

Lucas Figueiredo Gonçalves

*A evolução da computação gráfica e seu impacto no
cinema de animação*

Belo Horizonte

2013

Lucas Figueiredo Gonçalves

***A evolução da computação gráfica e seu impacto no
cinema de animação***

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Colegiado de Graduação em Artes Visuais da Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Artes Visuais com habilitação em Cinema de Animação

Orientador:

Prof. Wallace Santos Lages

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE BELAS ARTES
DEPARTAMENTO DE FOTOGRAFIA, TEATRO E CINEMA

Belo Horizonte

2013

Agradecimentos

A Elio, Conceição, Herik e Helio, esta família maravilhosa que me apoiou e se sacrificou para que eu pudesse chegar até aqui. Aos meus amigos por tornarem essa jornada mais divertida: Mariana, Flávia, Ariadna, Sheylla, Thalita, Aline, Maycon, Derick, Juliana, Cecel, Hudson, Cristiano, Hagner, Thaína, Luís, Matheus, Gabriela e muitos outros. Em especial, Verônica, Victor Herman, Saulo, Felipe Ávila, André Mazio, Afrânio, Hugo, Rafaela, Ana Luíza, Thales, Arlem, Inaiara, Glauber, Aline Cota, Joapa, Ricardo e muitos outros amigos da Escola de Belas Artes que compartilharam comigo conhecimentos, dificuldades, frustrações, objetivos de vida, alegria, perseverança e suas visões particulares de mundo. Aos meus colegas de trabalho e de iniciação científica, pela sempre estimada companhia e inteligência fora do comum, que me motiva a estudar sempre mais. Aos professores pela doação constante, os ensinamentos profundos e a inspiração profissional. Especialmente Fernanda Goulart, Ana Andrade, Toninho, Daniel, Maurício, Yacy-Ara, Luiz Nazário, Rosilane, Arttur, Pedro Simon, Virgílio e meu orientador Wallace: obrigado por acreditarem em mim!

Obrigado a Deus por cumprir mais etapa na minha vida.

Resumo

O presente trabalho investiga os impactos sentidos pelo cinema de animação com a introdução de tecnologias gráficas computacionais em seu *modus operandi*. O objetivo é analisar como as potencialidades expressivas e as limitações introduzidas por essas tecnologias influenciaram os efeitos especiais e os filmes de animação, além do processo de trabalho do animador. Primeiramente, é apresentada uma linha cronológica dos avanços da computação gráfica e obras cinematográficas relevantes. Em seguida, seus impactos em três dimensões: produtiva, estética e narrativa. Nas considerações finais, observa-se que a computação gráfica se tornou a base das ferramentas de trabalho do animador e direcionou várias tendências estéticas, mas teve menor influência nas narrativas e no desenvolvimento da linguagem e princípios da animação.

Palavras-chave: Cinema de Animação. Computação Gráfica. Efeitos Especiais. Arte. Computação.

Abstract

This study investigates the impacts on the animated films by the introduction of computer graphics technology in their *modus operandi*. The aim is to analyze how the expressive potentialities and limitations introduced by these technologies influenced the special effects and animation films, besides the working process of the animator. First, we present a timeline of advances in computer graphics and cinematographic material. Then its impacts in three perspectives: productive, aesthetic and narrative. In the final considerations, it is observed that the CG became the basis of the working tools of the animator and directed several aesthetic tendencies, but had less influence in the narratives and the development of language and principles of animation.

Keywords: Animation. Computer Graphics. Special Effects. Art. Computing.

Lista de Figuras

- 1 Acima, *lightcycles* do filme “*Tron*” de 1983. Abaixo, os *lightcycles* na sequência “*Tron Legacy* de 2012. p. 15
- 2 Evolução dos filmes da Pixar ao longo do tempo p. 28

Lista de Abreviaturas e Siglas

ACM - *Association of Computing Machinery*

CAD - *Computer Assisted Design*

CG - *Computação Gráfica*

GIF - *Graphics Interchange Format*

ILM - *Industrial Light and Magic*

JPEG - *Joint Photographic Experts Group*

LDS-1 - *Line Drawing System-1*

MIT - *Massachusetts Institute of Technology*

NASA - *National Aeronautics and Space Administration*

NYIT - *The New York Institute of Technology*

PARC - *Palo Alto Research Center*

RAM - *Random Access Memory*

SIGGRAPH - *Special Interest Group on Computer Graphics*

UPA - *United Productions of America*

Sumário

Agradecimentos

Lista de Figuras

Lista de Abreviaturas e Siglas

1	Introdução	p. 8
2	Restrospectiva	p. 10
2.1	Décadas de 1960 e 1970	p. 10
2.2	Década de 1980	p. 13
2.3	Década de 1990	p. 15
2.4	Anos 2000	p. 17
3	Impactos	p. 20
3.1	Impactos na produção	p. 20
3.1.1	<i>Hardware</i>	p. 22
3.1.2	Interface e Abstrações	p. 23
3.1.3	Exemplos de Tecnologias Introduzidas pela Computação Gráfica . . .	p. 25
3.2	Impactos visuais	p. 26
3.3	Impactos na narrativa	p. 29
4	Considerações Finais	p. 32
	Referências Bibliográficas	p. 34

1 *Introdução*

Animação é uma palavra derivada do termo latino *animare*, que significa “dar vida”. Fossatti (apud MCKEE, 2006) a define como uma técnica que se sustenta pelas leis do metamorfismo universal, a partir das quais tudo pode ser criado e transformado, independente das leis físicas. O encanto da animação se encontra em dar vida a imagens e objetos inanimados.

Para dar vida aos objetos inanimados, do século XVII até hoje, os princípios físicos e ópticos utilizados são os mesmos. Mas para o truque funcionar é necessário um aparato tecnológico básico: imagens sequenciais e um suporte que as projete intermitentemente. Tal aparato evoluiu da lanterna mágica até os atuais projetores e monitores, passando pelo taumatoscópio¹, fenaquistoscópio², zootoscópio³, *flipbook*⁴ e praxinoscópio⁵. Ou seja, desde os seus primórdios a animação esteve atrelada ao desenvolvimento técnico e científico.

O grande trabalho do animador é gerar as imagens sequenciais. Segundo Cruz (2006), entre 1910 e 1950 a animação passa por um processo de industrialização e a criação de personagens lendários, como Betty Boop, Popeye e Mickey Mouse, e as criações dos irmãos Fleischer. A Disney irá fomentar o seu estilo detalhista e a *United Productions of America* (UPA), subversivamente, irá lançar a animação limitada. Nesta época serão lançadas as bases fundamentais da linguagem da animação e as técnicas de produção que atenderão aos requisitos de orçamento, prazo e expressão visual exigidos pelos estúdios.

Nessa mesma época, os cientistas da computação começam a se debruçar sobre as pos-

¹Disco com duas figuras diferentes desenhadas uma em cada lado, mas em posições invertidas. Cada extremidade do disco possui um pedaço de fio. Quando se faz girar o disco rapidamente sobre o fio esticado, as duas imagens parecem estar sobrepostas dando a ilusão de se tratar apenas de uma figura.

²Disco preso pelo centro com um arame ou uma agulha grossa de forma a poder-se fazê-lo girar rapidamente. Nas extremidades do disco, e entre as ranhuras, eram desenhadas 16 figuras em posições diferentes, mas seqüenciais. O observador só tinha de segurar o disco em frente a um espelho com as imagens voltadas para este. Olhando através das ranhuras e girando o disco, as figuras adquirem movimento, era então possível obter uma seqüência de imagens animadas.

³Cilindro oco tendo rasgadas nas bordas superiores um certo número de fendas espaçadas regularmente uma das outras com efeito semelhante ao do fenaquistoscópio

⁴Coleção de imagens organizadas seqüencialmente, em geral no formato de um livreto para ser folheado dando impressão de movimento, criando uma seqüência animada sem a ajuda de uma máquina.

⁵Aparelho que projeta na tela, imagens desenhadas sobre fitas transparentes.

sibilidades do uso da informática no cálculo e geração de imagens. Na década de 1960, essas pesquisas irão fomentar uma área nova, chamada *computação gráfica* que pode ser definida como "a arte e a ciência em que o computador é incorporado no processo de criação e apresentação visual"(Lucena Jr. (2005) apud Kerlow, p.162). Nos anos 1970, tanto os avanços na tecnologia de geração de imagens quanto o desenvolvimento da informática de maneira geral, irão permitir a incorporação de procedimentos computacionais nas ferramentas de animação.

Na década de 1980 ocorrerá o aperfeiçoamento e acessibilidade dos artistas à essas tecnologias, permitindo sua aplicação plena, tanto em termos narrativos quanto estéticos, e o desenvolvimento de uma linguagem própria da animação por computador. A partir dos anos 1990, o cinema irá incorporar a computação gráfica na inserção de efeitos especiais em seus filmes e o cinema de animação, em particular, irá modificar suas estratégias de produção, abarcando o computador como ferramenta principal de trabalho. Os métodos inerentes desta tecnologia, como a animação 3D (tridimensional) digital e a releitura dos métodos tradicionais por softwares de animação bidimensional, são efetivamente incorporados na produção.

O objetivo deste trabalho é investigar a margem de interseção entre essas duas áreas, o cinema de animação e a computação gráfica, identificando a troca de influências entre ambas. Primeiramente, será apresentada uma linha do tempo mostrando a evolução histórica da computação gráfica e as produções cinematográficas relevantes associadas às inovações da área. Em seguida será apresentado um estudo do seu impacto em três recortes do cinema de animação: sobre o processo e as ferramentas de produção, sobre a visualidade e sobre a narrativa. Na última seção, são apresentadas as considerações finais.

2 *Restrospectiva*

A retrospectiva a seguir apresenta fatos importantes na história da computação gráfica e os lançamentos cinematográficos relevantes associados a elas. Esta versão é baseada na linha do tempo de Chavarro (2005) e nas notas de aula de Carlson (2004) e Sevo (2006).

2.1 Décadas de 1960 e 1970

William Fetter, designer gráfico da Boeing em 60, é creditado como autor do termo *Computer Graphics* (CG) para descrever o seu trabalho, que consistia em uma figura humana digital para simulações de ergonomia em aviões. O termo foi posteriormente expandido para a definição usada hoje em dia. John Whitney, considerado um dos mais influentes pioneiros da animação por computador funda a *Motion Graphics, Inc.* e utiliza dispositivos analógicos para produzir a abertura do filme “Um corpo que cai” (*Vertigo*, EUA, 1958) de Alfred Hitchcock em 1961. Naquele ano também foi criado o *Spacewars*, um dos primeiros jogos digitais.

Em 1963, Lawrence Roberts escreve o primeiro algoritmo para eliminar superfícies ocultas de uma imagem em perspectiva, no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Ivan Sutherland revela o *Sketchpad*, o primeiro programa que possuía uma interface gráfica de usuário completa, utilizando um monitor para a plotagem de pontos cartesianos e uma caneta óptica. Segundo Lucena Jr. (2005), a Sutherland pode ser creditada uma grande contribuição para o desenvolvimento da CG, pois ele ajudou a inventar e aperfeiçoar o processador gráfico, um componente eletrônico destinado a lidar exclusivamente com dados visuais.

Nos laboratórios Bell, surgem as primeiras animações que efetivamente dão início à era do filme digital. O primeiro deles, criado por Edward E. Zajac. Em sua maioria, filmes de demonstração científica e prova de conceito. A IBM lança o System/360, primeiro computador comercialmente disponível para múltiplas aplicações, incluindo gráficas e surge o RAND, um dispositivo de entrada em forma de mesa digitalizadora. Em 65, Jack E. Bresenham publicou um artigo descrevendo um algoritmo para o desenho de linhas em dispositivos matriciais (como o monitor). É realizada a primeira exposição de arte computacional, em Stuttgart. Já em 66 é

lançado o *Odyssey*, um videogame doméstico considerado o primeiro produto de consumo da computação gráfica.

Em 67, Steve Coons publica uma das grandes contribuições para a área do desenho geométrico, o “*The Little Red Book*”. Ele apresentou a notação, a fundação matemática e a interpretação intuitiva da ideia que se tornaria a fundação das descrições de superfícies que são usadas comumente hoje em dia, como *b-splines*, NURBS, etc. A *General Electric* apresenta o primeiro simulador de vôo colorido e em tempo real para a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). No Instituto de Arte Contemporânea de Londres é organizada a exposição *Cybernetic Serendipity*, a primeira a dar visibilidade à arte computacional.

Arthur Appel apresenta, em 1968, o primeiro algoritmo de *ray casting*. Sutherland mostra o primeiro sistema de visualização de realidade virtual (ou realidade aumentada), chamado de “A espada de Damocles”. Este dispositivo apresenta uma interface rudimentar para exibição de gráficos em *wireframe*, saídos diretamente de um programa de computador para uma tela binocular. Ele também cria o *Line Drawing System-1* (LDS-1), um sistema que gerava linhas animadas em tempo real. Foi o primeiro sistema gráfico acelerado via *hardware*.

Segundo Lucena Jr. (2005, p.250) é no final dos anos 60 que aparecem os sistemas de animação interativos que vão proporcionar o início da difusão da animação computadorizada nas duas grandes mídias de massa: o cinema e a televisão. Com esses sistemas, a linguagem deixa de apoiar-se em comandos digitados, enfatizando o uso de interfaces gráficas na construção interativa das imagens. A primeira leva de comerciais para a televisão a fazer uso das técnicas de computação foi realizada pela família analógica desses sistemas, como *Scanimate*. Eles eram destinados à animação de títulos, formas, efeitos especiais, etc e não para animação complexa de personagens como vistos nos filmes da Disney.

Na década de 70, a computação gráfica irá ganhar sua atual dimensão e complexidade, tanto pelos avanços no âmbito específico da tecnologia da imagem quanto pelo desenvolvimento da informática de maneira geral. As animações e efeitos serão popularizados no mundo da televisão e do cinema e novos processos experimentais serão criados.

Em 71, Henri Gouraud apresenta um método para a criação da aparência de uma superfície curva interpolando cores através dos polígonos. Esse método de sombreamento de uma cena 3D ficou conhecido como *Gouraud shading*. No *Palo Alto Research Center* (PARC) da Xerox, será inventado o *frame buffer* de 8 bits. Este é um componente físico, uma memória especializada com função de armazenamento temporário dos dados visuais, organizados na forma de uma matriz de *pixels*. Com o *frame buffer*, havia possibilidade de armazenamento e manipulação de imagens em alta velocidade, trabalhando com uma vasta gama de cores, modelos de

iluminação e cores. Em 73, a produtora Triple-1 junto com a MGM lança a primeira aplicação de computação gráfica em filmes de longa metragem na obra “*Westworld - Onde Ninguém Tem Alma*” (*Westworld*, EUA, 1973). A animação computadorizada foi usada para mostrar como se enxergava através dos olhos de um robô, metaforicamente representada pela *pixelização* da imagem.

Em 1974, Edwin Catmull desenvolve 3 técnicas fundamentais da computação gráfica: o mapeamento de texturas, *z-buffer* e a renderização de superfícies curvas. Peter Folds, ganha o Prêmio do Júri do festival de Cannes e foi indicado para o Oscar pelo filme *Hunger* (EUA, 1973). Este foi um dos primeiros filmes de animação figurativa a apresentar uma narrativa estruturada, realizado com tecnologia digital. O filme trabalhava com gráficos vetoriais que se transformavam através do efeito conhecido como *morph*, cujas cores eram acrescentadas na fase de composição final, realizada por meio óptico. Em 75, Phong Bui-Tong propôs um novo sistema de iluminação, o qual interpolava as cores sobre uma superfície poligonal, dando sombreamento e reflexão de áreas claras com precisão. John Whitney completa o filme *Arabesque* (EUA, 1975), caracterizado pela psicodelia de formas curvas e coloridas. Martin Newell, cria o modelo 3D do bule de chá (*teapot*), um dos ícones da computação gráfica. O matemático francês Benoit Mandelbrot publica um artigo chamado “*A Theory of Fractal Sets*” (“Uma teoria de conjuntos fractais”), que descreve os fractais.

Ed Catmull desenvolve um programa comercial chamado *Tween* que automatizava o processo de produção de entremeios na animação 2D. Em 77, Franklin Crow introduz as primeiras técnicas práticas de antiserrilhamento (*anti-aliasing*) e a Academia de Artes e Ciências Cinematográficas inaugura no Oscar a categoria de Efeitos Visuais.

Em 1978, James F. Blinn apresenta uma técnica para simular a rugosidade de texturas, conhecida como *Bump Mapping* e o efeito de *displacement* (no qual a geometria do objeto é alterada com base nas informações de intensidade do mapa de textura). Nos anos seguintes ele irá desenvolver para a NASA simulações do percurso da nave espacial *Voyager*.

Em 79, George Lucas funda a *Industrial Light and Magic* (ILM) para a produção de efeitos especiais cinematográficos e contrata Catmull, Ralph Guggenheim e Alvy Ray Smith. A cooperação entre cientistas e artistas irá permitir a aplicação da computação gráfica no cinema comercial.

2.2 Década de 1980

A década de 1980 é marcada pela diversidade e complexidade dos acontecimentos na computação gráfica:

A arte vai emergir não tanto pelo aparecimento de sofisticados algoritmos de simulação de fenômenos naturais, mas pelo aperfeiçoamento e acessibilidade dos artistas às tecnologias desenvolvidas nos anos 1970, que, enfim, irão permitir a transposição, para a computação 3D, dos princípios artísticos tradicionais formais e mecânicos: a linguagem da arte. Estava acontecendo com a computação gráfica a transferência da tecnologia das mãos dos cientistas para as dos artistas, da mesma forma como acontecera com o cinema.(LUCENA JR., 2005, p.345)

A Disney contrata vários estúdios de efeitos gráficos visuais para a produção do filme *Tron*. Em 81, na *Lucasfilm* é produzido um sistema de renderização chamado REYES (*Renders Everything You Ever Saw*), que irá se tornar o motor de renderização *Renderman*. É lançado o primeiro filme com gráficos 3D digitais sombreados, *Looker* (EUA, 1981), através de um personagem humano virtual.

Em 1982, Jim Clark funda a *Silicon Graphics Inc.* (SGI), focada em desenvolver computadores de alta performance gráfica e John Walker fundam a *Autodesk Inc.* que lança a primeira versão do AutoCAD. Dois grandes filmes que se utilizavam de animações e efeitos gerados por computador são lançados: “*Tron: Uma odisséia eletrônica*” (*Tron*, EUA, 1982), contém cerca de 30 minutos de gráficos gerados por computador de “alta” qualidade, e “*Jornada nas Estrelas II: A Ira de Khan*” (*Star Trek II: The Wrath of Kahn*, EUA, 1982), no qual a *Lucasfilm* produziu uma sequência em que um planeta inóspito ganha vida.

Bill Reeves da *Lucasfilm* publica um artigo descrevendo um sistema de partículas em 1983. Deste modo, se tornou possível a visualização de objetos inerentemente amorfos e complexos, como fumaça, fogo, folhagem, poeira, etc. Lance Williams inventa a técnica do *mip mapping*. Para “*Star Wars Episódio VI: O retorno de Jedi*” (*Star Wars Episode VI: Return of the Jedi*, EUA, 1983), a divisão computacional da *Lucasfilm* cria os efeitos gráficos para representar a Estrela da Morte em construção. Essa divisão irá evoluir em dois grupos, Games e a Pixar. É lançado o filme “*O Último Guerreiro das Estrelas*” (*The Last Starfighter*, EUA, 1983) no qual naves, planetas e construções de alta tecnologia são feitas com computação gráfica e integradas em cenas *live-action*.

Em 1984, a companhia *Wavefront* introduz o primeiro sistema de animação 3D comercial. Antes dela, todos os estúdios de computação gráfica tinham que escrever seus próprios programas para gerar animação tridimensional. A *Apple* lança o primeiro computador pessoal

com uma interface gráfica. Pesquisadores da *Lucasfilm* desenvolvem o *A-buffer* (*alpha buffer*), o traçado de raios distribuídos, o modelo de iluminação de Cook e os efeitos de *motion blur* (desfoque por movimento). A Pixar lança "*The Adventures of André and Wally B.*" (EUA, 1984), marcando o início da produção de curtas animados predominantemente digitais. Em 1985, eles lançarão o filme "O Jovem Sherlock Holmes" (*Young Sherlock Holmes*, EUA, 1985), contendo um guerreiro medieval animado fotorrealisticamente e impresso diretamente sobre o filme usando um laser. O filme será agraciado com o Oscar de Efeitos Especiais no ano seguinte.

Em 1986, a Disney lança "As Peripécias do Ratinho Detetive" (*The Great Mouse Detective*, EUA, 1986) que é o primeiro longa animado a utilizar computação gráfica no auxílio dos processos de animação. Foi uma tentativa de unir os gráficos por computador (apenas para objetos mecânicos como relógios e engrenagens) com animação feita a mão. Luxo Jr. (EUA, 1986) da Pixar será o primeiro filme em CG indicado ao Oscar. Nesse mesmo ano, a Pixar é comprada da *Lucasfilm* por Steve Jobs. O projeto *Waldo* da Digital Productions irá desenvolver a técnica de captura de movimentos (*motion capture*).

Os formatos de imagem GIF (*Graphics Interchange Format*) e JPEG (*Joint Photographic Experts Group*) surgem em 1987. A *International Business Machines* (IBM) inventa o *Video graphics Array* (VGA). Em 88, o filme *Willow Na Terra da Magia* (*Willow*, EUA, 1988) populariza a técnica de *morphing*¹ com a cena na qual um feiticeiro se transforma em vários animais. Já "Uma Cilada para Roger Rabbit" (*Who Framed Roger Rabbit*, EUA, 1988) mistura animação com filmagens na vida real (*live action*). O órgão de registros dos Estados Unidos confere à Pixar uma patente sobre o *Renderman*, um padrão para descrever cenas tridimensionais. Ele descreve tudo que o computador precisa saber antes de renderizar uma cena 3D, como objetos, fontes de luz, câmeras, efeitos atmosféricos, etc. Uma vez que a cena é convertida no arquivo *Renderman* ela pode ser renderizada em diferentes sistemas. Para os desenvolvedores de *software* significava produzir cenas compatíveis com o padrão *Renderman* e deixar de se preocupar em escrever seu próprio *render*.

O grupo de animação da Pixar ganha o Oscar pelo curta animado *Tin Toy* (EUA, 1988), em 89. O filme foi criado completamente com animação tridimensional por computador usando o sistema *Renderman*. John Lasseter dirigiu o filme enquanto William Reeves fez a direção técnica.

¹Técnica na qual uma figura se transforma em outra visualmente

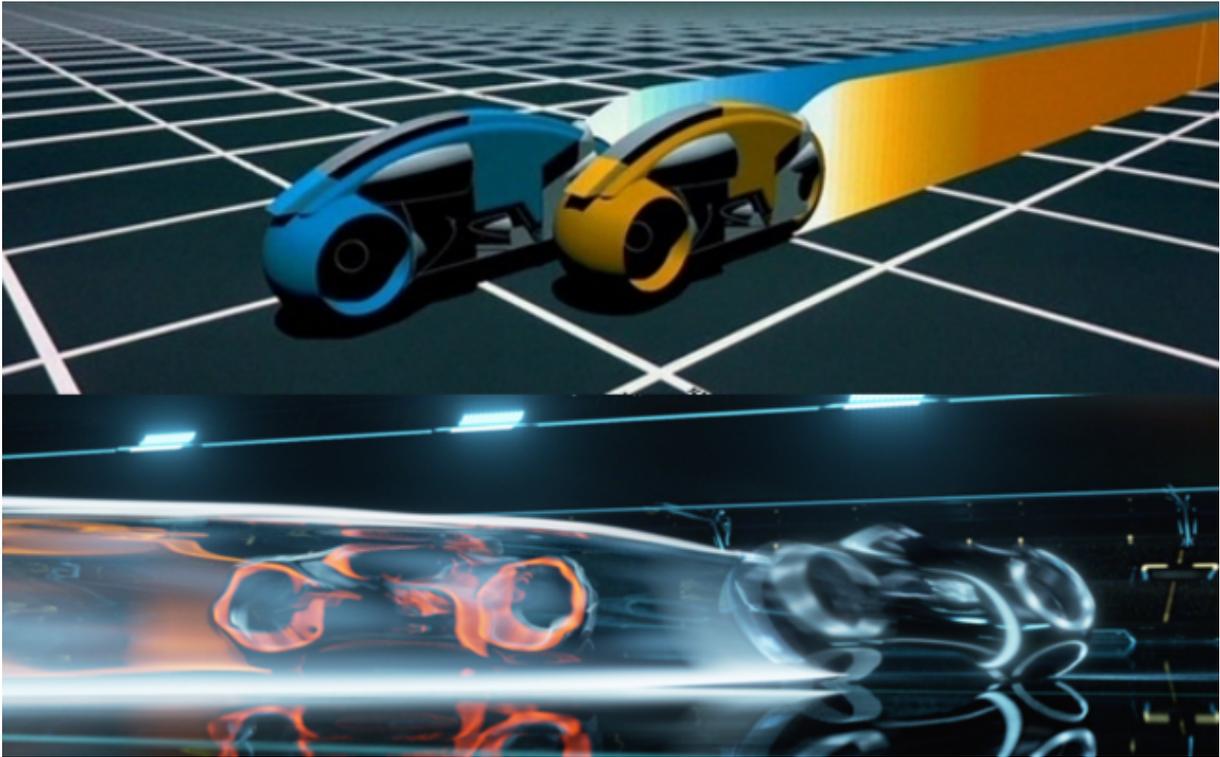


Figura 1: Acima, *lightcycles* do filme “*Tron*” de 1983. Abaixo, os *lightcycles* na sequência “*Tron Legacy* de 2012.

2.3 Década de 1990

Em 1990, a *Autodesk* lança seu primeiro produto voltado para animação tridimensional por computador, o *3D Studio*. A *Pixar* adquire uma patente sobre o amostramento de pontos. Ela fará um acordo com a *Disney* para a produção de três filmes, incluindo um totalmente produzido por computação gráfica (“*Toy Story*”). O diretor *James Cameron* produz “O Exterminador do Futuro 2” (*Terminator 2*, EUA, 1991), que não apenas utiliza cenas em CG como inclui um personagem virtual cuja aparência imita metal líquido e pode mudar sua forma livremente, o T-100. Ele alternava entre *Robert Patrick* e a versão animada tridimensional do ator. Estabeleceu-se um novo nível para os efeitos especiais pois além dos gráficos serem realistas, conseguiu-se obter o efeito dentro do prazo e orçamento estimados para o filme. Embora gráficos 3D já houvessem aparecido em animações anteriores da *Disney*, *A Bela e a Fera* (*Beauty and The Beast*, EUA, 1991) foi o primeiro no qual os personagens desenhados a mão apareceram sobre uma imagem de fundo tridimensional.

Ambos os filmes impactaram toda a indústria do entretenimento de Hollywood, popularizando a utilização de efeitos especiais nas produções cinematográficas da década. Em 1992 surge a biblioteca gráfica *OpenGL*. Em 1993, *Dennis Muren* da *ILM*, convence *Steven Spielberg* a utilizar a computação gráfica na construção dos dinossauros do filme “O Parque dos Dinos-

sauros” (*Jurassic Park*, EUA, 1993). *Free Willy* (EUA, 1993), em vez de treinar uma baleia real no seu pulo para o mar aberto, optou por usar uma baleia de CG renderizada com *Renderman*, além das tomadas com animatrônicos e animais reais.

Em 1994 é lançada uma série animada feita totalmente em 3D, chamada *Reboot*, e o padrão de formato de arquivo para realidade virtual VRML (*Virtual Reality Modeling Language*). No filme “Forrest Gump” (EUA, 1994), os artistas da ILM usaram composição digital, sobrepondo diferentes sequências de vídeo, umas sobre as outras, para dar a sensação que o ator Tom Hanks estava na mesma cena que políticos americanos do passado. A Disney lança “O Rei Leão” (*The Lion King*, EUA, 1994), para o qual multidões de animais selvagens em 3D são integrados em cenários pintados a mão. A ILM cria animações fotorrealísticas para o filme “O Máscara” (*The Mask*, EUA, 1994), integrando-as com tomadas de *live action*, imitando o estilo de animação de Tex-Avery.

1995 vê o lançamento de um longa-metragem de animação totalmente produzido por computação gráfica: “*Toy Story*” (EUA, 1995), da Pixar. Ele não apresenta nenhum avanço revolucionário nos processos da CG porém seu pioneirismo teve um grande impacto na percepção das pessoas em relação à computação gráfica. A Sony lança o *Playstation*, o videogame doméstico que popularizou os jogos com avançados gráficos 3D e é fundado o estúdio *DreamWorks*. Em 1996, os avanços na criação de penugem e cabelos via computação gráfica são reconhecidos por diversos prêmios científicos.

Em 1997 surge o *Flash*, um programa de animação vetorial muito popular na *web*, e o padrão DVD. *Digital Domain*, o estúdio principal do filme *Titanic*, estabelece um novo nível de efeitos especiais ao colocar milhares de pessoas digitais, animadas com a ajuda da captura de movimentos, a bordo de um navio. O estúdio também produziu extensões de cenários e água em CG. Os efeitos digitais em *Titanic* provaram que a CG evoluiu drasticamente desde o lançamento de *Jurassic Park*. No campo dos componentes físicos é lançada a placa *Voodoo 3D*, um ponto de virada para a aceleração gráfica via *hardware*.

Em 1998 é lançado o *software* de animação *Maya* enquanto 1999 ocorre o lançamento da primeira *Graphics Processing Unit* (GPU) voltada ao consumidor doméstico, a *GeForce 256*. Ela foi a primeira placa de jogos 3D a possuir um motor de transformações e iluminação via *hardware*.

“*Star Wars* Episódio I: A Ameaça Fantasma” (*Star Wars Episode I: The Phantom Menace*, EUA, 1999) utiliza 66 personagens digitais, incluindo personagens principais como Jar Jar Binks, interagindo com atores reais. Cerca de 95% das tomadas foram digitalmente manipuladas de alguma forma. A Disney utiliza uma nova tecnologia, *Deep Canvas*, na qual artistas

2D pintam sobre cenas 3D para o filme “Tarzan” (EUA, 1999). Informações sobre cada pinclada são armazenadas e depois aplicadas a posições no espaço tridimensional, permitindo ao personagem principal deslizar sobre a floresta com a aparência de pintura a mão. Para a animação “O Gigante de Ferro” (*The Iron Giant*, EUA, 1999 da Warner, o herói foi modelado em 3D no Maya, renderizado em estilo cartum no *Renderman* e importado no sistema de animação da Universidade de Cambridge, Animo.

2.4 Anos 2000

A Disney coloca personagens de computação gráfica sobre cenários reais para o filme “Dinossauros” (*Dinosaur*, EUA, 2000). Para fazer os dinossauros e outros animais, 15 engenheiros escrevem 450 programas dos quais mais de 120 são *plugins* para o Maya e para o Softimage 3D. O estúdio também irá criar um filhote de dálmata digital albino e vários outros com pintas, além de retirar as manchas de filhotes reais digitalmente para o filme “102 Dálmatas” (EUA, 2000).

Para inserir o alce e o esquilo em “As Aventuras de Rocky e Bullwinkle” (*The Adventures of Rocky and Bullwinkle*, EUA, 2000), um filme em *live action*, a ILM renderiza personagens 3D com aparência cartum enquanto mantém sua dimensão em relação às filmagens reais e reproduz o estilo dos personagens. A ILM também fez os efeitos de “Mar em Fúria” (*The Perfect Storm*, EUA, 2000). Eles simularam a passagem de luz sobre a água, vários tipos de espuma e de respingos, a oscilação do mar revolta e ondas de 100 metros de altura, além de barcos, aviões e dublês digitais. Tal esforço foi recompensado com a indicação ao Oscar de Efeitos Especiais. Para fazer “O Homem Invisível” (*Hollow Man*, EUA, 2000), a *Sony Imageworks* cria um clone virtual do ator Kevin Bacon e faz sua pele, músculos, órgãos e ossos erodir, camada por camada, até se tornar invisível.

Em 2001, a Academia de Artes Cinematográficas de Hollywood reconhece os grandes avanços do cinema de animação introduzindo a categoria de Melhor Filme de Animação, voltado para os longas metragens nessa técnica. A Microsoft lança o Xbox acirrando a competição no mercado de videogames domésticos. A *Dreamworks* lança “Shrek” (EUA, 2001) uma comédia de animação que ganha, no ano seguinte, o primeiro Oscar de Melhor Animação. Para os efeitos de “*Pearl Harbor*” (EUA, 2001), a ILM desenvolve novas técnicas de renderização e de simulação de corpos rígidos, resultando em aviões, tanques, navios de batalha, cenários de guerra, explosões, fumaça e soldados digitais. A *Square Pictures* lança “*Final Fantasy - The Spirits Within*” (Japão, 2001) um dos primeiros filmes de animação a ter o elenco todo composto de personagens digitais fotorrealísticos. Embora não tenha sido um sucesso comercial ele agu-

çou a imprensa e a comunidade CG ao mostrar os níveis de fidelidade naturalista que podiam ser atingidos. A Pixar lança “Monstros SA” (*Monsters Inc.*, EUA, 2001), após desenvolver um novo sistema capaz de produzir pêlos e cabelos de alta qualidade. Finalmente, em dezembro, é lançado “O Senhor dos Anéis: A Sociedade do Anel” (*The Lord Of The Rings: The Fellowship of The Ring*, EUA, 2001), na qual a *Weta Digital* transpôs os personagens fantásticos do livro de Tolkien para as telas.

Em 2002 ocorre o lançamento da nova geração de GPUs da nVidia. O chip nv25 supera os gráficos do próprio console da Microsoft, o Xbox, mostrando o quão rapidamente a tecnologia gráfica estava evoluindo. Após o levantamento de 100 mil dólares, o software de animação 3D *Blender* tem seu código fonte liberado e irá se popularizar nos anos seguintes como alternativa aos caros *softwares* proprietários da Autodesk. Em 2004, tanto a nVidia quanto a ATI passam a oferecer placas gráficas voltadas para dispositivos móveis. Alguns anos depois este mercado verá um crescimento vertiginoso. A Sony lança o Playstation Portátil, com gráficos de alta qualidade que podem ser carregados na mão elevados para qualquer lugar. “Shrek 2” (EUA, 2004) e Os Incríveis (*The Incredibles*, EUA, 2004) são os grandes lançamentos de animação. Novos estúdios entram em jogo e este deixa de ser um nicho de mercado dominado pela Disney. Também é lançado o filme “Capitão Sky e o Mundo do Amanhã” (*Sky Captain and the World of Tomorrow*, EUA, 2004), notável por ser um dos primeiros filmes feitos com um “*digital backlot*”, ou seja, colocar atores reais sobre cenários virtuais, cortando custos consideráveis.

A Disney apresenta o seu primeiro filme totalmente em 3D, “*Chicken Little*” (EUA, 2005). “As Crônicas de Nárnia” (*The Chronicles of Narnia: The Lion, the Witch and the Wardrobe*, EUA, 2005) apresenta Aslan, um leão em CG extremamente fotorrealístico. E George Lucas finaliza sua nova trilogia com “Star Wars Episódio III: A Vingança dos Sith” (*Star Wars Episode III: Revenge of the Sith*, EUA, 2005), com efeitos especiais estonteantes. O personagem Yoda, completamente gerado por computação gráfica apresenta grande detalhismo mesmo quando câmera chega muito perto do personagem. Uma técnica inovadora foi a utilização de mapeamento digital de faces para mapear as interpretações dos atores originais sobre as faces dos dublês nas cenas de maior perigo.

A Disney compra a Pixar em 2006, por 7,4 bilhões de dólares. O remake de “King Kong” (EUA, 2006) apresenta uma criatura convincente ao mesmo tempo que monstruosa. “Piratas do Caribe: O Baú da Morte” (*Pirates of the Caribbean: Dead Man’s Chest*, EUA, 2006) apresenta um vilão humano com a cabeça feita em computação gráfica e George Miller cria o pinguim “*Happy Feet*” (EUA, 2006) que mistura comportamento e personalidade humanas com animais digitais e fotorrealistas, ao invés de antropomorfizá-los.

Em 2007, a estereoscopia se populariza nos cinemas novamente e se torna muito popular nos lançamentos de IMAX. O efeito dá a sensação de profundidade as cenas tridimensionais. Michael Bay lança o frenético “*Transformers*” (EUA, 2007), baseado na série de animada dos anos 80, porém com mais de 20 anos de evolução gráfica. A Imageworks captura a interpretação de atores famosos para movimentar os humanos estilizados em CG do filme “A Lenda de Beowulf” (*Beowulf*, EUA, 2007), e para despir virtualmente Angelina Jolie.

“O Curioso Caso de Benjamin Button” (*The Curious Case of Benjamin Button*, EUA, 2008) desafia as tecnologias de iluminação, sombreamento e mesclagem de atores com CG para fazer as mudanças físicas no ator Brad Pitt. “Up - Altas Aventuras” (*Up*, EUA, 2009), da Pixar, demanda novos avanços na simulação de roupas. James Cameron lança “Avatar” (EUA, 2009), provando a superação dos limites das filmagens virtuais e do 3D estereoscópico na indústria cinematográfica, além de ser a grande bilheteria da década. Já em 2011, o cinema de animação será delicadamente homenageado em “A Invenção de Hugo Cabret” (*Hugo*, EUA, 2011) cujos efeitos visuais recebem um Oscar no ano seguinte.

3 *Impactos*

3.1 Impactos na produção

A computação gráfica teve um grande impacto nas ferramentas usadas para a produção de animações. Com o desenvolvimento da computação gráfica, os processos analógicos foram gradualmente sendo substituídos por releituras digitais. O computador se tornou a ferramenta principal de trabalho, embora se mantivessem os mesmos recursos de expressão artística que formam a linguagem da animação.

Naturalmente, a mudança do meio analógico para o digital trouxe mudanças estilísticas perceptíveis mesmo nas animações mais fiéis aos métodos tradicionais de animação ¹. Isso ocorre tanto pela eliminação de certas etapas clássicas do processo — como a pintura a mão, o desenho no acetato, revelação do rolo de filme — quanto pela evolução e incorporação de novos processos — como o *clean-up* digital, pintura via *software*, criação e exibição diretamente no monitor. No geral, a linha de produção de animação bidimensional se manteve a mesma porém baseada na substituição e incorporação das inovações práticas da computação gráfica.

Como em outras áreas de conhecimento, a introdução do computador representou uma redução do trabalho repetitivo e a possibilidade do artista se concentrar cada vez mais no processo criativo. Por exemplo, o surgimento da interpolação ² permitiu o desenho automático de quadros intermediários entre dois quadros chave, eliminando a necessidade do desenho de entremeios. Segundo Lucena Jr. (2005), esse é um dos principais avanços possibilitado pela computação gráfica.

A redução do trabalho repetitivo é um dos fatores que permitiu um ganho de produtividade e a consequente diminuição do tempo de produção das animações e da mão de obra necessária. A demanda de prazos estritos da indústria cinematográfica era um dos empecilhos iniciais para a adoção de técnicas de CG nos filmes comerciais. Mas, aos poucos, a previsibili-

¹ Considerados aqui como os métodos que não utilizam o computador como ferramenta primária

² Interpolação é um conceito matemático com vários usos diferentes. No âmbito dos *softwares* de animação pode significar o posicionamento mediano de poses num esqueleto de animação 3D, o desenho de linhas vetoriais intermediárias, a inserção de imagens entre dois quadros para suavizar o movimento, entre outras aplicações.

dade de prazos e de orçamento se tornou mais acurada e esta adoção se tornou trivial.

Para agilizar o processo, a computação gráfica permitiu o aumento do paralelismo no fluxo de trabalho da animação. No caso da animação 3D, por exemplo, várias fases de trabalho podem ocorrer em paralelo como a texturização de modelos, a criação de cenários e a animação de personagens. Nos filmes de *live action*, as filmagens podem ocorrer enquanto a equipe de efeitos realiza a pré-produção do material gráfico ou mesmo a produção dos efeitos finais quando estes independem das filmagens para sua elaboração.

Nas animações em série, houve uma grande economia de recursos com a reutilização de ativos de produção. Diferentemente da animação tradicional, na animação digital a etapa de pré-produção é mais trabalhosa. No caso específico da animação 3D, é nesta etapa que ocorre a modelagem e *rigging* dos personagens, elaboração de cenários e *scripts* de automação de animação. Entretanto, com este trabalho concluído, a fase de animação e a pós-produção ocorrem com maior agilidade. Para se desenvolver um novo episódio de uma série, não será necessário repetir a pré-produção. Apenas animar a nova história e incluir novos elementos que porventura se façam necessários. No desenho animado, o trabalho entre um episódio e outro será praticamente o mesmo, pois é menos usual a reutilização de animação de personagens já concluídas.³

Esse tipo de reuso é possível pois na animação digital se tem um maior controle sobre os elementos gráficos da animação. No método tradicional, após um frame ser concluído é muito difícil modificá-lo posteriormente. Já na animação digital é possível a intervenção transversal a qualquer parte do processo e mais ainda, modificações em etapas anteriores podem se propagar automaticamente, sem o custo de se alterar manualmente cada etapa posterior. Por exemplo, a mudança de cor na roupa de um personagem de animação vetorial pode ser feita ao custo de um clique do *mouse* enquanto em uma animação em papel demandaria a repintura de todos os quadros manualmente, exigindo mais trabalho e custos.

Por fim, houveram alterações na própria dinâmica da indústria e da distribuição do cinema de animação. Com o barateamento das ferramentas de produção, a animação deixou de ser uma atividade essencialmente industrial e passou a ser uma forma de expressão artística relativamente popular. Houve um boom de animadores independentes e o mundo inteiro passou a produzi-las. Foi rompida a dependência de canais de televisão e distribuidoras de filmes, sendo possível sua veiculação diretamente ao espectador final através da internet. Os festivais

³Contudo nem todas as etapas de pré-produção precisam ser refeitas, como o design de personagens ou o desenho de todos os cenários. Os estúdios Hanna-Barbera já utilizavam deste tipo de recurso como forma de poupar trabalho em suas produções. Animações vetoriais e de recorte também possuem métodos específicos para a economia de recursos.

de animação se popularizaram no mundo assim como a figura do animador *indie* ⁴.

3.1.1 *Hardware*

O material de trabalho do animador moderno pode se resumir apenas a um computador. Seu desenvolvimento ao longo dos anos partiu de máquinas gigantescas com baixa capacidade de processamento para os atuais *ultrabooks*, computadores móveis superfinos que fazem milhões de cálculos por segundo. Vários componentes específicos para os cálculos gráficos foram desenvolvidos, como o *frame buffer* e as placas de vídeo.

No computador, o animador pode fazer tudo utilizando uma mesma área de trabalho, desde o processo de animação, *clean-up*, passando pela colorização até a montagem final do quadro. O palco do software é o suporte para a composição final do frame, como também é boa parte da estrutura necessária para o animador executar o filme de animação. (BRETHÉ, 2010, p.125)

Na ausência do papel, o animador digital faz do monitor a sua tela. Estes evoluíram drasticamente, desde os antigos terminais de texto monocromáticos, passando pelos monitores coloridos de tubo e as telas de cristal líquido (*Liquid Crystal Display* — LCD) e de diodos emissores de luz (*Light-emitting Diode* — LED) com alta fidelidade de cores e resolução de imagens. Atualmente, este componente se transpassa a qualidade vista no cinema, com os monitores de ultra alta definição que chegam a ter resolução de 7680x4320 *pixels*.

Para que o computador possa dar conta da alta resolução dos monitores e sua frequência de atualização, o processo de geração das imagens pode ser isolado do processador e destinado a um componente dedicado: a placa de vídeo. As placas ou aceleradores gráficos geram as imagens e efeitos tridimensionais e podem acelerar os bidimensionais. São indispensáveis para os jogos 3D de última geração pois estes dependem da renderização de imagens em tempo real. Para a animação, estas ainda não alcançaram a qualidade das imagens pré-renderizadas, o que é ainda um gargalo de produção, mas se aproximam cada vez mais deste objetivo.

Os *softwares* de animação digital estão entre os mais exigentes em recursos de *hardware*. Por exemplo, eles demandam muita memória RAM ⁵ para acessar arquivos grandes ao mesmo tempo. Mas o custo do *gigabyte* tem caído ano a ano.

Um método de produção ainda comum consiste em fazer a animação de personagens utilizando a tradicional mesa de luz, lápis e papel. O desenho é convertido para o formato digital através de um escâner, um dispositivo óptico capaz de ler informações de cores através de um

⁴ Animador amador ou independente

⁵ *Random Access Memory* — Memória de Acesso Aleatório

sensor. Após o processo de digitalização, as etapas de finalização e colorização dos desenhos até o arquivo de vídeo final contendo a animação são realizados diretamente no computador.

Um outro processo é a utilização de mesas digitalizadoras, que através de uma caneta sensível a pressão e uma superfície sensível à indução eletromagnética, podem capturar os movimentos feitos pelo usuário e converter num desenho digital. Normalmente são aplicados diferentes algoritmos e abstrações visuais de modo que a informação de posição e de pressão simulam materiais de desenho físico, como caneta, lápis e pincel. A partir da produção da imagem, o processo segue as etapas descritas anteriormente ⁶, a técnica completa — do desenho à animação — pode ser aplicada.

3.1.2 Interface e Abstrações

Nas décadas de 70 e 80, ocorreram avanços significativos nas tecnologias da computação gráfica. Entretanto, havia uma barreira financeira e técnica isolando esses avanços da aplicação prática nos filmes e animações sendo produzidos pelos estúdios. Era preciso tornar esse conhecimento acessível aos artistas e cineastas.

Foi com o advento da interface gráfica com o usuário e outras tecnologias de visualização que os artistas puderam manipular as tecnologias da computação gráfica e expandir sua aplicabilidade. As interfaces substituíram a necessidade de saber programar e reduziram a curva de aprendizado para um usuário comum utilizar *softwares* de animação. Através de comandos que imitam manipulações físicas (como mover, rotacionar, esticar...) ou utilizando analogias de fácil compreensão (pincel, balde de tinta, borracha) foi se tornando cada vez mais fácil para os artistas a utilização desses *softwares*.

O grande avanço aqui foi eliminar obstáculos para que o artista alcance seus objetivos visuais. O *software* deve sempre ser um facilitador do trabalho do artista. À medida que essa relação usuário/*feedback* foi se desenvolvendo, as produtoras dos *softwares* puderam simplificar as ações que o usuário deve fazer para se atingir um dado resultado, eliminando intermediários. Por outro lado, a utilização de uma determinada ferramenta pode ter uma curva de aprendizado maior do que uma técnica tradicional, por exemplo os complicados *softwares* de animação 3D. Por outro lado, a complexidade destes se faz necessária para expandir sua abrangência. Diminuir os limites do *software* também significa disponibilizar mais comandos e configurações. Ainda assim esses *softwares* se popularizaram pois com um conjunto básico de comandos é possível fazer muitas coisas. E com o tempo o artista se aprofunda nos comandos mais especializados e na prática da lida com estes *softwares*.

⁶Para a fase de desenho e pintura é comum o uso do Photoshop.

Embora úteis, as habilidades artísticas “do mundo real” não se traduzem automaticamente no mundo digital. Um péssimo desenhista pode ser capaz de fazer imagens tridimensionais de alta qualidade desde que domine a ferramenta “*software*” assim como um artista plástico tem domínio sobre o lápis. A visão artística, por outro lado, é a mesma, pois dependente principalmente do criador e menos do suporte. Por exemplo, o estilo de Tim Burton entremeia tantos seus filmes *live action* quanto as animações.

Expandindo a ideia de facilitar a vida dos artistas, os *softwares* dispõem de recursos para auxiliar o trabalho sem serem necessariamente ferramentas de desenho. Por exemplo, *softwares* de *stop motion* em que se pode criar linhas guias para ajudar no processo de captura, a régua do Photoshop, etc. Vários instrumentais de apoio (que nem sempre possuem um correspondente analógico) podem ser usados, facilitando o trabalho do artista. E também conceitos vindos de outros equipamentos, como o zoom.

Entre os conceitos abstratos introduzidos pelas interfaces estão alguns cuja origem é a computação e a matemática. No *Flash*, o conceito de símbolo e biblioteca tornam o desenho um processo mais interativo e menos trabalhoso. Pode se criar cópias, propagar modificações, aplicar transformações, utilizar métodos randômicos para modificar posições. Conceitos muito mais afins à área da matemática que puderam ser incorporados ao dia a dia do animador.

Por isso é importante frisar o quanto a matemática se tornou usual no meio artístico através de sua sinergia com a computação gráfica. Na animação 3D, por exemplo, ela entra através de operações booleanas, permitindo o controle simplificado de modelos complexos, bastando ao artista manipular parâmetros para se ter resultados visuais. Aliada aos algoritmos de computação, foram criadas reproduções de fenômenos e comportamentos naturais, como iluminação, pêlos, simulação de roupas, fluidos, corpos flexíveis, etc.

Em analogia à câmera multiplano ⁷, surgiu o conceito de camadas. Mas como uma diferença: no meio digital é possível se obter 100% de transparência nas partes vazadas da imagem o que possibilita um número qualquer de camadas. No meio analógico, as propriedades físicas do acetato permitiam algo em torno de 5 camadas, no máximo. Sem contar que a câmera multiplano real possui outras limitações físicas.

Praticamente todos os *softwares* de animação apresentam o conceito de linha do tempo. É nesta linha imaginária que se organizam os quadros do filme, formando uma sequência temporal. Esta abstração equivale ao rolo do filme. Mas “no digital” é possível recortar, copiar e colar com bastante flexibilidade, tornando a edição do filme um processo muito mais prático. O

⁷Técnica que dispunha a câmera em frente a várias camadas de desenho com seções transparentes e em movimento. As camadas mais próximas à câmera se movimentavam mais rapidamente que as camadas mais distantes. Assim, se obtinha a sensação de profundidade através do efeito paralaxe.

quadro (*frame*) é acessível individualmente, a qualquer tempo, tornando muito mais fácil fazer modificações sem comprometer o resto do filme.

No software, há o que se chama de linha do tempo que é um espaço onde se dispõe os pedaços de filme — corresponderia aos rolos de filme colocados na moviola — e não há os limites visuais para cada frame, em vez disso, pedaços de blocos representando fitas cortadas. (BRETHÉ, 2010, p.77)

3.1.3 Exemplos de Tecnologias Introduzidas pela Computação Gráfica

A seguir serão explicadas algumas tecnologias descobertas pela computação gráfica que são aplicadas nos *softwares* de animação e pós produção e técnicas de produção de efeitos especiais.

O canal alpha é uma informação extra na imagem que define sua transparência. Esta propriedade constitui o fundamento do conceito de camadas, pois possibilita ao computador determinar quais porções de cada camada serão visíveis na imagem final.

Atualmente são usados *softwares* de naturezas diferentes na confecção de filmes de animação e de efeitos especiais. Existem os *softwares* que fazem releitura do processo tradicional de animação, os de animação vetorial (Toon Boom Animation, Anime Studio, Flash), animação 3D (Maya, 3dsmax, Blender), efeitos especiais e pós produção (Nuke, After Effects), edição (Sony Vegas, Final Cut, Avid), entre outros. Esses *softwares* apresentam várias ferramentas de automação, como plugins para a geração de modelos e sistemas de partículas para simulações de fenômenos naturais. Aqui também são incorporados leis da física — ou seja, matemática, computação e física aliadas para auxiliar o trabalho do animador.

A interpolação ⁸ é o desenho automático dos quadros intermediários entre os quadros chaves. Embora não se aplique apenas a animação 3D e a animação vetorial, este conceito é responsável pelo maior ganho de produtividade no processo de animação digital. A forma da interpolação também pode ser manipulada, criando efeitos como aceleração e desaceleração.

Surgiu também o *camera tracking* (ou *match moving*), que é uma tecnologia que facilita a sincronia entre filmagens live action com imagens 3D. O *software* extrai informações de movimento da sequência filmada e calcula a posição, escala, orientação e movimentos exatos dos objetos animados que serão incorporados.

Já a captura de movimentos (*motion capture*) é um processo de registrar os movimentos e/ou expressões faciais de um ator através de imagens de múltiplas câmeras e calcular sua

⁸Ver nota de rodapé da página 20

posição no espaço. Essas informações são então mapeadas em um modelo 3D de modo que ele faz as mesmas ações que o ator. O processo pode ser comparado ao processo de rotoscopia.

Com o advento dos monitores e televisores de alta definição, este formato se tornou altamente popular. Para o animador significa a possibilidade de maior riqueza de detalhes e formas mais nítidas (e tempos de renderização mais alta). As animações feitas para cinema também ganham mais qualidade quando convertidas para formatos de visualização doméstica, como *blu-ray*.

A tecnologia, embora antiga, que se popularizou no cinema no final das anos 2000 é o 3D estereoscópico, que é um tipo de projeção que consegue dar a sensação visual de profundidade. Os filmes de animação 3D foram os primeiros a adotar essa tecnologia uma vez que a conversão é muito mais fácil do que a de filme comum. Os efeitos também são obtidos com maior facilidade pois a tecnologia se adequa a natureza tridimensional das imagens.

3.2 Impactos visuais

Do ponto de vista visual, houveram grandes transformações nos filmes de animação ao longo das últimas décadas. A computação gráfica está diretamente envolvida nesse processo tanto por ser o suporte tecnológico das ferramentas de produção do animador quanto por possibilitar resultados plásticos anteriormente impossíveis.

Apesar disso, os fundamentos artísticos e visuais permanecem inalterados:

A diferença [entre a animação tradicional e animação digital] está puramente na questão técnica, já que os processos de produção da animação digital agora passam também por mecanismos de funcionamento próprios do meio digital: um rabisco tem que ser interpretado pelos algoritmos da máquina para se tornar um rabisco tal como o conhecemos — pode ter sido gerado por computador, mas é sustentado pelos conceitos básicos da arte que são o ponto, a linha e forma. (BRETHÉ, 2010, p.153)

Nossa atenção deve estar voltada para a flexibilidade dos novos recursos em lidar com os elementos básicos da linguagem visual (linha, superfície, volume, luz e cor) mais os princípios fundamentais da animação. (LUCENA JR., 2005, p.398)

Assim como as outras formas de arte, a evolução formal das obras está ligada não só ao aspecto técnico empregado mas também ao amadurecimento estilístico de seus autores e influências culturais do período em que foram feitas. Por isso, os impactos elencados a seguir

consideram avanços na CG que tiveram um grande peso no resultado visual alcançado mas prespõem que outros fatores, mais inerentes ao campo da arte, também fizeram sua contribuição.

Antes da introdução da computação gráfica no *modus operandi* do animador, haviam surgido estilos diferentes de se fazer animação na indústria, como:

- O estilo dos estúdios Disney, que buscava um compromisso com a ilusão da vida através da verossimilhança com a natureza -especialmente os animais-, movimentos complexos e figuras com personalidade. A animação era compreendida não apenas como uma mídia provocadora de risos, mas como linguagem dramática capaz de provocar todo tipo de sentimento;
- Os estúdios Warner e MGM, que segundo Cruz (2006) exploravam extremos definidos pelos princípios da animação — como a capacidade de distorção e de exagerar- e introduzindo elementos metalinguísticos, como piadas reflexivas e narrador *off-screen*. Os personagens eram ágeis, insanos e engraçados, a semelhança de anti-heróis. Produtores relevantes deste estilo são, por exemplo, Tex Avery e Chuck Jones.
- As produções da United Productions of America (UPA), baseadas na animação limitada. Este estilo era sustentado sobre a imposição reduzida de normas, apoiando-se em conquistas visuais recentes da arte moderna. Segundo Cruz (2006, p.-41), o visual chapado, as histórias pouco convencionais e o foco no design contrariavam os conceitos de desenho volumétrico, narrativa linear e foco na encenação postulados por Disney;
- Havia ainda os animadores independentes como os do leste europeu e as produções experimentalistas da *National Film Board of Canada*(NFC).

A partir da década de 80, a introdução das novas tecnologias gráficas e seu acesso por artistas do mundo inteiro, resultam numa grande diversidade visual. A animação ressurgiu como entretenimento para além do público infantil e formato televisivo.

John Lasseter, da Pixar, é um dos pioneiros da animação 3D. Por se basear em representações e manipulações matemáticas, como se os *frames* fossem calculados ao invés de desenhados, o aspecto formal é visivelmente diferente das outras técnicas. Primeiro há a criação de um modelo que representa matematicamente a cena. Este modelo é animado de acordo com regras definidas pelo computador, utilizando-se ossos virtuais, interpolação e técnicas de animação automatizadas. Na fase de renderização, na qual os quadros finais serão produzidos, as cores de cada *pixel* são determinados pela atuação de diversos algoritmos sobre aquele modelo e propriedades físicas parametrizadas pelo animador.



Figura 2: Evolução dos filmes da Pixar ao longo do tempo

Na animação 3D digital, o animador precisa se concentrar sobre a manipulação do modelo para produzir uma animação fluida e expressiva e na escolha dos algoritmos e parâmetros certos (como modelo de iluminação, texturização, propriedades físicas) para se obter o resultado plástico desejado. Por isso, a visualidade desta técnica tem um dinamismo próprio, inerente à tecnologia, que no geral não possuem contrapartida semelhante na animação tradicional. São possíveis efeitos muito diversos, especialmente com a aplicação de materiais e modelos de iluminação que podem tanto se aproximar do visual cartum (com o *toon shading* por exemplo) quanto do fotorrealismo (*ray tracing*).

Os grandes estúdios, como a Disney absorvem as inovações da CG de modo gradual. Primeiro ocorre uma mistura de técnicas diversas, como em a “A Bela e a Fera”. Neste filme, a Disney mantém a animação tradicional nos personagens principais e introduz alguns personagens e cenários feitos em 3D. Deste modo havia a garantia de uma técnica já bem estabelecida, como a animação clássica, e a incorporação da inovação como uma audácia estética, que deixam o público impressionado.

A facilidade de se misturar animações de naturezas diferentes, resultará numa fase de grande experimentação entre os animadores. A composição entre elas pode se dar de modo quase imperceptível, como na mesclagem de cenários tridimensionais com os personagens bidimensionais (e vice-versa) e personagens fotorrealistas de CG em filmagens *live action* (Gollum, de “O Senhor dos Anéis”) quanto de modo muito aparente como em “Uma Cilada Para Roger Rabbit”, no qual ocorre uma mistura opaca entre o “mundo real” e o “mundo dos desenhos animados”.

Uma outra técnica típica da animação digital é a animação baseada em vetores, cujo programa mais popular é o Flash. Nesse software, as linhas e formas são descritas matematicamente (ao invés de serem uma matriz de pixels — *bitmap*) que podem ser manipuladas sobre um plano bidimensional. À semelhança do 3D digital, podem ser feitas intervenções nos objetos

(cada desenho) e serem aplicados algoritmos auxiliares, como a interpolação dos quadros.

A estética do Flash resulta do desenvolvimento das potencialidades e limitações do software que acabam aparacendo na mídia final. Os vetores tem um aspecto visual limpo e bem definido, diferente das nuances de traçado que ocorrem no uso do lápis e do pincel na animação tradicional. Os traços costumam ser marcados devido ao controle sobre sua espessura e isolamento em relação ao preenchimento. Outra diferença é que o suporte das animações Flash é o navegador, por isso seu amplo uso na internet. A capacidade de interação tornou o formato popular para jogos casuais e pequenas animações para websites, mas ele também é usado por estúdios na realização de séries de animação, como *My Little Pony*.

Técnicas de processamento de imagens também afetaram o aspecto visual das animações. A facilidade de se alterar a gama de cores, contraste, desfoque e aplicação de outros tipos de filmes adicionaram riqueza visual às composições. Especialmente porque torna possível simular fenômenos visuais de forma satisfatória.

3.3 Impactos na narrativa

Dos três aspectos do cinema de animação analisados nesta monografia, o narrativo é o que sofreu menor impacto com o advento da computação gráfica. Isto porque a CG interferiu principalmente no modo de produção, na transformação das técnicas e no direcionamento plástico da animação. As histórias a serem contadas não dependem *per se* das técnicas a serem empregadas⁹

Isso não significa que a narrativa dos filmes de animação não evoluiu nos últimos anos. Ao contrário, ela amadureceu de tal maneira que a animação deixou de ser um nicho e se transformou numa vertente expressiva do cinema e da televisão atuais. O que se observa é que esse crescimento teve maior influência do desenvolvimento intrínseco da linguagem da animação e dos roteiros, na diversificação dos estúdios produtores e na inter-relação com as outras produções multimídia (embora possua uma dinâmica própria).

A produção ficcional audiovisual, antes restrita ao cinema, ao vídeo e à televisão, se lança para outros caminhos proporcionados pelas tecnologias da computação gráfica. Exemplo dessa produção audiovisual é o cinema de animação que possibilita a experimentação da construção de narrativas ficcionais em diferentes formatos e gêneros. No cinema de animação a qualidade das produções não se restringe apenas ao domínio tecnológico e às técnicas de animação. A qualidade é resultante, também, da arte de contar histórias numa

⁹No sentido que a técnica será uma forma de realizar o roteiro e não de restringí-lo. Mas, naturalmente, há narrativas que dependem fortemente da técnica para fazerem sentido.

modalidade de cinema que se utiliza de recursos proporcionados pelas técnicas de animação para criar uma dramaturgia própria. (RODRIGUES, 2010)

O impacto da computação gráfica acabou sendo maior no cinema tradicional, com a incorporação da animação na forma de personagens, objetos, cenários e efeitos especiais possibilitando histórias de fantasia com alto grau de verossimilhança. Um exemplo é “Star Wars” que é uma série de filmes que faz forte uso de computação gráfica na composição do espaço imaginado por George Lucas e seus elementos. Esse é um tipo de história que só se tornou viável com a CG pois sem ela, a alta complexidade e demanda de tempo e custos tornaria impraticável a realização do filme. Também é o caso de “Jurassic Park”, cujo grande chamariz é a forma transparente como as criaturas pré-históricas se fundem ao mundo real, e de “O Senhor dos Anéis”, no qual a construção do mundo de fantasia e de um personagem como Gollum leva ao extremo a expressividade orgânica da CG. Essa fidelidade gráfica que sustenta a verossimilhança é muito importante no impacto desses filmes ante ao público.

A substituição de atores reais por personagens de computação gráfica se tornou muito popular. Essa substituição é diferente de “Uma Cilada para Roger Rabbit” em que o fato do personagem ser um desenho animado foi usado como um argumento da própria narrativa. Em “O Máscara”, “Exterminador do Futuro”, “Ted” (EUA, 2012) esses personagens são parte do mundo fictício como os personagens interpretados por atores sem distinguí-los. Mas para isso, foi necessário um aperfeiçoamento das técnicas de animação para que os mesmos tenham tanta personalidade e desenvoltura quanto um personagem de *live action*.

A animação também foi abraçada pelo mundo da publicidade como uma técnica eficiente de apelo junto ao público. Nesse caso, saímos do padrão de longa-metragem ou curta narrativo, episódio de uma série ou curta experimental, para a dinâmica dos 30 segundos que limitam os comerciais.

Já o surgimento da internet e a adoção do Flash como um formato aceito (ainda que via *plugins*) pelos navegadores, propiciou o surgimento de animações voltadas para a web. É o caso, por exemplo, das charges animadas de Maurício Ricardo ¹⁰ que apresenta pequenas histórias críticas de propósito análogo ao das charges convencionais. As narrativas pressupõem um conhecimento prévio do personagem retratado (normalmente uma versão caricata de uma pessoa em evidência) e dos fatos associados á crítica. Como as *gags*, o objetivo final é ser cômico com o espectador.

Surgem também animações sem caráter narrativo e sim informativo, como um recurso visual que facilita a compreensão do público. Por exemplo, os infográficos e animações de

¹⁰<http://charges.uol.com.br/>

cunho educativo, como visualização 3D do corpo humano.

Alguns filmes de animação, não reproduzem os princípios básicos definidos da Disney. A intenção é ser realista ao extremo a ponto do espectador não saber se está vendo um filme de animação ou de *live action*. É o caso de “Final Fantasy” e “A Lenda de Beowulf”. Nesse caso a narrativa segue os preceitos do cinema tradicional em detrimento da linguagem da animação.

Por fim, a animação está relacionada diretamente com o universo dos jogos digitais. O que diferencia um do outro é, em essência, a questão do tempo real versus pré-renderização e a interatividade que permitida no segundo. A introdução desse fator, a interatividade, induziu ao nascimento de uma indústria e forma de arte nova com aspectos narrativos e de linguagem especializados.

4 *Considerações Finais*

A computação gráfica tem uma relação íntima com o cinema de animação porque, a partir dos anos 80, ela substituiu a maior parte das ferramentas tradicionais de animação e instaurou um novo paradigma de produção. O computador se tornou um item indispensável e os *softwares*, algoritmos e processos da computação gráfica sustentaram o desenvolvimento da arte da animação.

Por si só, a substituição das ferramentas de produção representaram um novo modo de fazer para o animador. Um modo mais abrangente, que introduziu várias técnicas inovadoras, diminuiu o tempo e os custos de realização, automatizou tarefas repetitivas e ajudou a disseminar a animação pelo mundo. A matemática e a computação apoiaram esse processo, desenvolvendo um instrumental altamente complexo sob interfaces abstratas de manuseio fácil para serem usadas pelo animador.

A mudança das ferramentas acarretou em transformações estéticas inerentes à nova tecnologia. Suas limitações e possibilidades acabaram moldando uma configuração visual diferente daquela que existia anteriormente. Embora sustentada pelos mesmos princípios anteriores — o ponto, a linha, a cor—, a visualidade ganhou novas texturas, efeitos e formas praticamente impossíveis anteriormente. O 3D, em particular, se mostrou uma técnica com características plásticas muito peculiares.

Por fim, algumas mudanças foram introduzidas no âmbito narrativo, como filmes de animação para publicidade, introdução da interatividade (jogos) e filmes voltados para a internet. Além do impacto da introdução dos efeitos animados nos filmes de *live action*.

Pode-se concluir que há uma interferência reflexiva entre a computação gráfica e o cinema de animação. Este utiliza-se das inovações daquela como instrumento para moldar os filmes idealizados pelos artistas filmente. A CG, por outro lado também se deixa influenciar pela aplicação de suas ferramentas pelo cinema, desenvolvendo pesquisas para resolver problemas específicos deste e expandir suas possibilidades. As limitações e potencialidades de ambas áreas acabam impactando entre si.

Apesar disso, cabe ao artista identificar as fronteiras visuais do que é possível com o uso da computação gráfica:

Um traço pode carregar muitas características que são próprias do artista, como força, direção, forma, etc., e o computador usa da lógica matemática para gerar uma imagem ou um movimento. O artista não segue uma lógica matemática para desenhar ou animar -salvo se ele assim o desejar- e só é possível fazer um desenho mais intuitivo e livre no computador se o artista tiver plena participação na sua confecção (BRETHÉ, 2010, p.61)

O computador jamais poderá substituir a sensibilidade e os ideais formais de um artista, que são a essência do cinema de animação e da arte como um todo. A computação gráfica deve servir como um meio de expressão, com o objetivo de concretizar esses ideais da maneira mais eficiente possível.

O que faz, portanto, um verdadeiro criador, em vez de simplesmente submeter-se às determinações do aparato técnico, é subverter continuamente a função da máquina ou do programa que ele utiliza, é manejá-los no sentido contrário ao de sua produtividade programada. (BRETHÉ, 2010 apud MACHADO, 2007, p. 143)

Referências Bibliográficas

BRETHÉ, S. P. *Animação Digital 2D: Simulando o fazer tradicional através da ferramenta do computador*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Dezembro 2010.

CARLSON, W. *A Critical History of Computer Graphics and Animation*. 2004. Disponível em: <<http://design.osu.edu/carlson/history/>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

CHAVARRO, O. X. *Computer Graphics Timeline*. 2005. Disponível em: <http://sophia.javeriana.edu.co/~ochavarr/computer_graphics_history/historia/>. Acesso em: 15 jan. 2013.

CRUZ, P. R. *Do Desenho Animado à Computação Gráfica: A Estética da Animação à Luz das Novas Tecnologias*. Salvador: [s.n.], 2006. Disponível em: <<http://www.bocc.ubi.pt/pag/cruz-paula-desenho-animado-computacao-grafica.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

FOSSATTI, C. L. Cinema de animação: Uma trajetória marcada por inovações. In: *VII Encontro Nacional de História da Mídia*. Fortaleza, CE: [s.n.], 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/alcar/encontros-nacionais-1/7o-encontro-2009-1/CINEMA%20DE%20ANIMACaO%20Uma%20trajetoria%20marcada%20por%20inovacoes.pdf>>.

LUCENA JR., A. *Arte da Animação: Técnica e Estética Através da História*. 2^a. ed. São Paulo: SENAC, 2005.

MACHADO, A. *Arte e Mídia*. [S.l.]: Jorge Zahar Ed, 2007.

MCKEE, R. *Story: Substância, estrutura, estilo e os princípios da escrita de roteiros*. Curitiba: Arte e Letra, 2006.

RODRIGUES, E. A. *As estratégias narrativas no cinema de animação*. 2010. Disponível em: <<http://campus.usal.es/~comunicacion3punto0/comunicaciones/043.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

SEVO, D. E. *History of Computer Graphics*. 2006. Disponível em: <http://hem.passagen.se/des/hocg/hocg_1960.htm>. Acesso em: 15 jan. 2013.