiros jogos a utilizar de gráficos interativos (CGI) foi o jogo *Tennis ou Pong* (1972). Após o lançamento dos primeiros *games* que utilizavam dessa tecnologia, a área de desenvolvimento de *hardware* obteve um investimento de grandes proporções. Em 1959, foi criado o TX-2 que detinha diversas interfaces homem-máquina, entre elas, uma caneta especial com a finalidade de auxiliar na produção de desenho diretamente em programas de computador, assim como, o *Sketchpad*, software criado por Ivan

⁴⁰Figura 15 - O ator Tom Hanks, utilizando *Motion Capture* para a produção do filme *O Expresso Polar* (2004).Disponível em: <http://www.gettyimages.com>/Acessado em: 22/02/2016.

Sutherland, em 1963 no MIT. O programa permitia criar formas simples no computador, algumas bases de interface criadas por esse programa são utilizadas até hoje, como por exemplo, quando um usuário deseja criar um quadrado, não é necessário que ele crie retas perfeitas a mão, ele simplesmente determina a localização e as dimensões do quadrado, o programa então cria automaticamente um quadrado perfeito.

Em 1961, um estudante do MIT, criou o segundo *vídeo game*, *Spacewar*. Sucesso de público imediato, este foi visto como uma oportunidade às empresas varejistas em termos de distribuição em massa. Não demorou muito para as grandes empresas se interessarem pelos gráficos em computadores, em particular a IBM⁴¹ que rapidamente criou o IBM 2250, o primeiro computador gráfico para uso comercial. Logo em seguida, foi lançado o primeiro console para a televisão, chamado *Odyssey*, criado pela *Sanders Associates*, o console era muito simples e barato, ele permitia aos jogadores “moverem” *pixels* pela tela.

Na Universidade de Utah ocorreu um dos maiores avanços da computação 3D, utilizando uma técnica de ocultação de parte do objeto, as partes de um objeto que não aparecem na tela não são processadas. Uma técnica excelente para a criação de imagens estáticas, como o famoso “bule de Utah”, objeto tridimensional que se torna um ícone do desenvolvimento de *CGI*. Além disso, é criado em 1978 o conceito de *Bump Mapping* (um mapa de escala tonal branca e preta) que permite a criação de superfícies desiguais, promovendo um aspecto com mais relevo de detalhes no objeto.

Em 1980, se inicia a comercialização de *CGI*, e com isso, um crescimento exponencial da influência dos *Games* na cultura *pop* mundial. Começam as revoluções gráficas com os jogos da Nintendo, com o console Famicom (Ou como ficou conhecido mais tarde como *NES*), onde os jogos passam a ser em *8bits* e em cores simples, lançando franquias famosas até hoje como, *Mario* e *Donkey Kong*.

⁴¹ Em 1896, Herman Hollerith, cria a *Tabulating Machine Company*, que introduz a novidade de trocar os papéis perfurados por cartões(máquinas elétricas capazes de somas e contagens de dados, representados por papel perfurado). Estes cartões se tornariam o elemento base das máquinas IBM para processar dados. Em 1911, duas outras empresas são fundadas, a Time Recorde Co. e a Computing Cale Co. e assim, se unem a empresa de Hollerith formando a Computing Tabulating Recording Co. Em 1924 a CTR muda de nome para Internacional Business Machines, a atual IBM.

Figura 16 - Bule de Utah. Utilizado até hoje para referencia de material e *shaders*.⁴²



Para concorrer com a crescente Nintendo, a SEGA lança o *MegaDrive*, primeiro console que utilizava *16bits*. Dando continuidade a essa corrida tecnológica, a Nintendo lança o *Super NES*, criando jogos de qualidade gráfica nunca vistos anteriormente.

Não demorou muito para a entrada de outras empresas concorrentes como a Sony, já lançando jogos de grande aspecto visual. Sem grande repercussão, a SEGA tenta lançar o *Saturn*, console de *32bits*.

Infelizmente para a empresa, logo depois do lançamento do console, a Nintendo anuncia o seu mais novo console, o Nintendo 64, que obviamente continha gráficos de *64bits*. A Sony lança o Playstation para concorrer com os jogos da Nintendo e a empresa SEGA sai da batalha dos consoles se tornando uma *third party* (empresa que produz jogos para outras plataformas de outras empresas).

A batalha entre Sony e Nintendo aumenta o desenvolvimento do *hardware* voltado aos consoles. A arquitetura dos consoles vai ficando cada vez mais parecida com a dos

⁴²Figura 16 - Bule de Utah. Disponível em: <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016.

computadores. Na busca por modelos mais realistas, para jogos mais realistas, é necessário perceber a importância de todos os aspectos visuais do jogo, pois, até mesmo uma folha de uma árvore colocada com um material (*shader*) diferente faz essa realidade se quebrar.

Figura 17 - Print Screen de tela do jogo *Super Mario 64* para console *Nintendo 64*. (1996)⁴³



Na busca por esse realismo, pesquisadores e desenvolvedores de jogos tentam criar novas formas de recriar a sensação visual de cada objeto utilizando-se das mais diversas técnicas. Os modelos tridimensionais são compostos por planos vetoriais comumente chamados de *mesh* ou malha. Cada plano consiste de no mínimo, três bordas e três pontos, esses modelos representam um corpo físico em um espaço tridimensional, conectado por diversas linhas e triângulos.

O primeiro console a utilizar gráficos 3D foi o *Super Nintendo* em 1993, o *hardware* permitia criar polígonos simples e formas coloridas. Com o jogo *Star Fox*, fora criado o primeiro jogo para console com gráficos realmente tridimensionais. Um ano depois, a

⁴³Figura 17 - Print Screen de tela do jogo *Super Mario 64* para console *Nintendo 64*. (1996).

Sony lança o *PlayStation One*, o *hardware* já possibilitava o uso de texturas, imagens que complementavam os polígonos e até a reflexão de luz, tornando os modelos mais detalhados. Com jogos como *Bandicoot*, *Resident Evil* e *Silent Hill*, o qual os personagens eram em 3D, mas o cenário era em imagens estáticas, e era possível criar a ilusão de um mundo tridimensional completo.

Figura 18 - *Print Screen* de tela do jogo *Bandicoot* para *PlayStation One* (1995).⁴⁴



Em 1996, a Nintendo lança o *Nintendo 64*, o console foi projetado para suportar jogos inteiramente tridimensionais, graças ao uso de cartuchos, era possível um carregamento mais rápido das cenas, melhores texturas e maior número de polígonos. Com isso, a Nintendo pode trazer diversos jogos inteiramente tridimensionais como *Super Mario 64*, *The Legend of Zelda: Ocarina of Time* e *Donkey Kong 64*.

⁴⁴Figura 18 - *Print Screen* de tela do jogo *Bandicoot* para *PlayStation One* (1995).

No ano de 1998, a Sega lança o *Dreamcast*, cuja maior qualidade era fornecer um *Anti-Aliasing* considerável, ou seja, conseguia reduzir os serrilhados dos modelos tridimensionais tornando-os mais lisos.

Em 2000, a Sony lança o *PlayStation 2*, com gráficos muito parecidos com o do *Dreamcast*, conquanto em 2001, começaram a ser lançados jogos com muito mais polígonos e, portanto, mais qualidade gráfica como *God of War*, *Shadow of the Colossus* entre outros. A Nintendo lança em 2001 o *Game Cube*, um console poderoso na parte de gráficos tridimensionais e o primeiro console a usar Pixel Shaders e efeitos de pós-processamento.

No final do ano de 2001, a Microsoft lança o seu próprio console, o *Xbox*, que tinha como vantagem a utilização do *DirectX*, uma arquitetura de programação para processamento gráfico, até então somente utilizado nos computadores à otimização da placa gráfica para o sistema operacional *Windows*. Essa semelhança facilitou o trabalho dos desenvolvedores que já desenvolviam jogos para computador, pois não tinham de aprender uma programação diferente especificamente para esta plataforma, portanto, era possível chegar a uma qualidade muito próxima da obtida nos computadores pessoais sem grande esforço.

Figura – 19 Console *Xbox*, Microsoft (2001)⁴⁵

⁴⁵Figura – 19 Console *Xbox*, Microsoft (2001).Disponível em: www.gettyimages.com Acessado em: 22/02/2016.



ASPECTOS TÉCNICOS

Um dos campos responsáveis pelo atual desenvolvimento tecnológico em grandes áreas artísticas como a animação e os *games* é a *Computação Gráfica* (CG). Esta área, comporta atividades tais como: modelagem, criação, manipulação de imagens, renderização, conversão de cenas em imagens, cálculo para processamento de imagens, iluminação, criação de materiais, animação entre outros. Entre suas inúmeras aplicações, podemos citar sua contínua utilização em projetos de arquitetura,

pinturas digitais, design amigável ao usuário aplicado aos *softwares* interativos, processamento de imagem, simulações, etc. A computação gráfica tem passado por uma metamorfose dinâmica e acelerada, que começa com computadores cuja linguagem é textual e as imagens são pixelizadas, indo de encontro com a produção de imagens de alta qualidade, fotorrealistas ao 3D.

Em 1950, quando surge, seu visual é primordialmente tipográfico e catódico, e as imagens eram produzidas através de uma justaposição de caracteres claros e escuros. Já em 1960, começam à ser produzidas as primeiras interfaces gráficas interativas, o público neste momento enfrenta o problema de custo de produção e acessibilidade destas máquinas. No início dos anos 1970, a produção começa a usar telas *bitmap*⁴⁶, embora a capacidade gráfica seja ainda, muito simples. Em meados da década de 1980, a interface gráfica é feita a partir de imagens bitmap e pixel⁴⁷.

Os custos dos computadores diminuem drasticamente. Na década de 1990, ocorre a introdução do VGA⁴⁸ e SVGA⁴⁹, e agora o computador pessoal pode facilmente exibir imagens e filmes fotorrealistas. Renderizações de imagem 3D tornam-se os principais avanços deste período e o estímulo a criação de aplicativos gráficos com prioridade na produção cinematográfica ganham força. A partir dos anos 2010, entramos na fase de criação e implementação de dispositivos de realidade virtual. Há a necessidade de um maior desenvolvimento de instrumentos imersivos ligados a computação gráfica que permitam uma maior experiência sensorial por parte dos usuários, ainda que o carro forte dos avanços tecnológicos esteja na produção de imagens de alta qualidade.

Para além do desenvolvimento de técnicas de computação gráfica com vista numa melhor experiência interativa nos novos meios de entretenimento, vemos também novas aplicações dessa tecnologia em outras áreas, como a médica e a laboratorial, a fim de auxiliar pesquisadores e cientistas no desenvolvimento de seus experimentos.

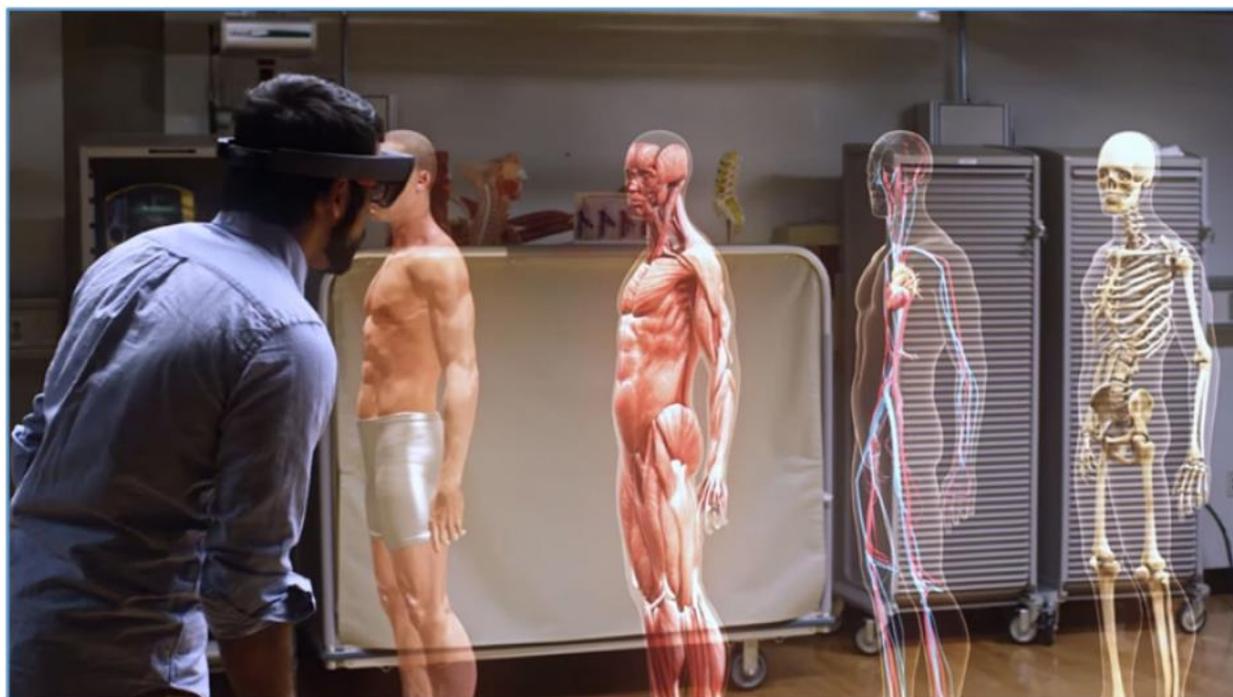
⁴⁶Bitmap: Imagens que contêm a descrição de cada pixel através de um conjunto de bits, em oposição aos gráficos vetoriais.

⁴⁷Pixel: É o menor ponto que forma uma imagem digital.

⁴⁸VGA: *Video Graphics Array* é um padrão de transmissão de dados gráficos de computadores introduzido em 1987 pela IBM.

⁴⁹SVGA: *Super Video Graphics Array*, é uma denominação genérica que cobre uma ampla gama de padrões de placas de vídeo para computadores.

Figura 20 - Um dos usos da realidade virtual para a área médica.⁵⁰



A computação gráfica nasce da necessidade da conversão de dados em imagens que atendam a necessidade do usuário. Quando as necessidades dos usuários e das instituições de pesquisas se unem as inovações tecnológicas, temos um maior desenvolvimento de novas representações geométricas tridimensionais, na criação de novas estratégias de visualização e colaboração em ambientes virtuais interativos, na projeção de sistemas de *softwares* que permitem uma ampla gama de formatos de exibição e em multiplataformas.

A necessidade de uma melhor representação de objetos tridimensionais está no cerne da computação gráfica desde o início do seu desenvolvimento. Os objetos aos quais estamos expostos continuamente em nosso cotidiano tem uma forma particular e modificam o espaço em que estão inseridos, possuem superfícies externas muitas vezes não transparentes ou translúcidas, variam em forma, textura e cor. Estes aspectos têm sido trabalhados nesta área de forma progressiva através de algoritmos, que são parte da ferramenta utilizada na programação e desenvolvimento de *software*. A maior parte

⁵⁰Figura 20 - Um dos usos da realidade virtual para a área médica.Disponível em: www.gettyimages.com
Acessado em: 22/02/2016.

dos algoritmos são produzidos de forma a gerar objetos de maneira mais eficaz e rápida, a partir de dados como a posição e a forma, muitas vezes, restringindo sua aplicabilidade pela falta de informações.

Como a quantidade de dados necessários para determinar a posição de cada ponto da superfície de um objeto que é muito grande, temos que fazer algumas suposições simplificadoras. A escolha destas simplificações irá decidir a forma da estrutura de dados usada para armazenar estes objetos e também vai limitar a escolha do algoritmo. É importante perceber que não há nenhum algoritmo único, que funciona igualmente bem em todos os processos e níveis de desenvolvimento.

A importância de ressaltar tais aspectos da recente história do desenvolvimento das imagens digitais (CGI⁵¹) é necessária a medida que nossa investigação aponta uma nova utilização destas ferramentas em linguagens antes ignoradas por seus predecessores. Hoje, um dos principais objetivos dos produtores e diretores de *games* e animações de efeitos especiais é a produção de imagens com altos níveis de realismo. A computação gráfica volumétrica assume atualmente um papel chave na produção de imagens com capacidade de imersão total, aspecto fundamental na construção de mundos virtuais.

Na busca por esse realismo, pesquisadores e desenvolvedores de jogos tentam criar novas formas de recriar a sensação visual de cada objeto utilizando-se das mais diversas técnicas. Os modelos tridimensionais são compostos por planos vetoriais comumente chamados de *mesh* ou malha. Cada plano consiste de no mínimo três bordas e três pontos, esses modelos representam um corpo físico em um espaço tridimensional, conectado por diversas linhas e triângulos.

⁵¹ CGI:imagens geradas via computador.

Figura 21 – O ator Brad Pitt durante a produção do filme *O Curioso Caso de Benjamin Button* (2008).⁵²

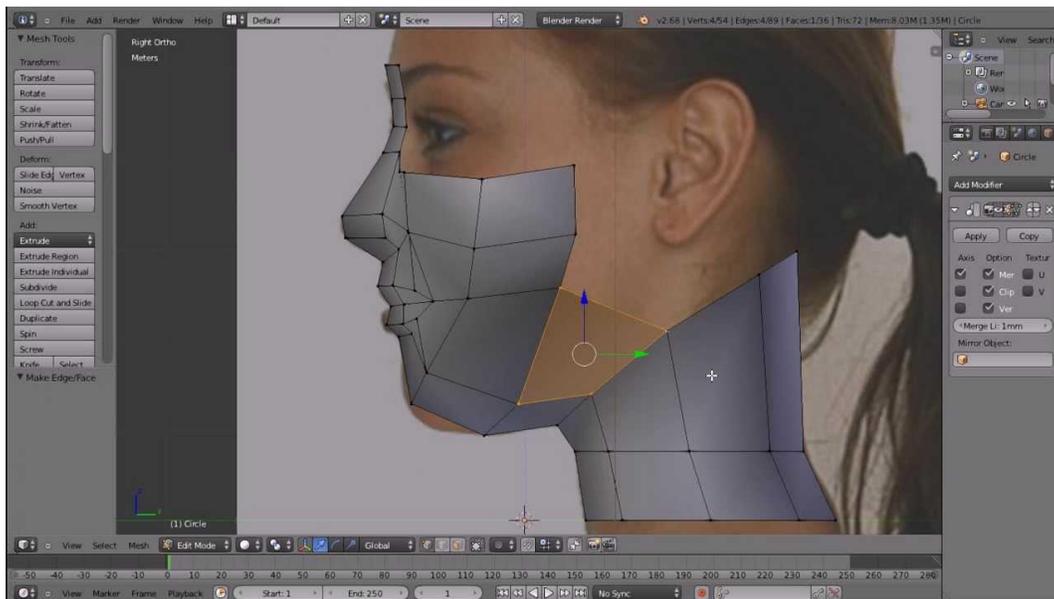


Quase todo modelo tridimensional pode ser dividido em duas categorias, modelo orgânico e inorgânico, o primeiro representa objetos que tem vida ou que sejam animados causando uma distorção da sua forma original; árvores, pessoas e animais. Objetos inorgânicos são todos os objetos que mantêm sua estrutura base, como uma pedra ou um copo.

Além disso, estas duas categorias podem ser divididas em duas subcategorias cada uma. Uma delas é o objeto sólido, ou seja, deve-se definir o volume que ele representa. São objetos mais realistas, mas mais difíceis de criar. A outra forma de objeto tridimensional é a de aparência de superfície. Estes são muito mais leves de trabalhar pois não exigem um tratamento volumétrico. Por esse motivo, esses modelos são usados em jogos e filmes. Para a modelagem existem três modos de produção; modelagem poligonal, que consiste em estender e controlar cada ponto que compõe um modelo;

⁵²Figura 21 - Brad Pitt durante a produção do filme *O Curioso Caso de Benjamin Button* (2008), cujo personagem era produzido 100% em 3D a partir de expressões do ator. Disponível em: <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016.

Figura 22 - Modelagem ponto a ponto realizado no programa Blender.⁵³

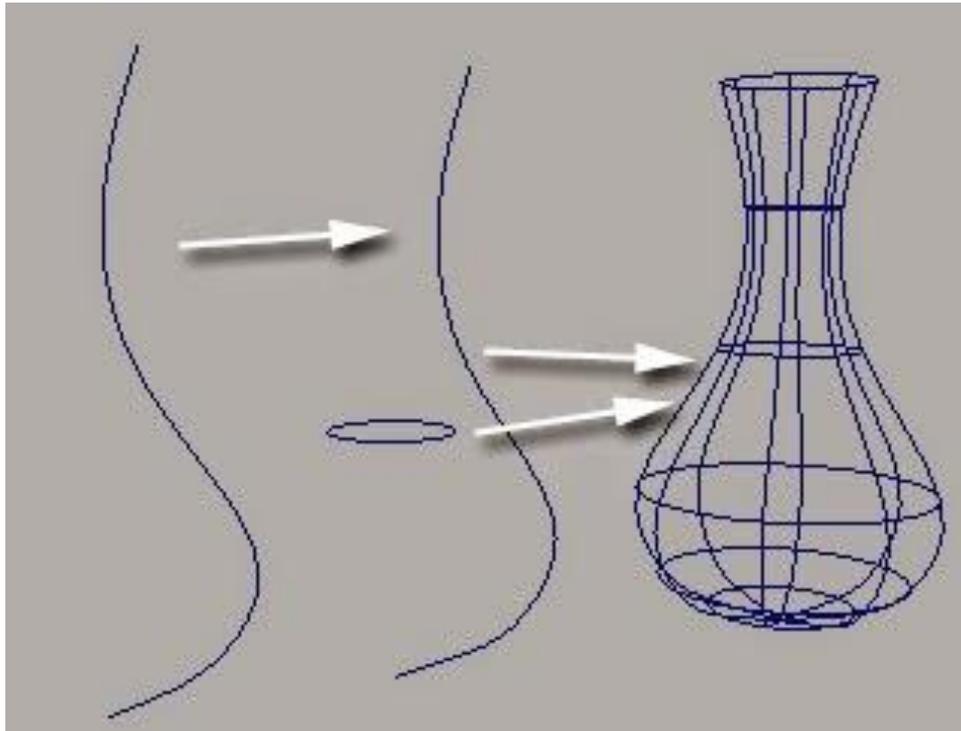


A modelagem em curvas ou *NURBS*⁵⁴;

⁵³Figura 22 - Modelagem ponto a ponto realizado no programa Blender. Disponível em www.gettyimages.com Acessado em: 10/06/2016.

⁵⁴*NURBS*: Nonuniform rational B-spline (modelo matemático para gerar uma curva a partir de pontos e retas).

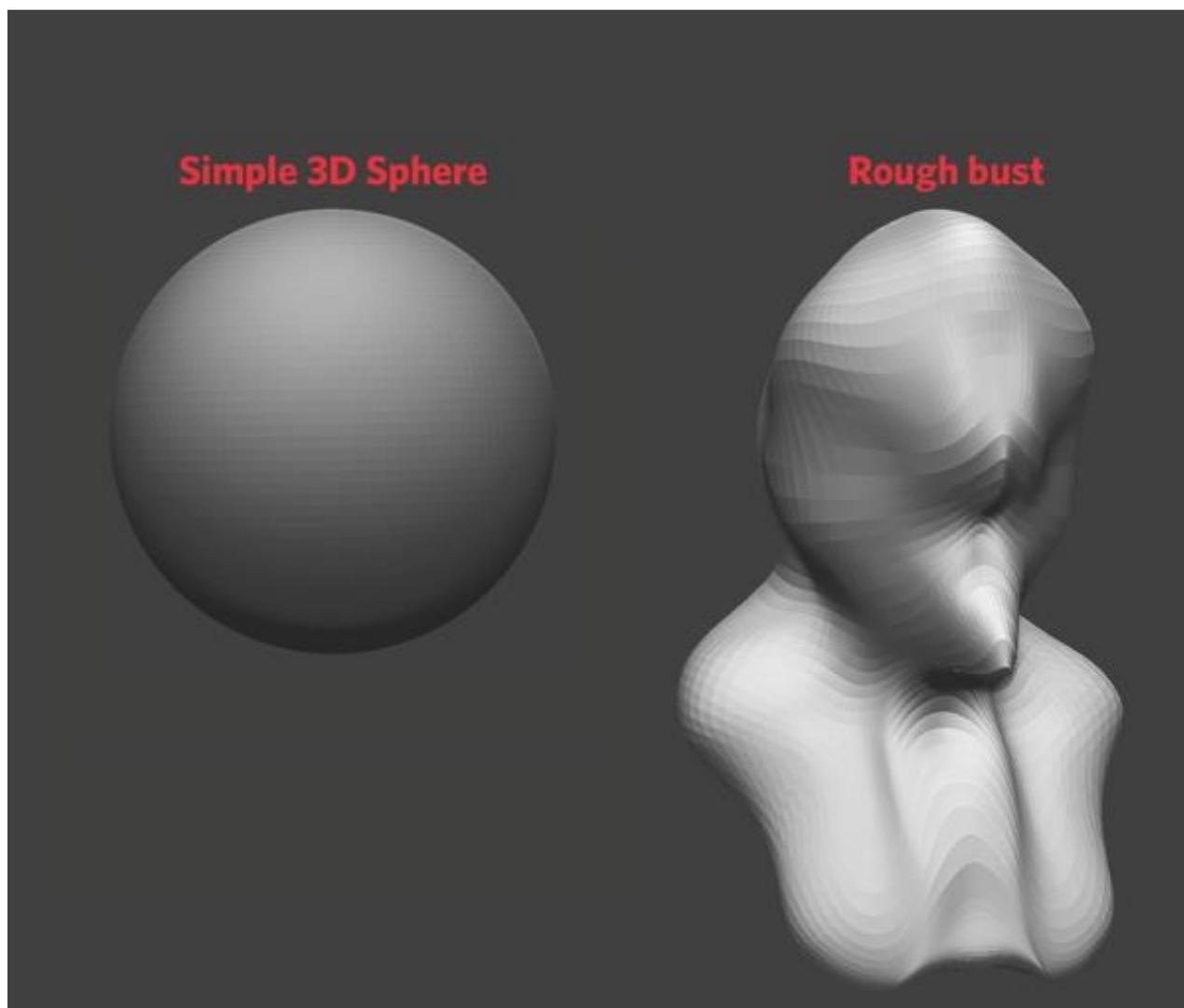
Figura 23 - Modelagem em curvas.⁵⁵



Também temos a escultura digital, que consiste na reprodução em argila virtual, onde o modelador dispõe de ferramentas parecidas com as que ele pode encontrar na realidade para esculpir seu modelo sem se preocupar com cada face da malha tridimensional.

⁵⁵Figura 23 - Modelagem em curvas. Disponível em www.gettyimages.com Acessado em: 10/06/2016.

Figura 24 - Modelagem como escultura digital.⁵⁶



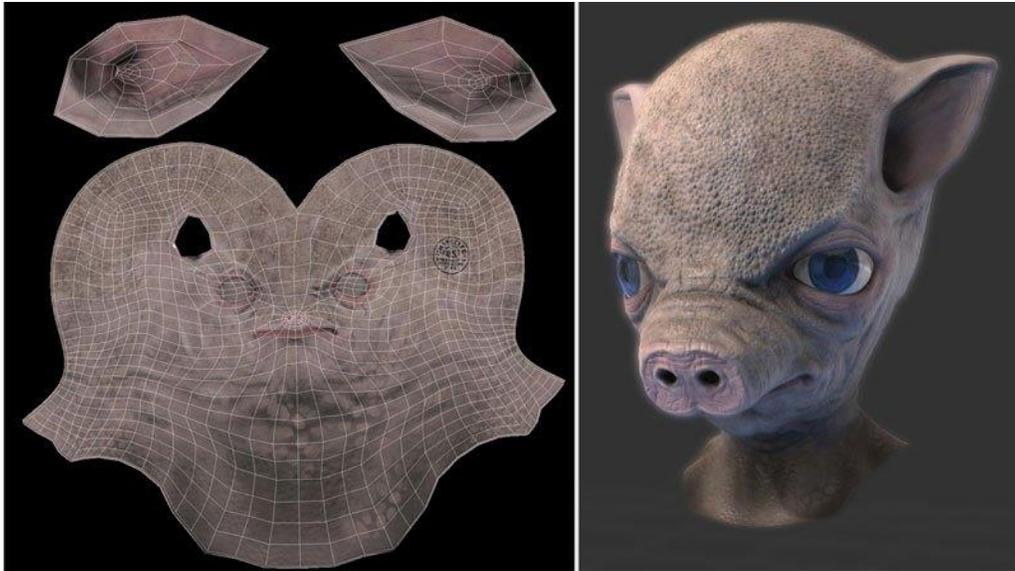
Além da modelagem, quando falamos em tentar alcançar uma imagem realista temos que referenciar aos tipos de mapas de representação que devem estar presentes no próprio modelo como:

O mapa de cor;

Figura 25 –Modelo referencial para mapa de cor.⁵⁷

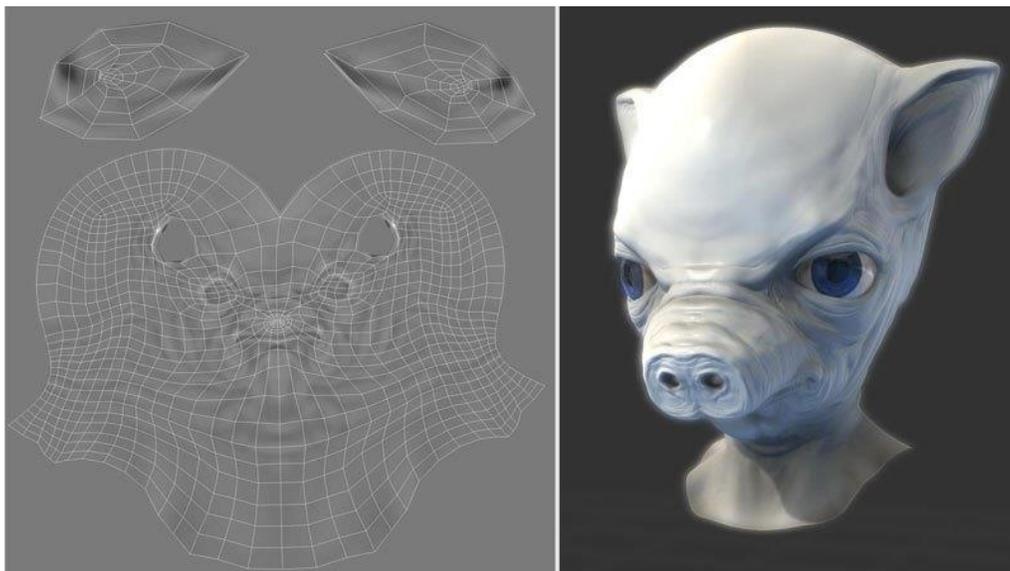
⁵⁶Figura 24 - Modelagem como escultura digital. Disponível em <http://www.gettyimages.com/>Acessado em: 10/06/2016.

⁵⁷Figura 25 - Modelo referencial para mapa de cor. Disponível em <http://www.gettyimages.com/>Acessado em: 10/06/2016.



O *bump map* (que confere a sensação de superfície desigual);

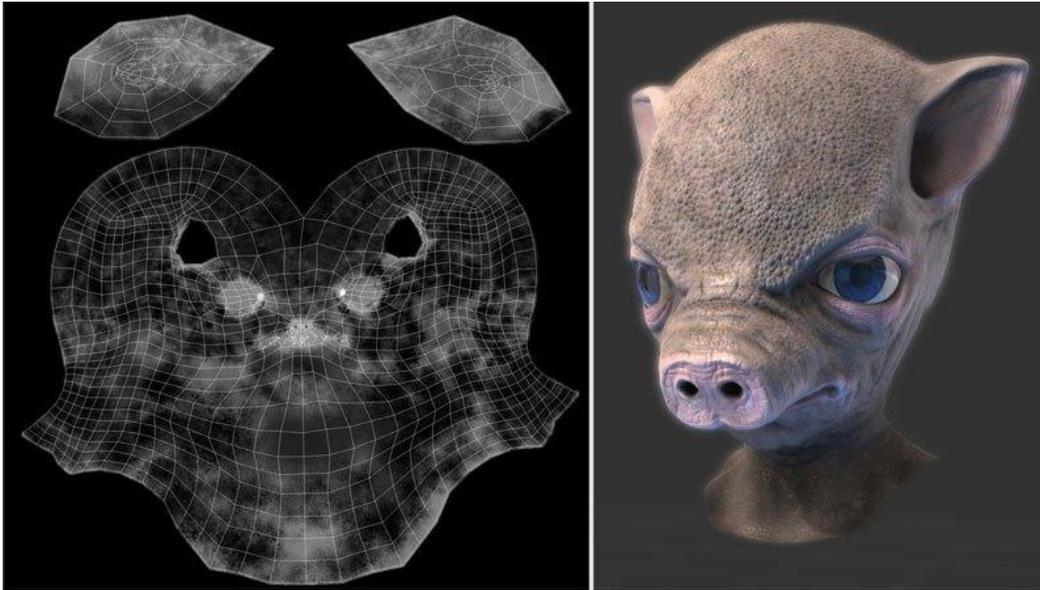
Figura 26 – Modelo referencial para *bump map*.⁵⁸



O *specular map* (Define o quanto o objeto reflete o brilho da luz);

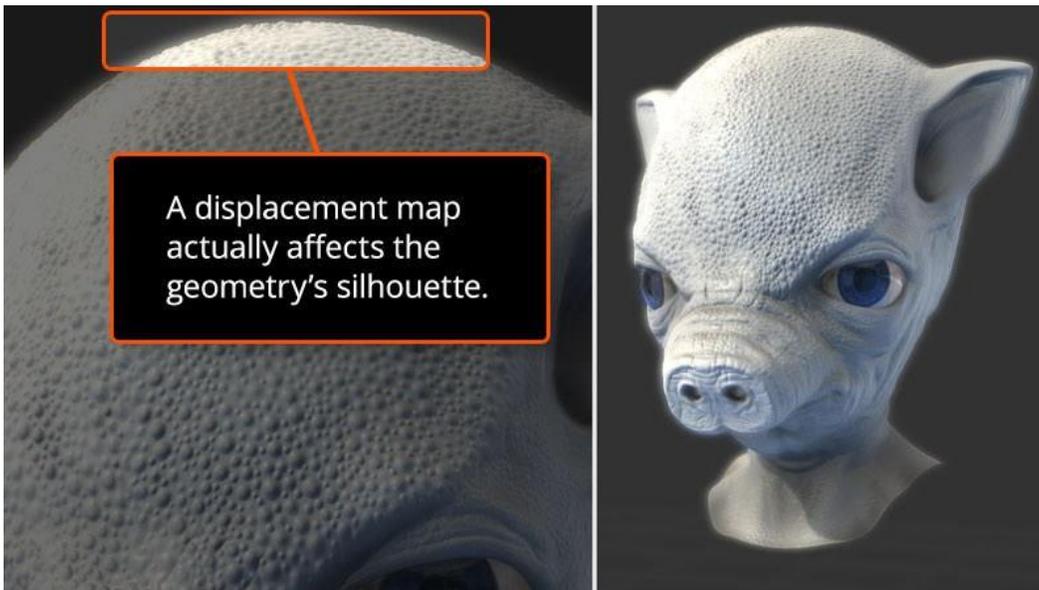
⁵⁸Figura 26 - Modelo referencial para *bump map*. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 10/06/2016.

Figura 27 - Modelo referencial para *Specular Map*.⁵⁹



O *Displacement map* (Gera polígonos através de um cálculo da representação da imagem utilizada como mapa);

Figura 28 – Modelo referencial para *Displacement map*.⁶⁰

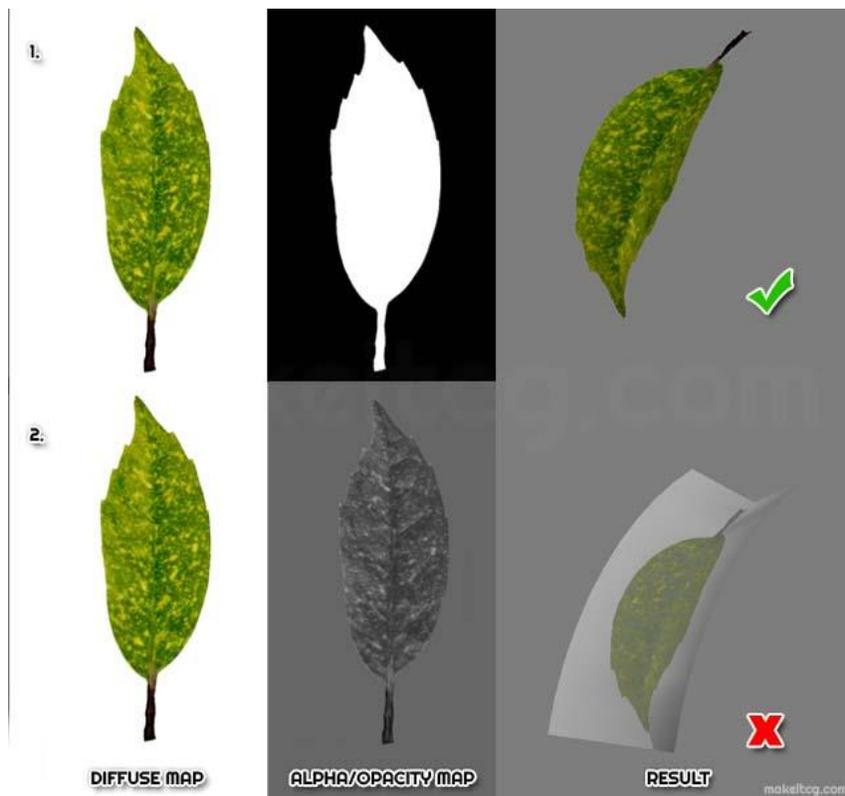


O mapa de transparência;

⁵⁹Figura 27 - Modelo referencial para *Specular Map*. Disponível em <http://www.gettyimages.com/>
Acessado em: 10/06/2016.

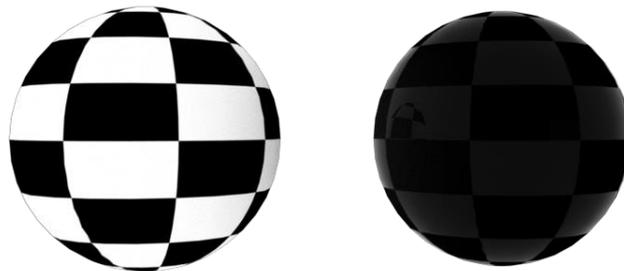
⁶⁰Figura 28 – Modelo referencial para *Displacement map*. Disponível em <http://www.gettyimages.com/>
Acessado em: 10/06/2016.

Figura 29 – Modelo referencial para mapa de transparência.⁶¹



O mapa de reflexão;

Figura 30 – Modelo referencial para mapa de reflexão.⁶²

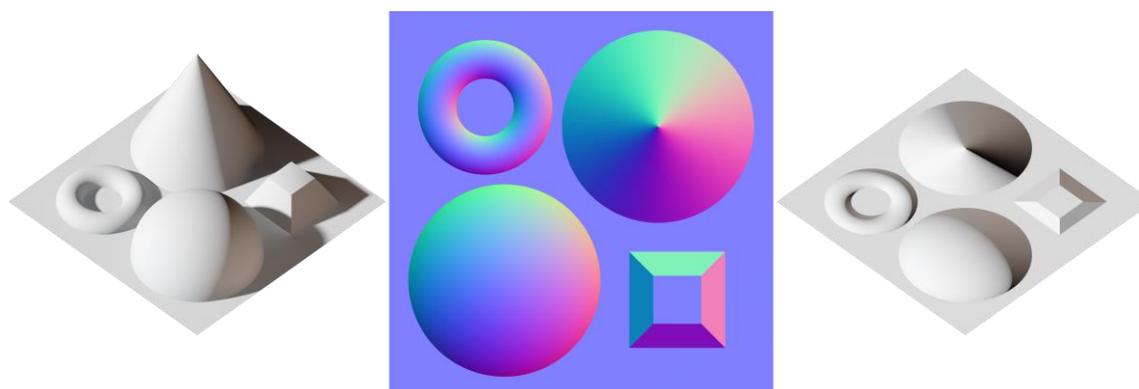


E o *normal map* (Cálculo matemático de entrâncias para efeito da luz e sombra).

⁶¹Figura 29 – Modelo referencial para mapa de transparência. Disponível em <http://www.gettyimages.com/>
Acessado em: 10/06/2016.

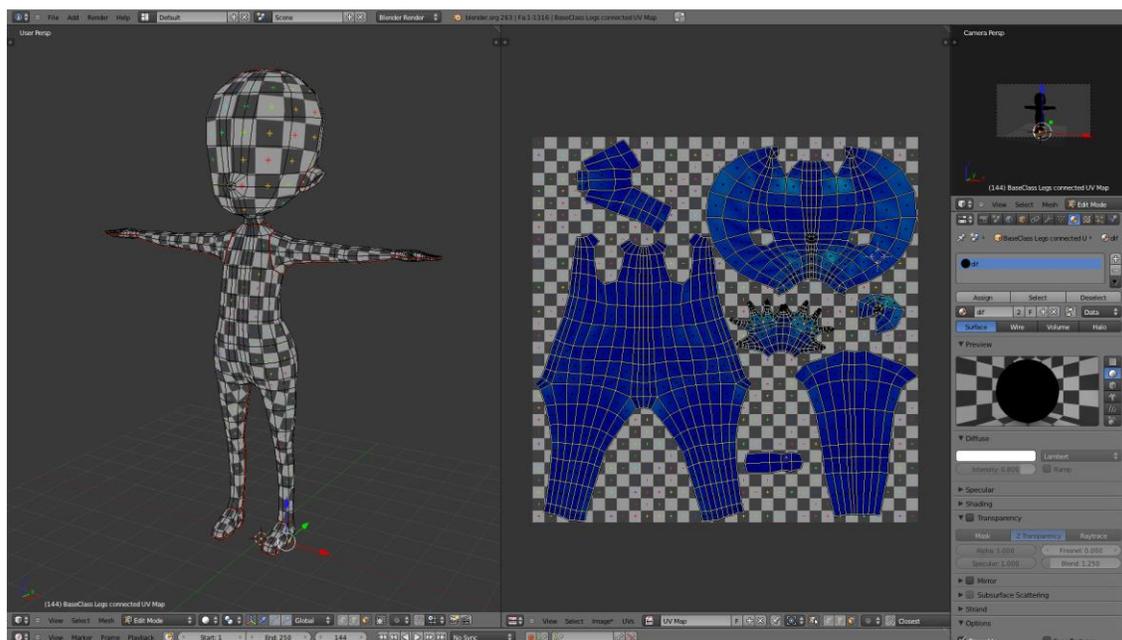
⁶²Figura 30 – Modelo referencial para mapa de reflexão. Disponível em <http://www.gettyimages.com/>
Acessado em: 10/06/2016.

Figura 31 – Modelo referencial para *normal map*.⁶³



Entretanto surge a dúvida, de que forma esses mapas podem ser implementados nos modelos tridimensionais. Para isso é utilizado o *UV map* (Mapa de coordenadas que utilizam os eixos X e Y, ou horizontal e vertical) para fazer uma representação do modelo tridimensional em duas dimensões.

Figura 32- Mapa UV do modelo tridimensional para uma representação bidimensional.⁶⁴



⁶³Figura 31 – Modelo referencial para *normal map*. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 10/06/2016.

⁶⁴Figura 32- Mapa UV do modelo tridimensional para uma representação bidimensional. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 10/06/2016.

Ao ser criado o mapa de coordenadas, o modelador utiliza a figura formada como base e com a utilização de um programa de edição gráfica ele pode alterar a imagem para se acomodar ao padrão estabelecido pela UV. Além de todos esses mapas, também é imprescindível trabalhar com os *shaders*, ou materiais, já que é este o que vai definir onde todos os mapas deverão ser usados.

Figura 33 - Tipos de Shaders/Materiais.⁶⁵



3D E IMERSÃO

Desde o momento de seu nascimento, o indivíduo é inserido em um mundo de formas, cores, sensações e estímulos. Este mundo no qual o indivíduo é inserido modifica-o ao longo dos anos, por intermédio de suas experiências, assim como este mundo é modificado por ele a partir de suas necessidades e desejos. Detentor de subjetividade, o indivíduo passa a agregar valor ao espaço que ele habita, e ao interpretá-lo, passa a agregar significado e significância ao que está a sua volta. A medida que o

⁶⁵Figura 33 - Tipos de Shaders/Materiais. Disponível em <http://www.gettyimages.com/>Acessado em: 10/06/2016.

indivíduo interpreta o espaço em que está inserido, este também passa a idealizá-lo ou ainda, a fantasiar com outras possibilidades. É por intermédio da arte, que este encontra linguagens capazes de dar vazão a este anseio por outros mundos possíveis.

Toda a tecnologia que o ser humano utiliza partiu do mundo das ideias, diante da necessidade de resolução dos problemas do dia-a-dia, o ser humano passa a criar ferramentas capazes de suprir suas necessidades, a arte surge como uma dessas vias, de externar ideias, imagens, conceitos. A representação digital não foge a regra, tudo o que o ser humano cria é na verdade uma adaptação de algo que este já tenha visto ou experienciado, tudo é transformação. O mundo imaginário que esta nas cabeças de crianças e adultos, com dragões, cavaleiros, magia, civilizações utópicas e diatópicas existem como uma interpretação de situações existentes, portanto elas são reais dentro da imaginação de quem as pensa. A evolução tecnológica permite, ou, sempre vai em busca dessas ideias, e tenta torná-las tangíveis, possíveis de visualizar ou sentir.

Dentro da história da arte, as linguagens que precedem o 3D são limitadas em termos estéticos, pois as mesmas, como a literatura e a poesia, necessitam um maior investimento por parte do leitor para a criação de espaços. O mesmo necessita utilizar da imaginação para criar os cenários, mesmo que o texto esteja impregnado de descrições. No entanto com as artes pictóricas, o cenário é diferente. A arte não é fixa, ela é moldada pela experiência do indivíduo que a observa. Os quadros necessitam de experiência para serem interpretados, pois cada indivíduo possui sua própria forma de perceber o mundo, o que se reflete no momento da experiência de contato com a arte.

Diante disto, o 3D de certa forma, vai de encontro com as necessidades dos artistas na medida em que esta técnica possui uma maior gama de detalhamento. O artista agora pode dar existência aos espaços e personagens que habitam sua mente, e agora a experiência do expectador ganha nova forma, pois o mesmo se encontra diante de novos mundos com possibilidades outras, escapando a sua realidade.

No cinema de animação, e nos games, o 3D é utilizado como artifício na medida em que a nossa percepção da realidade é tridimensional, condicionando o cérebro a uma melhor aceitação e interpretação da realidade apresentada, tornando o processo de imersão mais agradável. Através da existência dos modelos e de mundos

tridimensionais, os mundos de fantasia e ficção científica, tão aclamados pelos leitores agora ganham forma crível e representativa no mundo “real” do jogador e expectador.

O cinema funciona como uma janela do mundo, que mostra uma perspectiva única. Só é possível ver o que está dentro do plano enquadrado, de acordo com os desejos do diretor. É no plano, onde o expectador recebe as informações, mas precisa emular o que está fora do plano. Os jogos tridimensionais permitem uma ampla visualização a partir do momento em que o movimento da câmera pode ser rotacionado fornecendo a ele uma experiência completa do que está inserido no mundo apresentado.

Como visto anteriormente, de acordo com Janet Murray, o ambiente digital pode ser descrito como um sistema tríade. Com a possibilidade de haver uma imersão maior devido a utilização do 3D como fonte visual, conseqüentemente, o jogador tem uma sensação de agência maior, pois sente que suas ações tem um efeito maior durante a ação do jogar. Ao navegar em um ambiente tridimensional, o jogador tem percursos ilimitados, pode percorrer cenários que não tenham ligação direta com a trama central, ou mesmo, como parte da narrativa do jogo, se apresentando como um desafio a ser enfrentado. Além disso, à possibilidade de um mundo aberto e gigantesco, a pessoa pode desenvolver a sua própria história, não necessariamente se prendendo ao enredo do jogo. Caso, o jogo detenha um mundo aberto, como no caso de jogos exploratórios, o usuário pode decidir nunca seguir o jogo adiante e simplesmente vagar por esse planeta misterioso e novo.

A questão da interação e do protagonismo em relação a obra de arte já foi tema de obras celebres como *Fahrenheit 451*, obra de Ray Bradbury adaptada para o cinema por François Truffaut, e que mostra Julie Christie interagindo com a TV de sua sala como se esta fosse uma das personagens da novela. Na obra *Tron*, do cineasta Steven Lisberger, o personagem Flynn é escaneado e transportado para o mundo virtual onde sua sobrevivência depende de suas ações em relação a esse mundo outro. No clássico *Alice no país das maravilhas* e *Alice através do espelho*, Lewis Carroll já ilustra esse desejo do ser humano de um portal que o permite conhecer um novo mundo capaz de deixá-lo embevecido. O que percebemos no decorrer da história da arte, é que esse desejo vem de encontro com a utilização da linguagem tridimensional na feitura de jogos,

na medida em que a narrativa se distancia da produzida pelo cinema, por alterar as formas de interação e simbiose entre expectador e personagem;

A ideia dominante, e até estereotipada, faz do cinema a imagem fiel, sem outros truques além dos convencionais (em primeiro lugar, a montagem), de uma realidade que deveria ser captada por si mesma através de uma imagem transparente como a de um espelho perfeito. É não dar a devida importância a toda uma parcela de arte cinematográfica, aquela que mais se ocupa das imagens do que de sua fidelidade – das próprias imagens, tal como o cinema, após as outras artes, as inventa e as faz viver. Por mais poderosa que seja a força da impressão da realidade, ao assistir a uma sessão de cinema, à princípio, só me submeto a um fluxo perceptivo, o das manchas luminosas veiculadas pela luz do projetor e materializadas na tela. (AUMONT,2004, p.54)

Com o advento dos *games*, saímos da posição de expectador. Passamos a desempenhar o papel de Alice, que desvenda um mundo de maravilhas através do espelho, muitas vezes, sem uma direção específica, mas pelo puro prazer da exploração.

Figura 34 - Ilustração do livro *Alice através do Espelho*, de Sir John Tenniel (1871)⁶⁶



⁶⁶Figura 34 - Ilustração do livro *Alice através do Espelho*, de Sir John Tenniel (1871). Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 10/06/2016.

CAPÍTULO III

MODELAGEM PROCEDURAL - MODELOS E APLICAÇÕES

Art challenges technology, technology inspires the art
(John Lasseter)

No dia 9 de agosto de 2016, a produtora Hello Games em parceria com a Sony, lançou o jogo *No Man's Sky*⁶⁷ (2016), nesta obra de ficção científica, que era aguardada desde dezembro de 2013, os jogadores são exploradores, inseridos em um universo com cerca de 18 quintilhões (2^{64}) de planetas, todos eles com características próprias e únicas de atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera. O objetivo do jogo é que, através da exploração e mapeamento do universo, o jogador possa chegar ao centro deste, e assim, coletar uma maior quantidade de dados e itens e inserí-lo no Atlas.

Figura 35 - Imagem do jogo *No Man's Sky* (2016).⁶⁸



⁶⁷*No Man's Sky* foi desenvolvido pela *Hello Games*, empresa indie de Guildford, Reino Unido. Link: <http://www.no-mans-sky.com/about/>

⁶⁸Figura 35 - *Print Screen* de tela do jogo *No Man's Sky* (2016).

Durante o anúncio do jogo, no evento *Spike Video Game Awards* em 2013⁶⁹, o CEO da produtora Hello Games⁷⁰, Sean Murray, explicou que o método que os programadores escolheram para a produção do *game*, seria a de *procedural generation*⁷¹, método algorítmico matemático. Todos os elementos do jogo, a geografia, a temperatura, a biodiversidade de fauna e flora, estavam no cerne deste algoritmo de *procedural generation*. Esta técnica, apesar de não ser nova, criou um status *hype* para o jogo, devido a façanha do seu poder de criação – o mecanismo desta ferramenta trabalha através de uma função algorítmica matemática no qual é possível unir todas as leis físicas do universo.

Esta técnica, datada de mais de 30 anos, nasce da necessidade dos desenvolvedores da época, pois devido a limitações de memória nos computadores, não era possível criar jogos com muitos *layouts*⁷² gráficos e objetos tridimensionais de alta qualidade. Apesar de muitos jogos na época utilizarem desta técnica, o que mais se destaca é o jogo *Rogue* (1980).

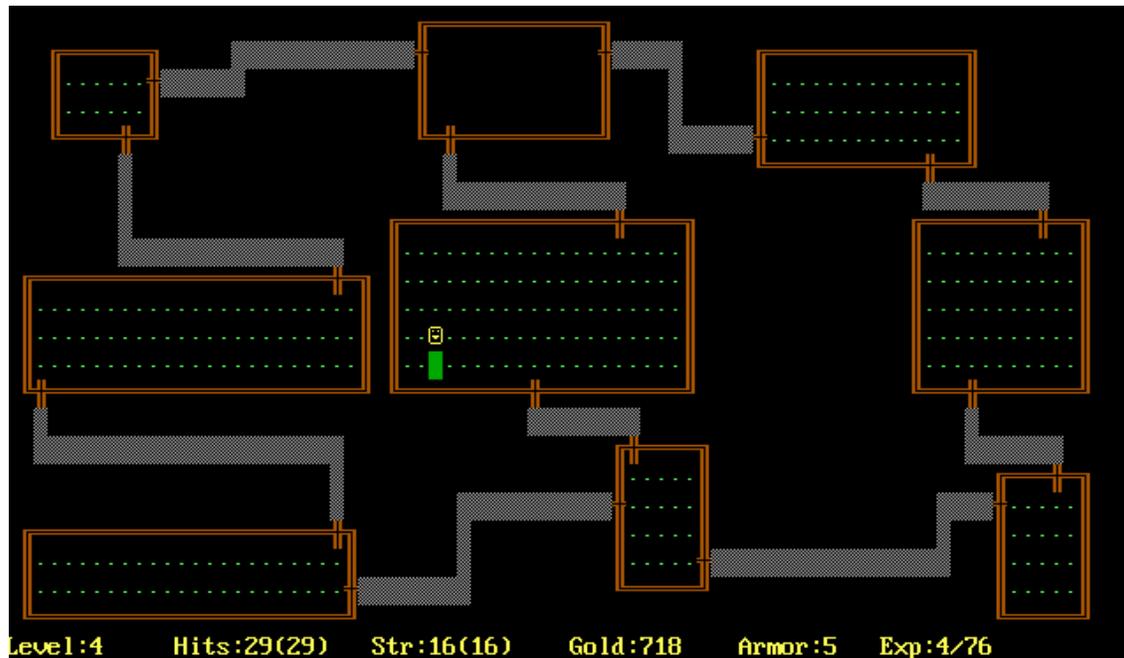
⁶⁹Pode ser observado no site: <http://joguindie.com.br/artigos/hello-games-no-mans-sky/> Acessado em 2/11/2016.

⁷⁰ Empresa independente do Reino Unido, fundada em julho de 2009, conhecida pela série *Joe Danger*. Link da empresa: <http://www.hellogames.org/>.

⁷¹Técnica de criação de conteúdo digital através de algoritmos de programação.

⁷² Disposição dos elementos que são mostrados na tela do computador.

Figura 36 - Imagem do jogo *Rogue* (1980)⁷³



Lançado em 1980, neste jogo, os programadores criaram uma função algorítmica para a produção de cenários e desafios, criando um jogo com inúmeras possibilidades e assim, o jogador dificilmente encontraria a mesma cena duas vezes. Dentre as características que tornam este jogo marcante, e que influenciou na produção de jogos da posteridade, é a utilização de caracteres ASCII⁷⁴ para a criação de elementos gráficos, assim como, a aleatoriedade na geração de layouts de masmorras e a localização de objetos no cenário, que resulta numa experiência de (quase) infinitos panoramas.

⁷³Figura 36 - Print Screen de tela do jogo *Rogue* (1980).

⁷⁴American Standard Code for Information Interchange código binário que codifica um conjunto de 128 sinais: 95 sinais gráficos (letras do alfabeto latino, sinais de pontuação e sinais matemáticos) e 33 sinais de controle, utilizando, portanto, apenas 7 bits para representar todos os seus símbolos.

Ainda na década de 1980, jogos como *River Raid* (1982), lançado para *Atari 2600*, e *Elite* lançado para computador, utilizaram da mesma técnica, para a produção das fases bilaterais assim como para criar oito galáxias, cada uma com 256 planetas.

Mais recentemente o jogo *Minecraft* (2011) provou porque esta técnica tem se mostrado a favorita entre desenvolvedores independentes, pois a mesma se apresenta como uma técnica de baixo custo permitindo aos desenvolvedores construírem jogos repletos de conteúdo, mas sem demandar milhares de horas de trabalho ou muita mão-de-obra, os códigos de programação agora lidam com esta tarefa.

Figura 37 - Imagem do jogo *Minecraft* (2011)⁷⁵



Utilizar de *procedural generation*, ou modelagem procedural como um método de automatização na geração de conteúdos assim como de objetos, salas, cenários, *levels*, ou mesmo um planeta, vai de encontro com os métodos já tradicionalizados na produção de *games*, que consiste na manufatura de modelos e maquetes, na criação de mapas para o jogo, na pintura e no design gráfico. Por outro lado, os jogos que necessitam de conteúdos originais são limitados a um número finito de *levels* ou uma área predefinida de jogabilidade.

⁷⁵Figura 37 - Print Screen de tela do jogo *Minecraft* (2011).

O fator inovador inserido pelos novos criadores de jogos é a junção de dados à função algorítmica. Se antes não era possível desenvolver *games* com riqueza de detalhes por falta de memória e capacidade de geração de qualidade gráfica, hoje já é possível utilizar a capacidade de processamento dos computadores inserindo princípios físico-químicos, ou mesmo dados fictícios a funções algorítmicas, de modo que cada experiência de cada jogador se torne única. Se antes, um jogo seria um conjunto pré-delineado e previsível, agora temos uma narrativa experiencial aberta.

DO DESENHO A MODELAGEM TRIDIMENSIONAL

A utilização de desenhos para representar uma história ou um acontecimento existe desde que o homem desenvolveu a habilidade de representação abstrata. Imagens nas pedras em cavernas pré-históricas demonstravam acontecimentos cotidianos, a caça como tema principal. Com o passar dos séculos, o homem foi refinando sua capacidade de representação pelos desenhos e passa a representar especialmente figuras sagradas, fato visto pelos desenhos que representam os deuses do antigo Egito, e que eram utilizados para ornamentar tumbas e contar a história do imperador falecido.

Durante o renascimento, os artistas começam a utilizar a perspectiva permitindo um arrojamento espacial muito melhor do que se tinha anteriormente. Além da perspectiva, também se obteve um grande avanço do estudo de anatomia e com isso os artistas conseguem dar mais realidade aos seus desenhos e esculturas.

Com o advento da revolução industrial surge a necessidade de criar projeções de modelos de máquinas e equipamentos. Com isso o desenho técnico ganha um avanço significativo para atender a demanda exata de dimensões para a produção.

Com a evolução tecnológica, chegamos a invenção do computador, cujo funcionamento era estritamente baseado na programação, não demorou muito para que se percebesse a necessidade de criar um computador com habilidades gráficas. Com

isso, temos Lisa (1983)⁷⁶, considerado o primeiro computador visual com interface gráfica, portanto não era mais necessário o uso de comandos de texto e sim via ícones.

Figura 38 - Imagem do Computador *Apple Lisa*, da Macintosh (1984).⁷⁷



O resto dessa evolução, já apresentada no capítulo anterior remete-nos aos gráficos utilizados hoje em dia, com modelagens tridimensionais e efeitos especiais capazes de criar visuais muito realistas, entretanto ainda se utiliza de todo o conhecimento que foi aprendido por toda a história para a criação de peças visuais como a perspectiva, a anatomia e diversos conhecimentos pictóricos.

⁷⁶Computador pessoal desenvolvido pela empresa Apple, foi o primeiro computador a ter um *mouse* e uma interface gráfica. Mais informações em: <http://www.dmoz.org/Computers/Systems/Apple/Lisa/>.

⁷⁷Figura 38 - Imagem do Computador *Apple Lisa*, da Macintosh (1984).Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016.

Para se estabelecer uma relação mais aprofundada, ao observarmos como são os processos de criação para uma obra tridimensional podemos perceber todas as etapas da evolução artística, primeiramente são feitos os croquis, ou seja, rascunhos dos personagens sem adição de detalhe para posicionamento inicial e caracterização do mesmo. Como podemos ver no trabalho de Jon Diesta⁷⁸ (2010):

Figura 39 - Concep Art de Jon Diesta, *Monstros S.A* (2010)⁷⁹



⁷⁸Designer que trabalha para os estúdios Disney desde 2006. Link: <http://jondiesta.blogspot.com.br/>.

⁷⁹Figura 39 - Concep Art de Jon Diesta, do personagem Abominável Homem das Neves. *Monstros S.A* (2010). Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016.

Após isso são criados as *concept arts*, como previamente descrito, coloca-se o personagem em uma situação ou paisagem ao qual o artista imagina que possa existir no trabalho final, então se tem a criação de vistas diferentes do personagem, como referência para a modelagem tridimensional, nesse momento a profundidade e anatomia do personagem se tornam de suma importância, pois será necessário planejar a estrutura da malha do objeto para que, no momento em que este for animado não ocorram defeitos. Após a modelagem, é feito o material e textura do personagem se utilizando de uma imagem plana como referência. Precisão é essencial para que não se criem bordas, no momento de criação do personagem, e nas paisagens é feito um estudo de iluminação para criar a atmosfera desejada.

MODELAGEM PROCEDURAL

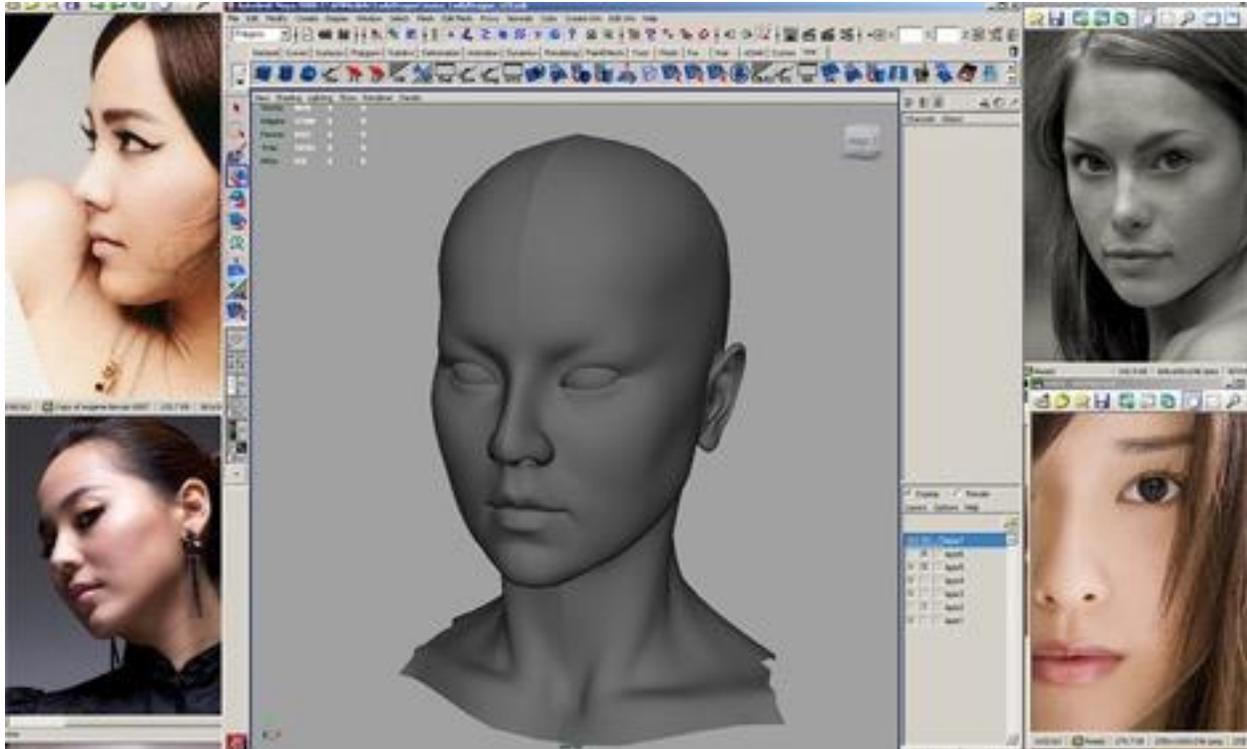
As técnicas para modelagem podem ser divididas em três classes, modelagem interativa, reconstrução por uso de dados do mundo real e modelagens procedurais baseadas em regras. Mesmo que todos esses processos possam levar a um nível de realismo alto, cada um deles apresenta deficiências. Modelos recriadas com dados do mundo real, ou seja, tamanho, largura, aspereza, brilho entre outros, ou criados de modo interativo, copiando mentalmente ou através de imagens utilizando um programa de

modelagem, não reagem com as diferenças do ambiente (neve, tempo seco, vento, etc.), esse aspecto é possível com a modelagem procedural, entretanto, esta se limita muito quanto ao controle do formato e, por ser um trabalho extenso de utilizações de parâmetros numéricos e regras matemáticas para os modelos tridimensionais.

O método de modelagem interativa como apresentado em *3D Art Essentials: The Fundamentals of 3D Modeling, Texturing, and Animation* de Ami Chopine (2011, pg. 21) é geralmente associado a utilização de uma imagem bidimensional ou mais e as transforma em modelos tridimensionais, conhecido também como modelagem tradicional. Essa técnica consiste na utilização de desenhos, de preferência de ângulos de visão diferentes aonde o modelador posiciona os pontos em posições estratégicas do desenho em todas as suas perspectivas adicionando profundidade e forma ao objeto.

Essa técnica permite um maior controle da aparência do objeto, entretanto se for necessário um alto número de criações pode-se ocupar muito tempo na produção e deixar o produto final muito caro.

Figura 40 - Imagem ilustrativa do processo de modelagem com imagens referenciais.⁸⁰



⁸⁰Figura 40 - Imagem ilustrativa do processo de modelagem com imagens referenciais. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016

Além disso, essa técnica é muito intrínseca à habilidade do modelador, dado que muitas vezes o número de referências pode ser extremamente escasso caso o próprio artista não consiga criar suas próprias imagens. Esse problema e sua solução são tratados no texto *Structured Annotations for 2D-to-3D Modeling*, do pesquisador Yotam Gingold e Denis Zorin (2009)⁸¹, da Universidade de Nova York e Takeo Igarashi, da Universidade de Tóquio. Os autores do texto demonstram uma forma simplificada de trabalhar com as formas vetoriais tridimensionais, também conhecidas como primitivos, onde estas são deformadas de acordo com a necessidade do modelador para alcançar o formato desejado.

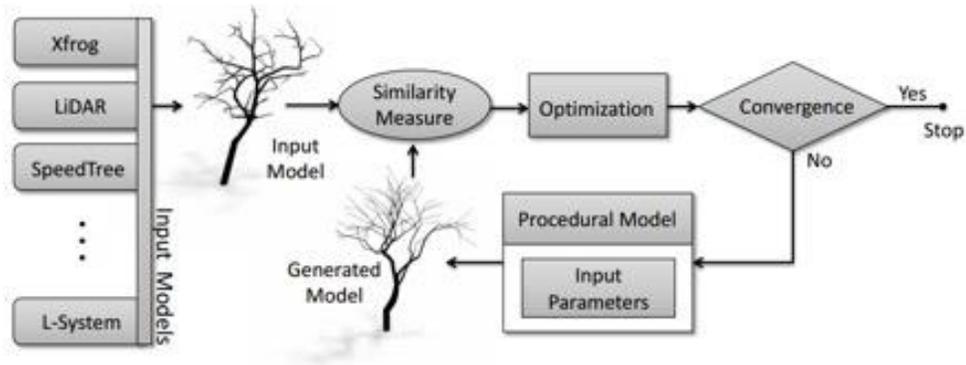
É criada uma base simplificada do objeto e então são criadas partes diferentes uma por vez, sempre obedecendo regras que foram anotadas no desenho quanto a sua estrutura e comportamento, dessa forma, se torna possível a criação de um objeto tridimensional somente utilizando de uma referência bidimensional. Outra ideia, pode ser observada no trabalho dos pesquisadores B. Benes e seus colegas da *Purdue University* (2014)⁸², que demonstraram uma maneira de resolver um problema recorrente na modelagem procedural. Ao automatizar a computação dos parâmetros da modelagem de um determinado tipo de árvore, utilizando valores característicos de uma determinada árvore já previamente trabalhada, assim, uma árvore que tenha sido utilizada anteriormente pode ser reconstruída e ao mesmo tempo, permitir todas as vantagens de uma modelagem procedural ao adicionar novos parâmetros aos que já existiam.

Eles demonstram um *framework* (Demonstração gráfica que une informações entre vários objetos promovendo uma funcionalidade geral) para modelagem procedural inversa de árvores reais. O *framework* promove uma nova modelagem procedural paramétrica que descreve uma grande diversidade de árvores, sendo esta uma forma de comparar as semelhanças entre duas árvores de forma eficiente e um método para determinar automaticamente a inclusão de parâmetros no modelo procedural para uma determinada árvore a partir de modelos pré-existentes.

⁸¹Link: <http://mrl.nyu.edu/~dzorin/papers/gingold2009sa2.pdf>.

⁸²Link para o texto: http://web340.server8.webgo24.de/pirk_info/paper/Stava.etal-2014-InverseModelling.pdf

Figura 41 - Framework para a criação de novas árvores⁸³

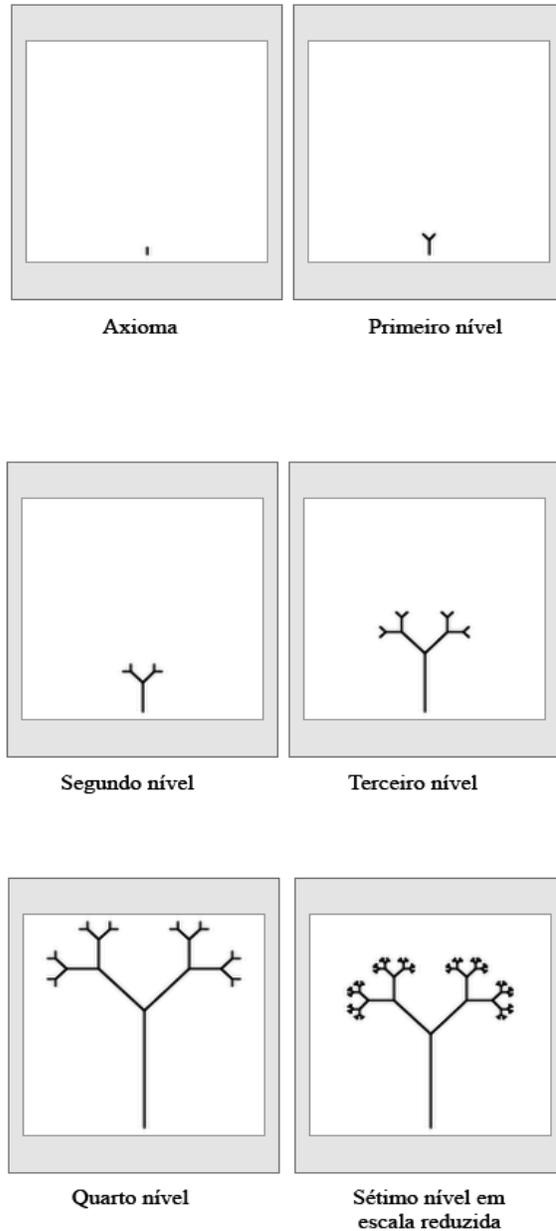


No trabalho *Reconstructing 3D Tree Models from Instrumented Photographs* de Ilya Shlyakhter, Max Rozenoer, Julie Dorsey e Seth Teller (2001), pesquisadores do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, propõem uma técnica híbrida para resolver o problema da reconstrução de uma árvore a partir de um modelo real encontrado na natureza

Figura 42 - Etapas de um sistema L simples proposto por Lindenmayer e Prusinkiewicz.⁸⁴

⁸³Figura 41 - Framework para a criação de novas árvores a partir de um modelo do trabalho *Inverse Procedural Modeling of Trees* (2014, pg.3). Disponível em <https://goo.gl/pqSdJ9> Acessado em: 01/10/2016.

⁸⁴Figura 42 - Etapas de um sistema L simples proposto por Lindenmayer e Prusinkiewicz encontrados no trabalho *Reconstructing 3D Tree Models from Instrumented Photographs*. Disponível em <https://goo.gl/yQPfuz> Acessado em: 01/10/2016.



O método envolve primeiramente a construção da base da árvore (tronco e os galhos maiores) e então é adicionado um *sistema L* por toda essa base. O sistema L foi proposto por Lindenmayer e Prusinkiewicz no texto *The Algorithmic Beauty of Plants* (1968)⁸⁵, no qual consiste em uma linha paralela para reescrever um sistema em que a simulação começa com uma sequência de dados iniciais, chamados de axiomas. Em cada passo da simulação, reescreve-se regras substituindo todos os módulos predecessores pelos módulos

⁸⁵ Link para pdf: <http://algorithmicbotany.org/papers/abop/abop.pdf>

seguintes, deixando até mesmo o mais simples sistema com uma estrutura parecida com a das plantas. Para a realização do processo de reconstrução, são necessários quatro passos: o primeiro consiste em segmentar as imagens da árvore e do fundo. Isso geralmente é realizado manualmente usando um editor de imagens, devido a uma falta de um algoritmo de segmentação automatizado.

Ao ser realizada a segmentação, é formada uma silhueta da imagem original, na segunda etapa as linhas são utilizadas em conjunto com informações de posicionamento para cada imagem para calcular uma *mesh* (malha tridimensional) aproximada da árvore. Após isso, o formato da árvore é trabalhado utilizando um *Visual Hull* (Entidade geométrica criada pela técnica de usar uma silhueta para construção de um modelo 3D. Funciona com a interpolação da extensão de duas silhuetas dando a capacidade de criação de uma profundidade). Após alinhar a forma do modelo tridimensional com base na *Visual hull*, é criado um eixo mediano para se unir a imagem formada pela *visual hull*⁸⁶. Após todo esse processo, é realizado a implementação do sistema L para a geração de galhos secundários e terciários. Podendo então ser proceduralmente criadas as folhas em cada galho menor.

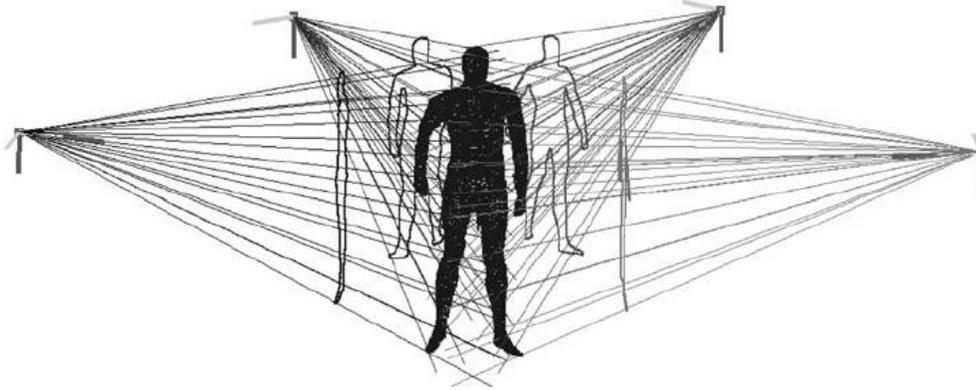
Outra forma de trabalharmos a modelagem a partir de imagens, pode ser visto no trabalho de Ping Tan, Gang Zeng, Jingdong Wang Long Quan (2007)⁸⁷, da Universidade de Ciências e Tecnologia de Hong Kong e Sing Bing Kang do departamento de pesquisa da Microsoft nos Estados Unidos. Os pesquisadores tentam propor uma forma de gerar modelos tridimensionais de aparência natural a partir de imagens fixas.

Figura 43 - Construção de uma forma a partir de suas silhuetas.⁸⁸

⁸⁶ Entidade geométrica tridimensional criada a partir de silhuetas.

⁸⁷ Link para PDF: <http://research.microsoft.com/en-us/um/people/sbkang/publications/treemodeling07.pdf>

⁸⁸ Figura 43 - Construção de uma forma a partir de suas silhuetas. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016.



Eles explicam que as árvores são difíceis de modelar, por conta da sua geometria complexa. A proposta do sistema deles de modelagem é simplificar todo o processo da modelagem.

Figura 44 - Modelagem baseada em figura única para estruturação.⁸⁹



Para tal finalidade eles criaram um sistema baseado em imagens, onde somente é necessária uma câmera manual. Estrutura esta que é utilizada em técnicas de *Motion Capture*⁹⁰(captura de movimento). Utilizando de pontos chave detectadas pelo mecanismo do *Motion Capture* se torna possível o calculo de profundidade, próximo da

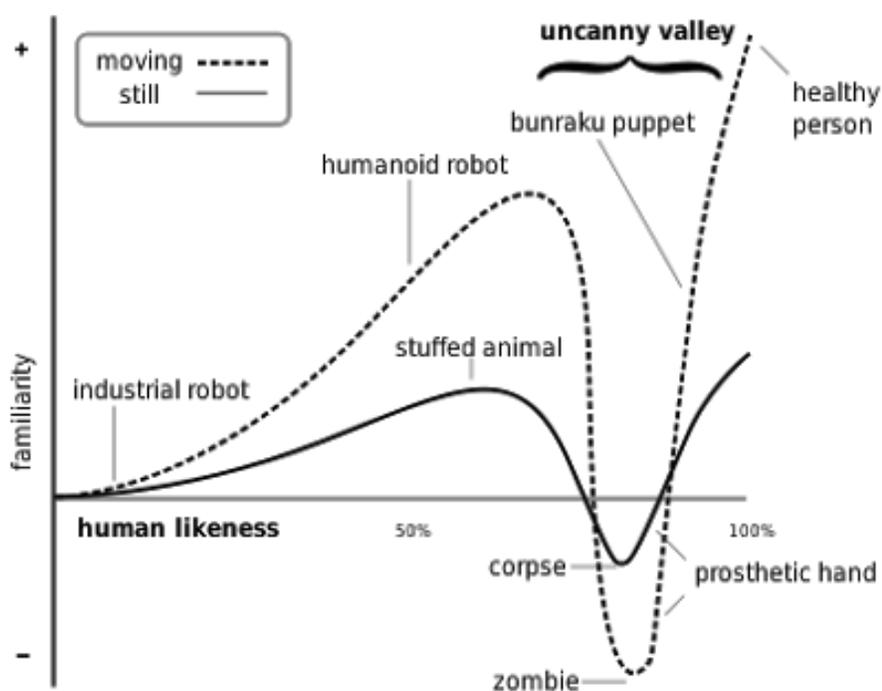
⁸⁹Figura 44 - Modelagem baseada em figura única para estruturação. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016.

⁹⁰Processo de capturar de movimento de um ser real e de processamento digital, através de câmeras capazes de captá-los para animar um personagem tridimensional.

estereoscopia que nosso cérebro realiza naturalmente para criar a percepção de distância.

Pensando na proposta de Masahiro Mori (1927-2005), cujo gráfico na figura abaixo, nos permite entender que quanto mais tentamos reproduzir a aparência de algo que nos é familiar, mais esta representação se torna sintética, podemos conjecturar que as técnicas existentes de modelagem de vegetação estão restritas ao nível de *hardware* gráfico devido a necessidade de economizar espaço de processamento de polígonos para uma alta densidade de vegetação. Em termos estéticos, entre as técnicas de modelagem existentes, a que melhor se ajusta a curva do *Uncanny Valley* é a modelagem *poly by poly*⁹¹, devido a liberdade artística do desenvolvedor, caso este não tenha limitações com relação ao peso da malha tridimensional.

Gráfico 1 - *Uncanny Valley*, por Masahiro Mori (1970)⁹²



⁹¹Criação de uma modelagem tridimensional criando do zero todas as faces que pertencerão ao modelo.

⁹²Gráfico 1 - *Uncanny Valley*, por Masahiro Mori (1970).

Disponível em: <http://www.wikipedia.com/UncannyValley> Acessado em: 22/02/2015

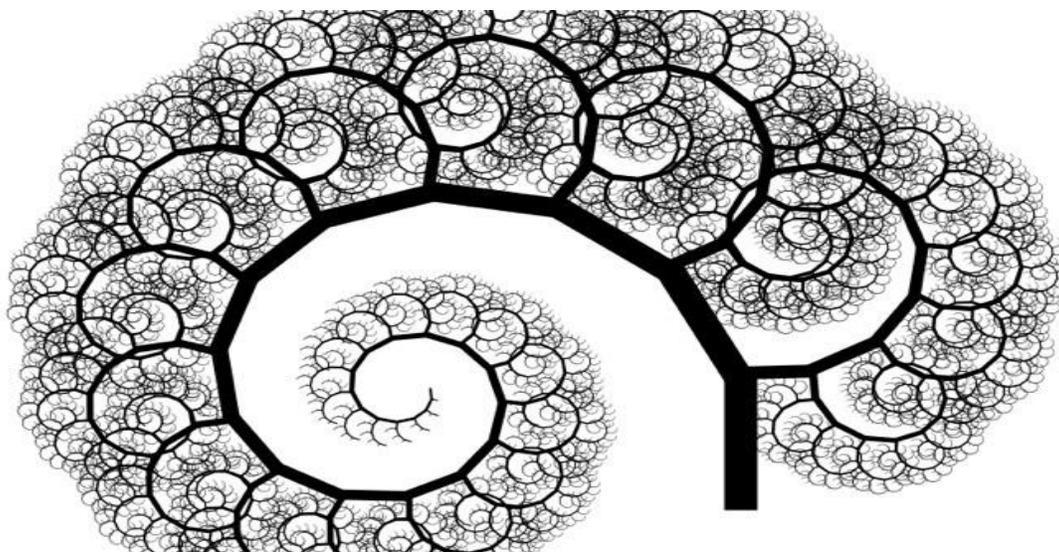
Entretanto, como em *games* é necessário a renderização em tempo real, a utilização de modelos tridimensionais de alto nível de detalhamento não se faz possível quando são exibidos em alta densidade.

Dito isto, a modelagem procedural se apresenta como mais atraente aos desenvolvedores por ser um método que permite uma maior automação no desenvolvimento de objetos. Por se tratar de um método que utiliza de parâmetros matemáticos baseados nas leis da física do mundo real, este método automatiza os processos ambientais, por meio de simulações destes, de modo que o resultado será variável todas as vezes que a simulação ocorrer, variando esta mesma simulação com interações naturais e entre objetos exponencialmente de acordo com a quantidade de parâmetros estabelecidos.

Em contrapartida, alterações ou adição de parâmetros podem levar ao aparecimento de caracteres indesejados, uma vez que, obedecendo as leis da física, qualquer alteração no processo de desenvolvimento, do ambiente, do clima, ou intervenções externas geram alterações locais nos objetos desenvolvidos, o que resulta em imprecisões nos resultados obtidos.

CÁLCULO FRACTAL

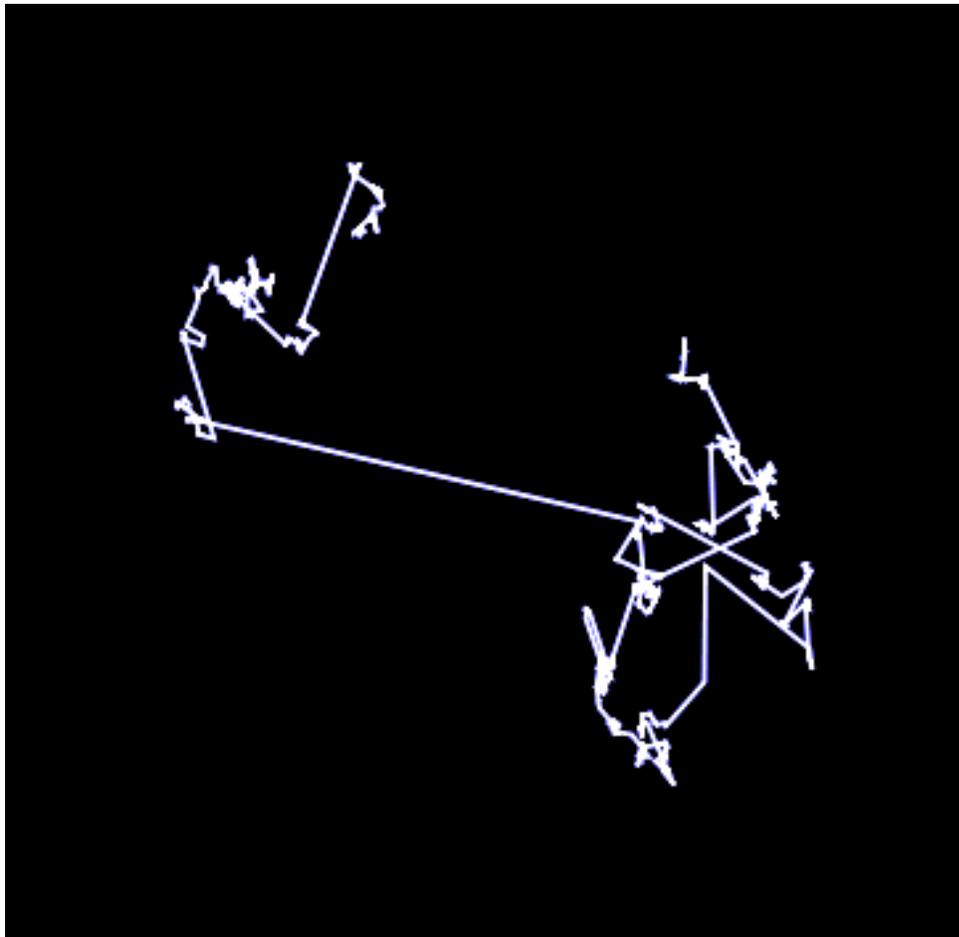
Figura 45 - Exemplo de fractal.⁹³



⁹³Figura 45 - Exemplo de fractal. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016.

Um fractal é um objeto geométrico não euclidiano que pode ser dividido em partes sendo que cada parte é semelhante ao objeto original. Geralmente por seguirem um padrão repetido. O termo fractal foi criado por Benoit Mandelbrot (1924- 2010), matemático nascido na Polônia ao descobrir a geometria em meados da década de 1970. Quando se fala sobre cálculo fractal nos referimos a área da matemática que estuda e relativiza as propriedades e comportamentos de fractais. Esse estudo serve para explicar coisas que a geometria clássica não consegue explicar facilmente.

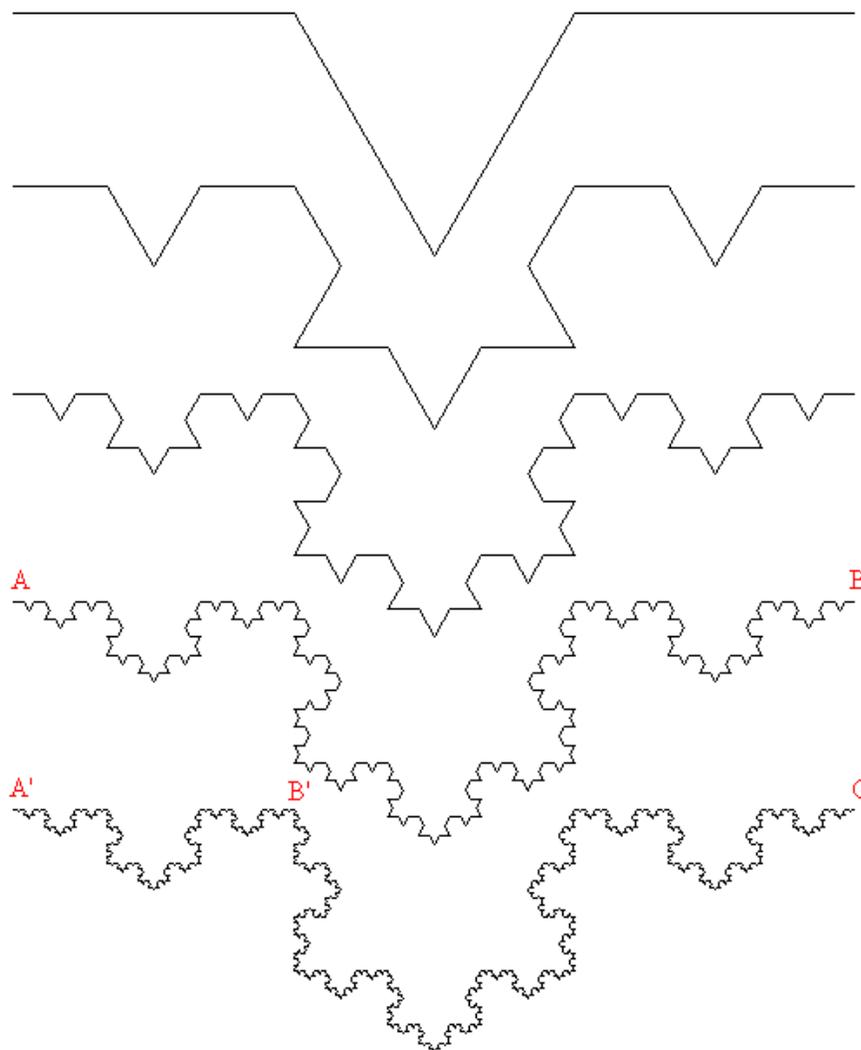
Figura 46 - Fractal aleatório, vôo de Lévy.⁹⁴



⁹⁴Figura 46 - Fractal aleatório, vôo de Lévy. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016.

Os fractais podem ser divididos em três categorias: um sistema de funções iteradas, ou seja, possuem regra fixa de alteração geométrica; os chamados de fractais de fuga temporal, ou seja, são definidos por terem recorrências em pontos no espaço; fractais aleatórios que ocorrem sem um estado inicial fixo.

Figura 47 - Sistema de funções iteradas, curva do floco de neve. ⁹⁵

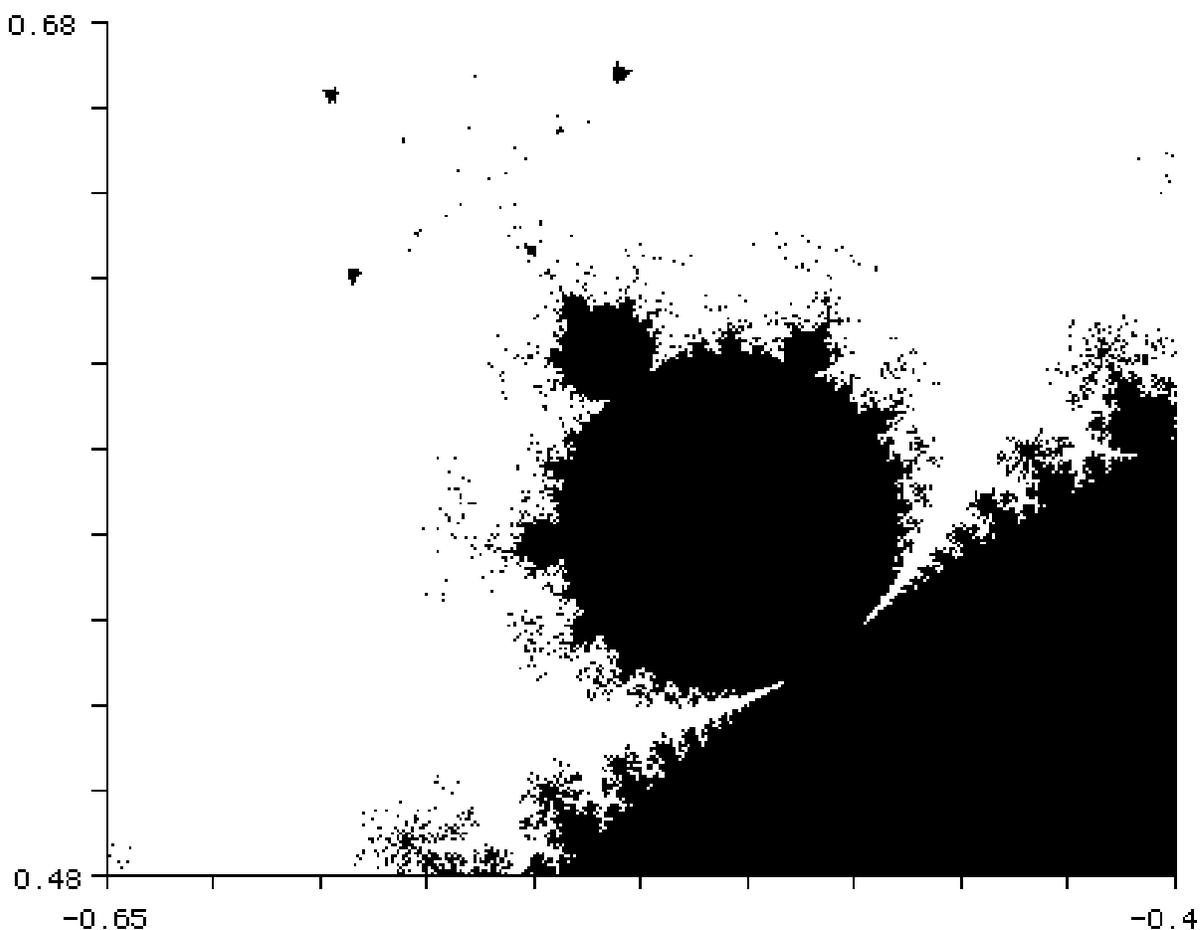


⁹⁵Figura 47 - Sistema de funções iteradas, curva do floco de neve. Como vista no texto Geometria fractal: propriedades e características de fractais ideais. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016.

Com isso em mente, é possível perceber porque cálculos fractais são utilizados em modelagem procedural, devido a sua capacidade de gerar informação seguindo regras simples se torna possível desde simular cristais de neve até mesmo o comportamento natural das plantas. Ao observarmos uma planta detectamos padrões pseudo-fractais (detém uma estrutura similar ao longo de um intervalo com fim definido).

A propriedade de repetição é visível ao se reparar em uma folha ou ramo de folhas, cada parte das suas ramificações são semelhantes, embora não idênticas, permitindo uma alternância e uma singularidade para cada objeto criado a partir de seu cálculo fractal.

Figura 48 - Exemplo de fractais de fuga do tempo, conjunto de Mandelbrot.⁹⁶



⁹⁶Figura 48 - Exemplo de fractais de fuga do tempo, conjunto de Mandelbrot. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016.

Um exemplo simples é o seguinte código na linguagem *Python* com seu módulo gráfico *Turtle* funcionando em um computador pessoal⁹⁷

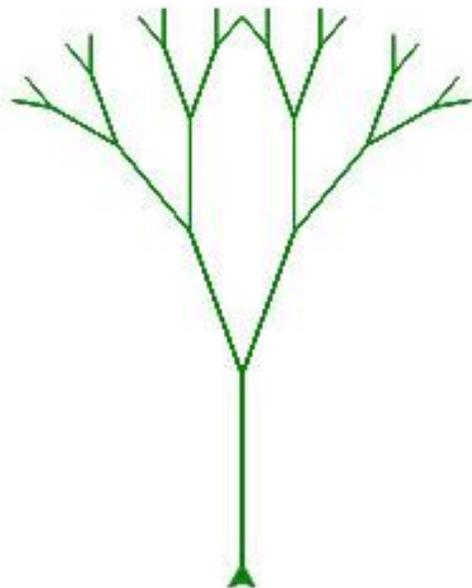
```
import turtle

def tree(branchLen,t):
    if branchLen > 5:
        t.forward(branchLen)
        t.right(20)
        tree(branchLen-15,t)
        t.left(40)
        tree(branchLen-15,t)
        t.right(20)

    t.backward(branchLen)
def main():

    t = turtle.Turtle()
    myWin = turtle.Screen()
    t.left(90)
    t.up()
    t.backward(100)
    t.down()
    t.color("green")
    tree(75,t)
    myWin.exitonclick()

main()
```



⁹⁷Link para instruções e criação interativa: <https://interactivepython.org/runestone/static/pythonds/Recursion/pythondsintro-VisualizingRecursion.html>

Este exemplo gera uma forma semelhante a estrutura de uma árvore obedecendo pequenos parâmetros, por exemplo, a linha *t.right(20)* determina a angulação na qual o vetor se dirigirá quando for se mover para o lado direito, o *t.left(40)* para o lado esquerdo rotacionará os 20° para anular para o lado direito anterior mais 20° para o lado esquerdo para gerar a ramificação, quando chega no valor de 5 ramificações ele volta uma etapa de ramificação e, assim por diante.

Como vimos neste capítulo, a utilização de modelagem procedural e cálculos fractais estão intrínsecos para a construção de modelos tridimensionais de vegetação para sua utilização em jogos. Com isso em mente, no próximo capítulo abordaremos um exemplo da utilização dessa forma de produção de conteúdo no mercado com o jogo de *The Witcher III* que utilizou do programa *SpeedTree* que gera vegetação de forma procedural.

CAPÍTULO IV

ESTUDO DE CASO: THE WITCHER III

A estória de *The Witcher III*, game da produtora *CD Red Project*, baseado na obra de Andrzej Sapkowski, começa quando, Geralt de Rivia em busca de sua amante, a feiticeira Yennefer de Vengerberg, parte com Vesemir, um *85itcher* mais experiente. Yennefer já havia tentado entrar em contato com Geralt, mas foi forçada a fugir para evitar a luta entre as potências dos reinos de Nilfgaard e Redania. No entanto, é Yennefer que finalmente encontra Geralt. Acompanhada por um guarda Nilfgaardiano, Yennefer informa Geralt que Emhyr var Emreis, o imperador da Nilfgaard, convocou Geralt para uma audiência em Vizima, a antiga capital da nação recém-conquistada de Temeria.

Figura 49 - Geralt e Yennefer do jogo *The Witcher III* (2015).⁹⁸



⁹⁸Figura 49 - Print Screen de tela do jogo *The Witcher III* (2015).

Em Vizima, Emhyr encarrega Geralt de encontrar Ciri, filha do imperador e protegida de Geralt. Ciri é uma criança do *Sangue Antigo*, a última herdeira de uma antiga linhagem élfica que lhe confere poderes para manipular o espaço e o tempo. Ela está fugindo da *Wild Hunt*, uma comitiva de elfos espectrais determinados a capturar Ciri e usar suas habilidades para seus próprios propósitos nefastos. Geralt começa sua busca ao entrar em contato com um espião Nilfgaardiano em Velen. A *Wild Hunt* alcança o espião antes de Geralt e o tortura até a morte. Geralt consegue recuperar as anotações do espião, que indicam que Ciri procurou refúgio em Perch Crow, no forte do automeado governante de Velen, conhecido como o Barão Sangrento.

O Barão se recusa a ajudar Geralt a encontrar Ciri até o *Witcher* localizar e retornar sua esposa e filha desaparecidas. Geralt rapidamente descobre que a esposa e filha do Barão sumiram por vontade própria, influenciadas pelo abuso e alcoolismo do Barão. Geralt descobre que a filha do Barão fugiu para a cidade de Oxenfurt, mas sem pistas sobre o paradeiro da mãe.

Figura 50 - Cena do jogo *The Witcher III* da cidade de Oxenfurt (2015).⁹⁹



⁹⁹Figura 50 - Print Screen de tela do jogo *Witcher III* (2015).

Sem novas pistas, Geralt parte em uma nova busca a partir das anotações do espião, o que o leva a uma velha conhecida, a feiticeira Keira Metz. Keira informa Geralt que uma maga élfica misteriosa estava procurando Ciri e depois de investigar no laboratório da maga com Geralt, Keira o envia para os regentes de *Crookback Bog*, espíritos antigos que afirmam domínio sobre Velen. Os regentes demandam que Geralt destrua o *Whispering Hillock*, um espírito rival, em troca de informações sobre Ciri. Depois de enfrentar *Hillock*, os regentes revelam que eles haviam capturado Ciri para entregá-la para o *Wild Hunt*. Geralt jura matar os regentes, mas antes de perceber que eles escravizaram Anna Strenger, esposa desaparecida do Barão.

Figura 51 - Funeral do rei Bran, *The Witcher III* (2015).¹⁰⁰



¹⁰⁰Figura 51 - Print Screen de tela do jogo *Witcher III* (2015).

Voltando à Crow's Perch, o Barão revela que, após a estadia de Ciri com ele, ela foi para Novigrad. O Barão, em seguida, sai para resgatar Anna. Momento este em que Geralt deve decidir pelo destino de *WhisperingHillock*. Chegando em Novigrad, Geralt descobre que a *Igreja do Fogo Eterno*, uma organização religiosa militante, liderada pelo rei Redaniano Radovid, está realizando um programa contra magos da cidade. Se encontrando com Triss Merigold, seu antigo caso amoroso, Geralt descobre que para encontrar Ciri, ele precisa encontrar Dandelion, um velho amigo com quem ela tinha feito contato. Isto leva Geralt a navegar em uma teia de alianças dentro do submundo do crime de Novigrad, principalmente entre Sigismund Dijkstra, ex-chefe da rede de espionagem de Redaniana. Depois de uma complicada série de eventos, Geralt finalmente encontra e resgata Dandelion, apenas para descobrir que Ciri havia se teletransportado para o arquipélago de Skellige.

Depois de navegar para Skellige, Geralt se encontra com Yennefer, que vem investigando a explosão mágica em uma área que ela acredita que está ligada a Ciri. Os dois assistem ao funeral do rei Bran, governante de Skellige, e descobrem que a ilha está em um conflito de sucessão entre o filho de Bran, Svanrige, e, Cerys e Hjalmar, os filhos de um nobre poderoso.

No velório, Geralt e Yennefer roubam *A Máscara do Uroboros* do druida Ermion, que pode ser usado para ter visões do passado. Yennefer faz Geralt usar a máscara na área da explosão, levando-os a descobrir que Ciri viajou para a ilha de Lofoten. Ele então parte para Lofoten apenas para descobrir que o *Wild Hunt* atacou a aldeia; Ciri conseguiu escapar com a ajuda de um homem chamado Skjall, que posteriormente foi renomeado como "Craven", banido da vila, e que posteriormente morre tentando se redimir.

Diante deste fato, Yennefer usa necromancia para obter informações sobre Ciri. Depois de salvá-la do *Wild Hunt*, Skjall testemunhou uma criatura deformada, parecida com um bebê a vaguear pelas encostas de Skellige.

Reunindo as pistas, Geralt descobre que a criatura que Skjall testemunhou era *Uma*, um ser amaldiçoado que tinha visto anteriormente vagando pelos corredores de Crow's Perch.

Figura 52 - Crow's Perch, The Witcher III (2015).¹⁰¹



O casal recupera *Uma* de Crow's Perch, e o apresenta a Emhyr em Vizima. Descobrem então que acabar com a maldição de *Uma* pode ser a chave para encontrar Ciri. Assim, o trio decide levá-lo para Kaer Morhen, uma escola abandonada. Yennefer e seus companheiros acabam com a maldição de *Uma*, que revela ser Avallac'h, companheiro elfo de Ciri. Avallac'h revela que, após o ataque a Lofoten, ele teletransportou Ciri para a Ilha abandonada de Mists para sua própria segurança. Geralt resolve resgatar Ciri e devolvê-la a Kaer Morhen, mas percebe que, fazendo isso, atrairia o *Wild Hunt*. Depois de montar um pequeno grupo de companheiros em Kaer Morhen, ele se prepara para a próxima batalha, e segue em viagem para a Ilha das Brumas.

Embora ele encontre Ciri desvanecida, um vaga-lume mágico a desperta. Ciri revela por que o *Wild Hunt* quer seu poder: Eredin, o Rei do *Wild Hunt*, tem seu próprio mundo que está sendo destruído por uma força conhecida como a geada branca, e está determinado a usar o poder de Ciri para conquistar um mundo novo. Ciri teletransporta Geralt para Kaer Morhen para prendê-los. Depois de um breve reencontro com Yennefer, Triss, e Vesemir, eles atacam o *Wild Hunt*. Durante a batalha, Vesemir é morto por

¹⁰¹Figura 52 - Print Screen de tela do jogo *Witcher III* (2015).

Imlerith, um general *Wild Hunt*, tentando proteger Ciri. Atormentada, ela emana uma força incontrolável, levando Eredin e o *Wild Hunt* a recuar.

Figura 53 - Ciri, *The Witcher III* (2015)¹⁰²



Avallac'h em seguida, lança um feitiço para render Ciri. Geralt, Yennefer, Triss, Ciri, e os outros aliados, realizam um funeral para Vesemir. Buscando vingança, Ciri e Geralt viajam para Velen e matam os dois Imlerith e duas das três coroas de *Crookback Bog*. Encorajado por essas vitórias, Geralt e Ciri viajam para Novigrad para ajudar Triss e Yennefer a reformar o *Lodge de Bruxas*, ajudando-as na sua luta contra a caça selvagem.

Eles também aprendem sobre o Sunstone, encontrado na Skellige, para assim, atrair Eredin e prendê-lo. Fazendo seu ataque a Eredin na ilha Skelligan de Undvik, Avallac'h usa a pedra solar, que atrai o *Wild Hunt* e sua frota. Geralt e seus aliados, juntamente com a frota Nilfgaardiana, tentam derrotá-los. Geralt derrota Caranthir, navegador dos *Hunt*, e segue em frente para enfrentar Eredin em uma briga e sai vitorioso. No entanto, a geada branca começa a descer em Skellige. Ciri insiste que só o sangue dela pode parar a geada branca antes que consuma toda a vida em todos os mundos. Ciri passa por um portal e confronta a geada branca, acabando com a ameaça.

O epílogo do jogo varia de acordo com as escolhas que o jogador fez no jogo. No que diz respeito Ciri especificamente, existem três resultados possíveis: se Geralt apresentou-a à Emhyr, o assassinato de Radovid é

¹⁰²Figura 53 - *Print Screen* de tela do jogo *Witcher III* (2015).

realizado e, posteriormente, do lado de Roche, então Ciri aceitaria o trono de Nilfgaard, argumentando que ela poderia fazer mais bem para o mundo como uma imperatriz do que como uma errante; Se Geralt não apresentou-a, este opta por falsificar a morte da princesa, e Ciri torna-se uma *Witcher* como Geralt; se Ciri morre ao parar a geada branca, Geralt persegue o último Coroado para recuperar o medalhão de Vesemir, sua única lembrança de Ciri. Esse final termina com monstros que invadem a casa de Geralt, encontram o medalhão, criando um destino ambíguo para o personagem.

O jogo foi oficialmente anunciado em 2013 pela *Game Informer* com seu lançamento em 19 de maio de 2015, desenvolvido com motor de criação de jogos *REDengine 3*, desenvolvida pela produtora *CD Projekt RED* e criada especialmente para jogos com narrativa não linear, ou seja, jogos que não se atêm a somente uma linha narrativa. A *CD Projekt RED* integrou o *Umbral 3 Visibility Solution*, empresa de desenvolvimento de softwares gráficos cuja especialização em *occlusion culling*¹⁰³, soluções de visualização e projeção de imagens, e *middleware*¹⁰⁴ para *games*. Ao realizar essa integração conseguiram lidar com os problemas de sombras de oclusão¹⁰⁵. Devido a sua nova estrutura, é possível desenvolver narrativas mais complexas conquanto um design de mundo também mais complexo.

Um dos aspectos mais marcantes em *The Witcher III*, em termos de verossimilhança e narrativa épica, é a atmosfera no qual a estória se desenvolve. Paisagens que se assemelham com lugares como Hordaland, Oda e Voss na Noruega, ou as florestas pertencentes a Yakushima, ilha localizada ao sul de Kyushu, no Japão e que propiciam uma maior experiência imersiva devido ao grau de realismo efetivo encontrado na vegetação e no ambiente como um todo. Limitaremos a análise a seguir a vegetação do jogo, com foco nas árvores, sua composição, apresentação e interação com o ambiente digital.

¹⁰³ Forma de determinar se o objeto precisa ou não ser renderizado ao estar ou não na visão do jogador.

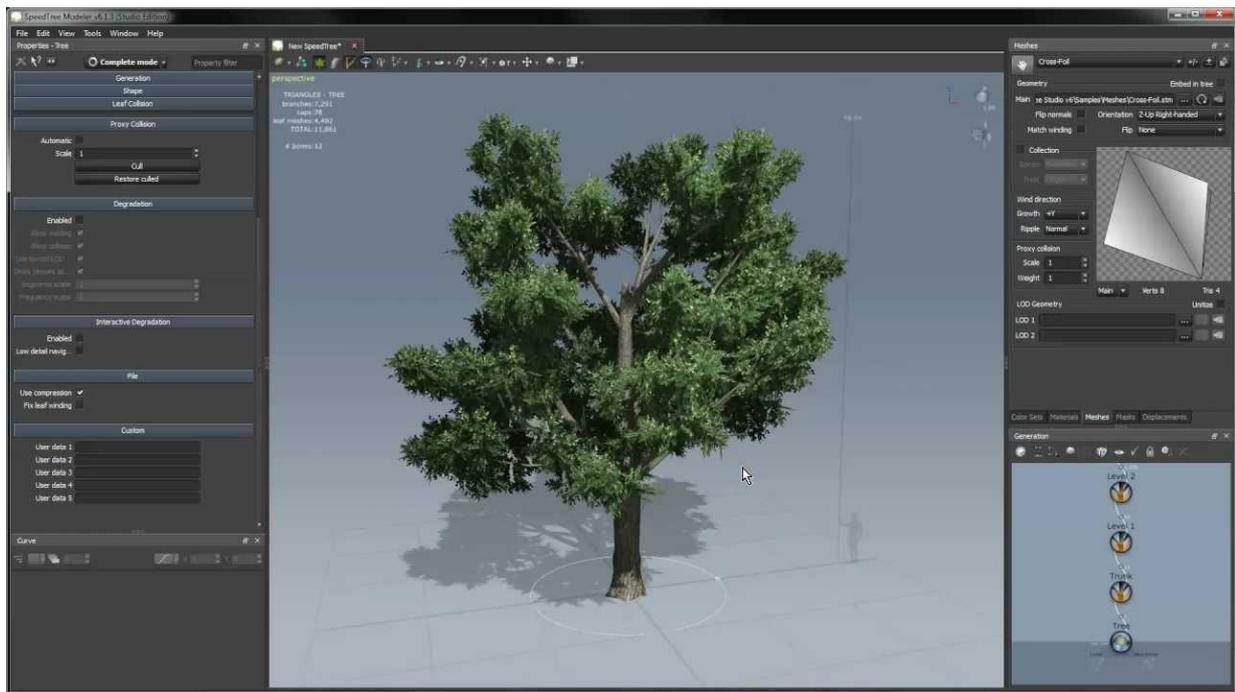
¹⁰⁴ Programa mediador da interação visual entre jogo e jogador.

¹⁰⁵ Também conhecida como sombra de toque, ao se posicionar um objeto sobre o outro, independente da quantidade de luz sempre se formará uma sombra rente ao contato dos objetos.

Como já mencionado anteriormente, a indústria de desenvolvimento de *software* tem presenciado um crescimento exponencial de novos programas de modelagem e renderização de árvores, em especial, de árvores procedurais.

Empresas como a *SpeedTree*, apresentam uma seleção de programas para modelagem e programação de vegetações desenvolvida pela *Interactive Data Visualization*, criado para gerar folhagens virtuais para animação, arquitetura, renderizações em tempo real para jogos digitais e simulações. O programa *SpeedTree* já é utilizado na área de *games* desde o começo de 2002 para praticamente todos os sistemas operacionais voltados a *games* de alta qualidade gráfica como: *Windows*, *Playstation 4*, *Xbox*, entre outros. Devido a sua versatilidade, o conjunto de programas pertencentes a marca (*Speed Tree for games*, *Speed Tree for UE4*, *Speed Tree for Unity* e também conta com os programas *Speed Tree Cinema* e *Speed Tree Studio*, estes para a utilização em aplicações em que não são necessárias renderizações em tempo real, como cinema e animações) tem sido utilizada por grandes empresas de jogos de última geração como *Batman: Arkham Knight*, *Battle Field 4* e, o jogo que analisamos, *The Witcher III: Wild Hunt*.

Figura 54 - Interface do programa SpeedTree.¹⁰⁶



Tendo em mãos uma enorme biblioteca de *prefabs*¹⁰⁷ e uma interface de simples uso, a *CD Projekt Red* criou mais de duzentas variedades de vida vegetal pensando no encaixe delas referentes a cada bioma existente no jogo *The Witcher III*, e para cada espécie foram criadas dúzias de variações, além disso, criaram quarenta tipos de grama, plantas subaquáticas, plantas que florescem, trepadeiras, vinhas e vegetais, cada um desses com diversas variações.

Como explicado no blog da *Speedtree*, “eles criaram árvores para altas e baixas condições de temperatura e cada árvore tem uma versão para inverno ou não. Também há florestas de zonas temperadas, vegetação de pântanos, terrenos montanhosos, subaquáticos, jardins cultivados”. Ainda, como explica Buczkowski, “baseando-se na experiência que teve com *The Witcher* e *The Witcher II*, ele pode estimar a volumetria envolta no ambiente, ou seja, o número de polígonos necessários para o mapa de luz entre outras funções. Os

¹⁰⁶Figura 54 - Print Screen de tela do programa *SpeedTree*.

¹⁰⁷ Pré-Fabricado: modelos tridimensionais já fabricados com textura e UV abertas, geralmente já acompanham textura e outros mapas essenciais.

modelos foram planejados para atender a esses requisitos, e assim, possibilitando o melhor resultado possível para o jogo. Para conseguir o resultado necessário, a equipe criava modelos *Hi-poly*¹⁰⁸ e então faziam *Bake*¹⁰⁹ para modelos *Low-Poly*¹¹⁰.

CONSIDERAÇÕES SOBRE BOTÂNICA

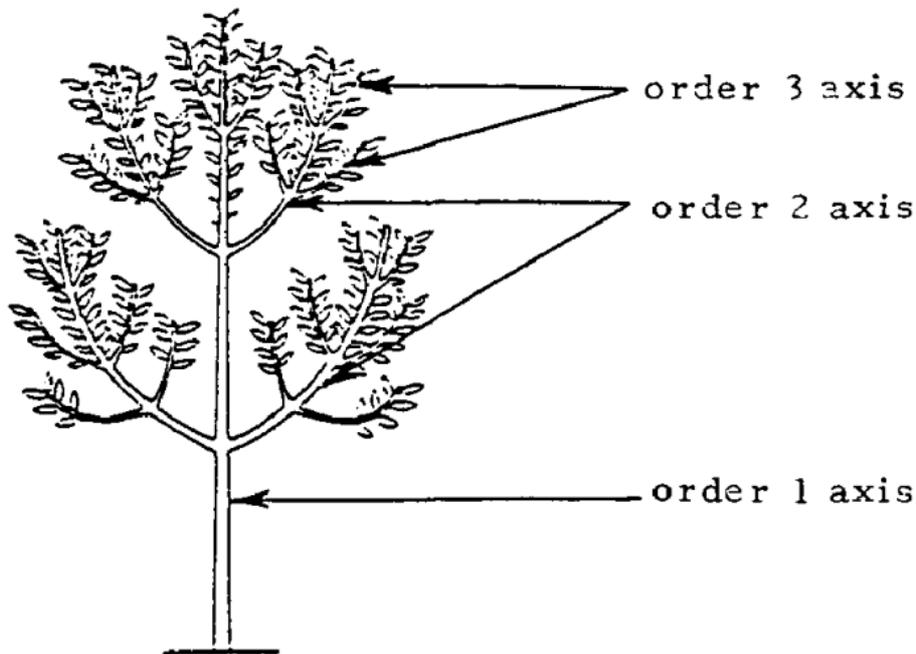
Observando-se a estrutura de uma árvore podemos dividi-la em pelo menos quatro partes; as raízes, o tronco base, os galhos e os ramos de folhas. Não é regra, pois é possível haver ramos diretamente ligados ao tronco e galhos secundários e até terciários como podemos ver na imagem a seguir. Em um ramo de folhas, o crescimento resulta do desenvolvimento de células específicas, o botão, por exemplo, nas condições corretas floresce em novas folhas, flores e frutos. Para tal acontecimento, se faz necessária a existência de luz, temperatura adequada, água, oxigênio e minerais que são extraídos dos solos.

¹⁰⁸ Nomenclatura dada a um modelo tridimensional que detém muitos polígonos.

¹⁰⁹ Processo de transferência de dados de um objeto para outro, muito utilizado para otimização de modelos de baixo nível de detalhamento.

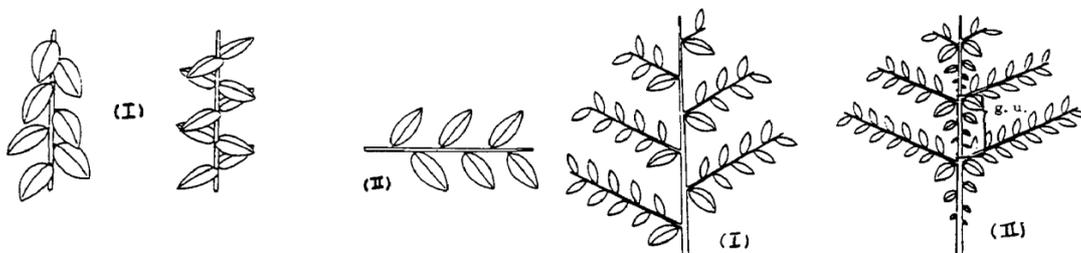
¹¹⁰ Nomenclatura dada a um modelo tridimensional que detém poucos polígonos.

Figura 55 – Imagem representativa da estrutura simples de uma árvore.¹¹¹



Além de todos esses fatores, há também um consciente de competição por nutrientes e luz. Muitas plantas e árvores, como o pinheiro, liberam uma substância no solo ao seu redor que não permite o nascimento de outra planta. As folhas têm padrões de organização para maximizar a obtenção de luz. Elas podem ser de um formato espiral ou lateral, assim como a forma como crescem as ramificações dos galhos que podem ser de forma contínua, desta forma, uma em sequência em relação a outra com espaçamento e variando de direção ao longo do galho; ou ramificações rítmicas: nascem dois ramos por ponto do galho.

Figura 56 - Tipos de ramificações.¹¹²



¹¹¹Figura 55 - Imagem representativa da estrutura simples de uma árvore. Disponível em <http://www.gettyimages.com/>Acessado em: 01/10/2016.

¹¹²Figura 56 - Tipos de ramificações. Disponível em <http://www.gettyimages.com/>Acessado em: 01/10/2016.

Para explicar o processo da formação dos galhos, devemos lembrar que cada botão pode gerar um novo galho e cada galho terá novos botões, o sistema é muito parecido com as células tronco encontradas em animais, a partir de determinados fatores e condições será possível determinar sua especificidade, no que o botão se tornará. Como é possível observar na imagem abaixo, ao longo dos anos, caso haja uma boa condição a árvore se desenvolve de maneira a conseguir o máximo de espaço possível para a captação de luz. Vale observar que, o crescimento é essencialmente em formato “L”, devido ao acúmulo de células em um determinado ponto, o que faz com que a planta crie a próxima ramificação do lado oposto para dar equilíbrio a sua estrutura.

Figura 57 - Evolução do desenvolvimento em L.¹¹³



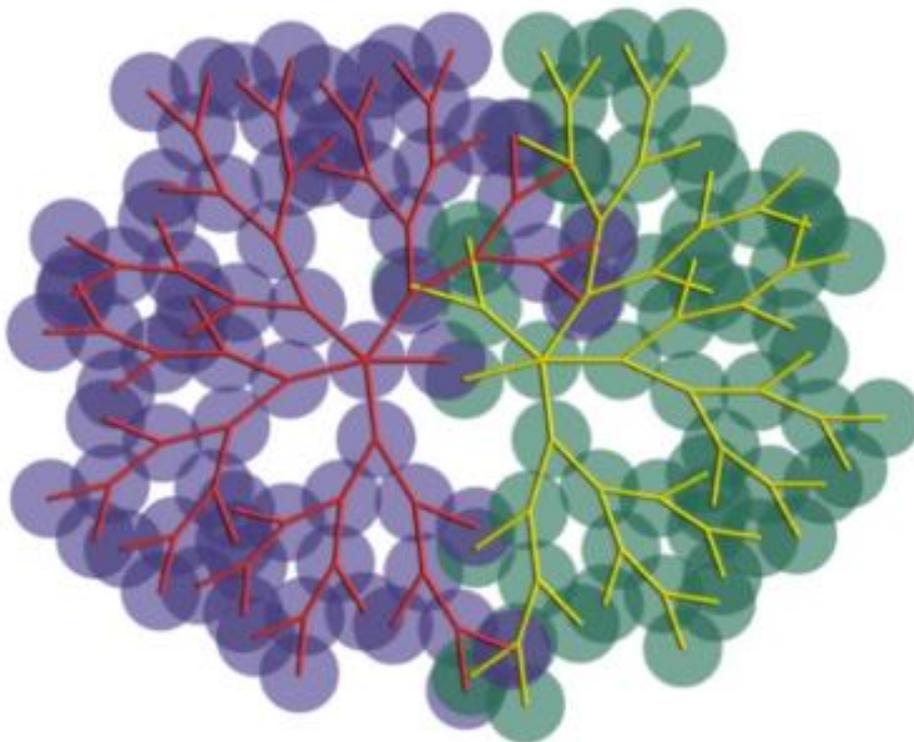
INTERAÇÃO ENTRE ÁRVORES E AMBIENTE

As plantas, durante o seu crescimento e por toda a sua vida sofrem influências de outras plantas e condições de ambiente, quando se fala em modelagens de ambientes e implementação de plantas é necessário identificar e pensar o modelo como algo que sofreu e sofre influência. Nessas influências deve-se levar em conta três formas principais:

¹¹³Figura 57 - Evolução do desenvolvimento em L.
Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016.

- I. A planta é afetada pelas condições globais do seu ambiente, como o comprimento do dia que controla o início do florescimento, e o máximo e mínimo de temperatura que controla sua taxa de crescimento.
- II. A planta é afetada por propriedades locais como a presença de obstáculos, que indicará como será sua formação e como suas raízes serão distribuídas, assim como a resistência do solo e suas temperaturas.
- III. A planta interage com o ambiente de forma cíclica; a planta é afetada pelo ambiente assim como o ambiente é afetado pela planta. Isso faz com que diferentes partes da planta interfiram em outras partes dessa mesma planta, além de como outras plantas ao seu redor serão afetadas, por exemplo: As plantas competem por espaço, tanto em termos de colisão de suas partes quanto pelo acesso a luz como na figura 4. A competição entre as raízes, por nutrientes e água no solo.

Figura 58 - Representação da competição entre plantas.¹¹⁴



¹¹⁴Figura 58 - Representação da competição entre plantas. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016.

CLOUD 9 DOGWOOD

Para o planejamento do jogo *The Witcher III* muitos desses parâmetros foram levados em conta especialmente quanto a separação de plantas grandes que exercem uma maior competição. Na imagem abaixo, observamos que entre duas árvores de pequeno à médio porte ocorre um distanciamento obedecendo a ideia da competição destas plantas por luz e espaço. Outras condições somente são possíveis quando se trabalha com modelagens procedurais, como por exemplo a variedade. Ao observar duas árvores pertencentes da mesma espécie, observamos claramente a diferença física entre as duas, o qual pode se chegar a conclusão que foram geradas em momentos diferentes, portanto tiveram condições diferentes no processo de crescimento. Ao nos aproximarmos da árvore, podemos perceber detalhes de como foi planejada e trabalhada a criação das texturas das flores e dos galhos.

Podemos observar, como citado anteriormente, que o posicionamento das árvores brancas em relação a vegetação vista ao fundo da imagem, infere que esta necessita de um espaço mais amplo e mais ensolarado, diferenciando-a das outras árvores. Com isso pode-se deduzir que um dos

parâmetros para a programação destas árvores, era a necessidade de uma clareira para uma maior obtenção de luz.

Figura 59 - Cena do jogo *The Witcher III (2015)*.¹¹⁵



Figura 60 -Zoom da árvore que estamos observando. *The Witcher III (2015)*¹¹⁶



¹¹⁵Figura 59 - Print Screen de tela do jogo *Witcher III (2015)*.

¹¹⁶Figura 60 - Print Screen de tela do jogo *Witcher III (2015)*.

A árvore em questão é baseada na mesma família da *Cloud 9 Dogwood* do tipo *Cornaceae*¹¹⁷, encontrada em diversas regiões do hemisfério norte. De acordo com a *Arbor Day Foundation*¹¹⁸ a *Cloud-9* é detentora de um tronco curto, galhos horizontais e uma forma relativamente esférica. É propícia para ambientes frios, e prospera muito bem em temperaturas baixas. É uma árvore considerada tanto floral quanto ornamental. Quando atinge a maturidade, esta árvore alcança alturas de aproximadamente 4 metros e espalha seus galhos por um raio de até 3 metros, cresce a uma velocidade baixa, de mais ou menos 12 centímetros ao ano e tem como preferência um mínimo de 4 horas de sol por dia. Tem alta resistência a tipos diferentes de solo, desde solos ácidos e enlameados, a solos argilosos e secos.

A *Cloud 9 Dogwood* tem uma alta tolerância a temperaturas congelantes comparadas a outras variedades de *Dogwood*. Uma vez que a árvore floresce, flores extremamente brancas dominam seu topo, dando origem ao seu nome pois sua forma se assemelha a uma nuvem.

Durante o outono, suas folhas também adquirem um aspecto atraente. A sua folhagem se torna avermelhada dando um sinal do nascimento das flores. Quando suas folhas caem, nascem frutos avermelhados em todos os galhos, estes frutos chamam pássaros possibilitando sua proliferação por outras partes da região. Como a maioria das árvores, sua idade é definida pelo número de anéis em seu tronco, ao observar os aspectos desses anéis, é possível dizer como foi o ano da árvore com relação a temperatura e umidade. Suas raízes normalmente crescem de duas a três vezes o tamanho dos seus galhos.

¹¹⁷*Cornaceae* é uma família de plantas angiospérmicas, ou seja, plantas que tem flor, geralmente são árvores ou arbustos com folhas simples e flores pequenas, com pétalas vistosas.

¹¹⁸Mais Informações em: <https://www.arborday.org/>

Figura 61 - Imagem de uma *Cloud 9 Dogwood*.¹¹⁹



Quanto ao tronco, ao observar a *Dogwood* podemos ver um alto nível de ramificações, o mesmo pode ser percebido na árvore utilizada no jogo, o tronco é escuro e tem uma aparência uniforme e apresenta curvatura em sua extensão, ou seja, o tronco não cresce na vertical de forma retilínea, ele se contorce desde a sua base. A árvore retratada no jogo tem o tronco esbranquiçado, que, no entanto, segue o mesmo estilo da *Dogwood*, os galhos primários começam desde sua base e geram uma grande quantidade de ramificações de galhos secundários. Quanto ao seu ambiente, as duas árvores são favorecidas por um espaço grande sem outras árvores competidoras por luz. Aparecem em clareiras em meio a outras árvores, levando isso em conta pode-se inferir que são árvores que necessitam de uma grande quantidade de luz por longos períodos de tempo no dia.

¹¹⁹Figura 61 - Imagem de uma *Cloud 9 Dogwood*. Disponível em <https://www.arborday.org/>
Acessado em: 10/01/2016.

Figura 62 - Imagem focada nas folhas e flores da árvore do jogo. *The Witcher III* (2015)¹²⁰



O jogo disponibiliza visualização diurna e noturna, com isso podemos observar a tonalidade e o comportamento da luz sobre a superfície das flores. O efeito visual causado pela iluminação da lua dá a impressão de um brilho inerente a própria flor, efeito que é possível se observar em flores de tonalidade clara na natureza quando se tem um foco de luz intenso em um ambiente em maioria escuro. Para efeito de comparação, utilizando *printscreens* do jogo podemos analisar cada aspecto da árvore do jogo com sua contraparte real.

¹²⁰Figura 62 - *Print Screen* de tela do jogo *Witcher III* (2015).

Figura 63 - Imagem com folhas e flores em ambientação noturna. *The Witcher III (2015)*¹²¹



Figura 64 - Flores e folhas em foco de uma Cloud 9 Dogwood.¹²²



¹²¹Figura 63 - *Print Screen* de tela do jogo *Witcher III* (2015).

¹²²Figura 64 - Flores e folhas em foco de uma *Cloud 9 Dogwood*.

Disponível em <https://www.arborday.org/> Acessado em: 10/01/2016.

As flores de uma *Cloud 9* tem coloração branca com centro de pólen em tons amarelados, têm quatro pétalas ou corolas, portanto, é uma flor tetrâmera. Suas folhas, que tem um aspecto aberto, espaçado e enrugado permitindo uma captação melhor de umidade e menor transpiração, preenchem o espaçamento entre as flores. Ao observar a *printscreen* do jogo percebe-se a intenção de refletir estes mesmos aspectos, além de padronizações como, por exemplo, a quantidade de flores em um buquê, que variam de no mínimo 4, e no máximo 6 flores, entretanto, devido a necessidade de uma maior otimização para o *render* em tempo real, as flores ao serem observadas de perto são embaçadas e de baixa resolução.

Quanto a parte técnica do modelo do jogo, é perceptível a preocupação com o design da planta e, ao mesmo tempo com a quantidade de polígonos. Entretanto, vale salientar que a falta de polígonos no tronco é devido a necessidade de ocupar pouco espaço no processamento, tornando o modelo algo defeituoso a quem o observa bem, ao ver que em uma determinada posição um ramo inteiro de flores some, ou que o tronco tem uma ponta para fazer uma curva, faz com que o jogador que tenha parado o jogo para observar isso quebre sua imersão, pois se sente incomodado e começa a perceber esses pequenos “defeitos” em outros modelos, assim, potencialmente arruinando sua experiência de jogar.

Figura 65 - Cena do jogo com flores em primeiro plano. *The Witcher III* (2015)¹²³



¹²³Figura 65 - *Print Screen* de tela do jogo *Witcher III* (2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo dos quatro capítulos apresentados, podemos chegar a algumas deduções e pareceres que valem retomar. Como dito ao longo do texto, técnicas como a geração de imagens tridimensionais trouxeram novas possibilidades de interação entre obra e expectador, alterando suas formas de interação e variações quanto ao nível de imersão no momento dessa experiência. Da mesma forma, vemos que a tecnologia utilizada na geração dessas imagens cresce e evolui de acordo com uma demanda desse público, pois o mesmo, exige inovação em termos não apenas na parte narrativa como em jogos de *RPG* ou de ação como *Tomb Raider*, mas também a qualidade de realismo gráfico como visto em jogadores do estilo *FPS*, no qual esse realismo os trará mais próximos ao mundo ou época mostrados no jogo. A partir disso, percebemos que a utilização da técnica de modelagem procedural atende as demandas não apenas do público, por suas possibilidades de geração de conteúdo diversificado em detrimento dos dados inseridos na função algorítmica, mas também atende as necessidades dos desenvolvedores de jogos independentes que não possuem grande capital para contratar grande número de modeladores.

O que percebemos ao analisar o jogo *The Witcher III*, cuja estória principal gira em torno de um épico fantástico, é a utilização desta técnica para a construção de um cenário que trás elementos do mundo real para reforçar a verossimilhança narrativa. O jogador parte em uma jornada, por caminhos que foram pensados também como elemento detentor de significado, que molda as ações do jogador. Percebemos uma relação dinâmica entre o espaço, que é renderizado em tempo real e o dinamismo do jogador que esta sempre em movimento, os espaços são alterados, assim como alteram ou determinam as ações do jogador. O protagonismo de Geralt entra em simbiose com o protagonismo dos espaços que este percorre. Este reino mítico, evoca aspectos dos clássicos épicos como *O Senhor dos Anéis* e *As Brumas de Avalon*.

O que percebemos no jogo em relação a obra como um todo é que este foi pensado para repassar o ambiente de países nórdicos com montanhas, lagos e plantas que crescem em locais mais frios, a utilização de imagens

estonteantes chama o jogador para se sentar e experienciar um mundo deslumbrante com *layouts* de cenários que permitem tirar um *printscreen* de cada cena e vislumbrar como uma fotografia ou um quadro.

No conjunto da obra, a parte visual não deixa a desejar no jogo, entretanto, quando passamos a uma análise mais macroscópica vemos defeitos nos modelos de vegetação que foram provocados para uma visão geral melhor. O *hardware* para o qual este jogo foi produzido, por vezes, não consegue processar de maneira adequada o *render* em tempo real de imagens muito detalhadas em grandes quantidades.

Quando se joga o *game* em um computador ou um console ligado à uma TV, a resolução gráfica das texturas e a quantidade de faces da malha do modelo tridimensional devem ser limitadas quando é necessário sua repetição em larga escala, isso é possível graças a modelagem procedural, entretanto, percebemos também pouco controle individual pois, como referido anteriormente, na modelagem procedural utilizada pela ferramenta *SpeedTree*, utilizada no jogo deve-se determinar um parâmetro, e este deve fazer uma simulação variável, ou seja, o desenvolvedor está preso a esse parâmetro. Se alterá-lo, você altera o modelo.

Grças a utilização exclusiva de cálculos matemáticos e variáveis fixas, não é possível inserir uma característica ou nuances artísticas no modelo. Entretanto, como mencionado previamente, esta técnica permite criações com baixo custo de produção, com muitas possibilidades de cenários e ações, devido ao seu fator de aleatoriedade e da possibilidade de criar bibliotecas de *assets* muito mais facilmente, uma vez que quando o objeto é criado, este é armazenado e pode ser reutilizado a qualquer momento. Há também a possibilidade de criação de pequenas diferenças físicas e estéticas nos objetos tridimensionais, mesmo sem alterar o tipo ou conceito do modelo.

No momento da proposta desta pesquisa, a intenção de estabelecer um grau de realismo dos jogos por intermédio de sua qualidade gráfica se apresentou mais como uma questão teórica do que técnica, entretanto, ao estabelecer contato com material de pesquisa na área de imersão e modelagem em *games* foi possível perceber que a qualidade gráfica realista nos jogos é uma forte aliada no processo de imersão, dando ao expectador uma melhor experiência. Contudo, no momento de estudo do fator imersivo,

nos debatemos com o fator de envolvimento, e de suas fronteiras, limites e extremidades.

Ainda em Aristóteles, lemos “Pelo que atrás fica dito, é evidente que não compete ao poeta narrar exatamente o que aconteceu; mas sim o que poderia ter acontecido, o possível, segundo a verossimilhança ou a necessidade. “ – Vemos que a representação, que aqui tem como função emular e ensinar, em busca de uma catarse, não necessariamente deve restringir-se a categorias fixas, mas deve sempre, causar um efeito em seus expectadores. A imersão mudou suas formas, assim como as linguagens artísticas mudaram suas formas de representação. Estar envolvido em um livro, uma pintura, muitas vezes não requer um empreendimento por parte do expectador que assiste aos acontecimentos que transcorrem, passivamente.

Nos jogos, há a necessidade de um protagonismo, de um agir, muito mais do que apenas um envolvimento de quem o joga. Após analisarmos todos esses aspectos podemos perceber a importância do realismo para a obtenção mais rápida da realidade apresentada pelo jogo. Quando o gráfico e a narrativa nos trazem uma sensação de presença, nos sentimos dentro daquele ambiente virtual, dentro daquela matriz dimensional. Este texto tem o intuito de contribuir na discussão sobre realismo nos jogos e sua influência no jogador assíduo ou casual.

A partir das considerações aqui explicitadas podemos abrir novas questões sobre possibilidades no desenvolvimento na área e podemos estimar possíveis cenários, tanto tecnológicos quanto artísticos. Quanto aos avanços tecnológicos podemos imaginar novas formas de interação que complementem e auxiliem no processo imersivo do jogar. Podemos imaginar cada vez maiores investimentos e desenvolvimentos na capacidade de processamento gráfico e de programação permitindo modelos cada vez mais detalhado e imagens cada vez de maior otimização. Para a parte artística temos o imenso espaço da percepção humana até o momento que ultrapassamos o vale da estranheza e chegaremos ao fotorrealismo em mídias de renderização em tempo real.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHEARN, Luke. **3D Game Textures: Create Professional Game Art Using Photoshop**. 2. ed. Burlington: Elsevier, 2009.
- ASCOT, Roy; SHANKEN, Edward A.. **Telematic Embrace: Visionary Theories of Art, Technology, and Consciousness**. Oakland: University Of California Press, 2007. 439 p.
- BADLER, Norman et al. **Simulating Humans: Computer Graphics, Animation and Control**. New York: Oxford University Press, 1999. 283 p.
- BAZIN, Andre. **O Que é o Cinema?** São Paulo: Cosac & Naify, 2015. 416 p. Eloisa Ribeiro.
- BAZIN, Andre. **Orson Welles**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed, 2005. 198 p. Andre Telles.
- CONFERENCE ON COMPUTER GRAPHICS AND INTERACTIVE TECHNIQUES, 28., 2001, New York. **SIGGRAPH '01 Proceedings of the 28th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques: The Use of Positional Information in the Modeling of Plants**. New York: Acm Digital Library, 2001. 11 p. Disponível em: <<https://goo.gl/oZVK56>>. Acesso em: 22 fev. 2015.
- DEMERS, Owen. **Digital Texturing and Painting**. San Francisco: New Riders, 2001. 360 p.
- ECO, Umberto. **Apocalípticos e Integrados**. São Paulo: Perspectiva, 2008. 386 p. Pérola de Carvalho.
- EMILIEN, Arnaud. **Création interactive de mondes virtuels: Combiner génération procédurale et contrôle utilisateur intuitif**. 2014. 145 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mathématiques-informatique, Université de Grenoble, Grenoble, 2014. Cap. 4.
- FINK, Eugen. **Le Jeu comme symbole du monde**. 10. ed. Paris: Editions de Minuit, 1966. 244 p. (Arguments).
- GADAMER, H. 2008. **Verdade e método**. Petrópolis. Vozes;
- GREE, C. Shawn; BAVELIER, Daphne. **Digital Media: Transformations in Human Communication: The Cognitive Neuroscience of Video Games**. New York: Peter Lang, 2004. 337 p.

GRESS, Jon. **Digital: Visual Effects and Compositing**. New York: New Riders, 2014.

HOLOPAINEN, Jussi; BJORK, Staffan. **Patterns in Game Design: Game Development Series**. Newton Centre: Charles River Media, 2004. 423 p. (Charles River Media Game Development).

HUIZINGA, Johan. **Homos Ludens**. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 2008. 256 p. (Estudos). João Paulo Monteiro.

INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER GRAPHICS AND INTERACTIVE TECHNIQUES, 23., 1996, New Orleans. **Proceedings of SIGGRAPH 96: Visual models of plants interacting with their environment**. New Orleans: Acm Digital Library, 1996. 15 p. Disponível em: <<https://goo.gl/DJXeCe>>. Acesso em: 22 mar. 2015.

INTERNATIONAL ICST CONFERENCE ON SIMULATION TOOLS AND TECHNIQUES, 4., 2011, Brussels. **SIMUTools '11 Proceedings of the 4th International ICST Conference on Simulation Tools and Techniques: Optimized 3D modeling of virtual retail environments**. Brussels: Icst, 2011. 5 p. Disponível em: <<https://goo.gl/OynLXI>>. Acesso em: 22 fev. 2016.

INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER GRAPHICS AND INTERACTIVE TECHNIQUES, 7., 2007, New York. **SIGGRAPH '07 ACM SIGGRAPH 2007: Image-Based Tree Modeling**. New York: Acm New York, 2007. 7 p. Disponível em: <<https://goo.gl/gc0Uvm>>. Acesso em: 22 fev. 2016.

INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER GRAPHICS AND INTERACTIVE TECHNIQUES, 23., 1996, New York. **SIGGRAPH '96 Proceedings of the 23rd annual conference on Computer graphics and interactive techniques: Visual Models of Plants Interacting with Their Environment**. New York: Acm New York, 1996. 15 p. Disponível em: <<https://goo.gl/4IWird>>. Acesso em: 22 fev. 2016.

JUUL, Jesper. **Half-Real: Video Games Between Real Rules and Fictional Worlds**. Cambridge: Mit Press, 2011. 248 p.

LEE, Kwan Min. **Presence, Explicated. Communication Theory**. 2004. 29 p.

LOMBARD, Matthew; DITTON, Theresa. **At the Heart of It All: The Concept of Presence. Journal of Computer-Mediated Communication**, 3. 1997. <http://www.ascusc.org/jcmc/vol3/issue2/lombard.html>.

MCGONIGAL, Jane. **A Realidade Em Jogo: Por Que Os Games Nos Tornam Melhores e Como Eles Podem Mudar o Mundo**. Rio de Janeiro: Editora Best Seller, 2012. 378 p. Eduardo Rieche.

MURRAY, Janet H.. **Hamlet no Holodeck: O futuro da narrativa no ciberespaço**. São Paulo: Unesp, 2003. 282 p. Marcelo Fernandez.

NECHAVATAL, Joseph. **Immersive Ideals / Critical Distances: A Study of the Affinity Between Artistic Ideologies Based in Virtual Reality and Previous Immersive Idioms**. Saarbrücken: Lambert Academic, 2010. 592 p.

NYSTROM, Robert. **Game Programming Patterns**. Genève: Genever Benning, 2014. 345 p.

QUÉAU, Philippe. **La planète des esprits: Pour une politique du cyberspace**. Paris: Editions Odile Jacob, 2000.

REFFYE, Philippe de et al. Plant Models Faithful to Botanical Structure and Development. **Acm Siggraph Computer Graphics**, New York, v. 22, n. 4, p.151-158, ago. 1998. Bimestral. Disponível em: <<https://goo.gl/yrvPWG>>. Acesso em: 15 fev. 2015.

ROUSE, Richard. **Game Design: Theory & Practice**. 2. ed. Plano: Wordware Publishing, 2004. 723 p.

SALEN, Katie; ZIMMERMAN, Eric. **Regras do Jogo: Fundamentos do Design de Jogos**. São Paulo: Blucher, 2012. 154 p. (Volume 4). Edison Furmankiewicz.

SCHOLDER, Amy; ZIMMERMAN, Eric. **Replay: Game Design + Game Culture**. New York: Peter Lang Publishing, 2003. 286 p.

SCHLEMMER, Eliane; TREIN, Daiana; OLIVEIRA, Christoffer. **Metaverso: a telepresença em Mundos Digitais Virtuais 3D por meio do uso de avatares**. 2008. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul.

SOUSA, Carlos Augusto Pinheiro de. **IMERSÃO E PRESENÇA NOS JOGOS FPS: UMA APROXIMAÇÃO QUALITATIVA**. 2012. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologias da Inteligência e Design Digital, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2012. Cap. 2.

SHLYAKHTER, Ilya et al. Reconstructing 3D Tree Models from Instrumented Photographs. **Journal IEEE Computer Graphics And Applications**, Los Alamitos, v. 21, n. 3, p.53-61, 3 maio 2001. Semestral. Disponível em: <<https://goo.gl/yQPfuz>>. Acesso em: 22 fev. 2016.

STAVA, Ondrej et al. Inverse Procedural Modelling of Trees. **Computer Graphics Forum**, New Jersey, v. 33, n. 6, p.118-131, 10 set. 2014. Semestral. Disponível em: <<https://goo.gl/pqSdJ9>>. Acesso em: 22 fev. 2016.

VAUGHAN, William. **Digital Modeling**. Berkeley: Pearson Education, 2012. 60 p.

VIII SIMPÓIO BRASILEIRO DE JOGOS E ENTRETENIMENTO DIGITAL, 8., 2009, Rio de Janeiro. **Paradigmas do jogar: Interação, corpo e imersão nos videogames**. Rio de Janeiro: Sbgames 2009, 2009. 233 p. Disponível em: <<https://goo.gl/Wm2C6V>>. Acesso em: 06 mar. 2015.

XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE JOGOS E ENTRETENIMENTO DIGITAL, 11., 2012, Brasília. **Sistema de realidade virtual para simulador de passadiço**. Brasília: Sbgames 2012, 2012. 12 p. Disponível em: <<https://goo.gl/PgB9TI>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

ÍNDICE DE IMAGENS

- Figura 1 – *Crianças brincando nas ruas de NY*, fotografia de Bill Brandt (1950). Disponível em: <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016. Pg.20
- Figura 2 - *Print Screen* de tela do jogo *Cossacks 3* (2016). Pg.21
- Figura 3 – *Print Screen* de tela do jogo *Myst* (1993). Pg.22
- Figura 4 – *Print Screen* de tela do jogo *Chivalry: Medieval Warfare* (2015). Pg.23
- Figura 5 – Disponível em: <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016. Pg. 24
- Figura 6 - *Print Screen* de tela do jogo *Last of Us* (2013). Pg.29
- Figura 7 - *Print Screen* de tela do jogo *Dear Esther* (2012). Pg.30
- Figura 8 - Imagem do filme *Viagem a Lua*, de Georges Méliès (1902). Disponível em: <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016. Pg. 35
- Figura 9 - *Concept Art* para o filme *Star Wars*, de Ralph MacQuarrie (1975). Disponível em: <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016. Pg.36
- Figura 10 - *Deserto de Tatooin*. Imagem do filme *Star Wars - A Ameaça Fantasma* (1999). Disponível em: <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016. Pg.36
- Figura 11 - Imagem da animação *A Computer Animated Hand* (1972). Disponível em: <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016. Pg.38
- Figura 12 - Imagem da produção do filme *Star Wars – O Império Contra-Ataca*. Disponível em: <http://www.starwars.com/> Acessado em: 22/02/2016. Pg. 39
- Figura 13 - Pete Docter, Animador da Pixar, durante o processo de produção do filme *Toy Store* (1994). Disponível em: <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016. Pg.40
- Figura 14 - *Print Screen* de tela do filme *Final Fantasy*. (2001). Pg. 41
- Figura 15 - O ator Tom Hanks, utilizando *Motion Capture* para a produção do filme *O Expresso Polar* (2004). Disponível em: <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016. Pg.42
- Figura 16 - Bule de Utah. Disponível em: <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016. Pg.44

Figura 17 - *Print Screen* de tela do jogo *Super Mario 64* para console *Nintendo 64*. (1996). Pg. 45

Figura 18 - *Print Screen* de tela do jogo *Bandicoot* para *PlayStation One* (1995). Pg.46

Figura – 19 Console *Xbox*, *Microsoft* (2001). Disponível em: <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016.Pg.47

Figura 20 - Um dos usos da realidade virtual para a área médica. Disponível em: <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016. Pg.49

Figura 21 - Brad Pitt durante a produção do filme *O Curioso Caso de Benjamin Button* (2008), cujo personagem era produzido 100% em 3D a partir de expressões do ator. Disponível em:<http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 22/02/2016. Pg.51

Figura 22 - Modelagem ponto a ponto realizado no programa *Blender*. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 10/06/2016. Pg.52

Figura 23 - Modelagem em curvas.

Disponível em <http://www.gettyimages.com/>Acessado em: 10/06/2016. Pg.52

Figura 24 - Modelagem como escultura digital. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 10/06/2016. Pg. 53

Figura 25 - Modelo referencial para mapa de cor. Disponível em <http://www.gettyimages.com/>Acessado em: 10/06/2016. Pg.54

Figura 26 - Modelo referencial para *bump map*. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 10/06/2016. Pg. 54

Figura 27 - Modelo referencial para *Specular Map*. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 10/06/2016.Pg.55

Figura 28 – Modelo referencial para *Displacement map*. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 10/06/2016. Pg.55

Figura 29 – Modelo referencial para mapa de transparência. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 10/06/2016. Pg. 56

Figura 30 – Modelo referencial para mapa de reflexão. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 10/06/2016. Pg.56

Figura 31 – Modelo referencial para *normal map*. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 10/06/2016. Pg. 57

Figura 32- Mapa UV do modelo tridimensional para uma representação bidimensional. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em:

10/06/2016. Pg. 57

Figura 33 - Tipos de Shaders/Materiais. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 10/06/2016. Pg. 58

Figura 34 - Ilustração do livro *Alice através do Espelho*, de Sir John Tenniel (1871). Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 10/06/2016. Pg. 61

Figura 35 - *Print Screen* de tela do jogo *No Man's Sky* (2016).Pg. 62

Figura 36 - *Print Screen* de tela do jogo *Rogue* (1980). Pg. 63

Figura 37 - *Print Screen* de tela do jogo *Minecraft* (2011). pg. 64

Figura 38 - Imagem do Computador *Apple Lisa*, da Macintosh (1984). Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016. Pg.66

Figura 39 - *Concept Art* de Jon Diesta, do personagem Abominável Homem das Neves. *Monstros S.A* (2010). Disponível em <http://www.gettyimages.com/>Acessado em: 01/10/2016. Pg. 67

Figura 40 - Imagem ilustrativa do processo de modelagem com imagens referenciais. Disponível em <http://www.gettyimages.com/>Acessado em: 01/10/2016. Pg. 69

Figura 41 - Framework para a criação de novas árvores a partir de um modelo do trabalho *Inverse Procedural Modeling of Trees* (2014, pg.3). Disponível em <https://goo.gl/pqSdJ9>Acessado em: 01/10/2016. Pg. 70

Figura 42 - Etapas de um sistema L simples proposto por Lindenmayer e Prusinkiewicz encontrados no trabalho *Reconstructing 3D Tree Models from Instrumented Photographs*. Disponível em <https://goo.gl/yQPfuz>Acessado em: 01/10/2016. Pg. 71

Figura 43 - Construção de uma forma a partir de suas silhuetas. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016. Pg. 73

Figura 44 - Modelagem baseada em figura única para estruturação. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016. Pg.73

Figura 45 - Exemplo de fractal. Disponível em <http://www.gettyimages.com/>Acessado em: 01/10/2016. Pg. 75

Figura 46 - Fractal aleatório, vôo de Lévy. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016. Pg. 76

Figura 47 - Sistema de funções iteradas, curva do floco de neve. Como vista no texto Geometria fractal: propriedades e características de fractais ideais.

Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016. Pg.77

Figura 48 - Exemplo de fractais de fuga do tempo, conjunto de Mandelbrot. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016. Pg.78

Figura 49 - *Print Screen* de tela do jogo *Witcher III* (2015). Pg. 81

Figura 50 - *Print Screen* de tela do jogo *Witcher III* (2015). Pg. 82

Figura 51 - *Print Screen* de tela do jogo *Witcher III* (2015). Pg. 83

Figura 52 - *Print Screen* de tela do jogo *Witcher III* (2015). Pg. 85

Figura 53 - *Print Screen* de tela do jogo *Witcher III* (2015). Pg. 86

Figura 54 - *Print Screen* de tela do programa SpeedTree. Pg. 88

Figura 55 - Imagem representativa da estrutura simples de uma árvore. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016. Pg.90

Figura 56 - Tipos de ramificações. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016. Pg. 90

Figura 57 - Evolução do desenvolvimento em L. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016. Pg. 91

Figura 58 - Representação da competição entre plantas. Disponível em <http://www.gettyimages.com/> Acessado em: 01/10/2016. Pg. 92

Figura 59 - *Print Screen* de tela do jogo *Witcher III* (2015). Pg. 93

Figura 60 - *Print Screen* de tela do jogo *Witcher III* (2015). Pg. 94

Figura 61 - Imagem de uma *Cloud 9 Dogwood*. Disponível em <https://www.arboday.org/> Acessado em: 10/01/2016. Pg. 95

Figura 62 - *Print Screen* de tela do jogo *Witcher III* (2015). Pg. 96

Figura 63 - *Print Screen* de tela do jogo *Witcher III* (2015). Pg. 97

Figura 64 - Flores e folhas em foco de uma *Cloud 9 Dogwood*. Disponível em <https://www.arboday.org/> Acessado em: 10/01/2016. Pg. 97

Figura 65 - *Print Screen* de tela do jogo *Witcher III* (2015). Pg. 98