

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE BELAS ARTES
CURSO DE ARTES VISUAIS – CINEMA DE ANIMAÇÃO

**Captura de Movimentos, do Surgimento até a Década
de 1990**

EVANDRO FERREIRA DA COSTA

Belo Horizonte, janeiro de 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE BELAS ARTES
CURSO DE ARTES VISUAIS – CINEMA DE ANIMAÇÃO

Captura de Movimentos, do Surgimento até a Década de 1990

EVANDRO FERREIRA DA COSTA

Monografia apresentada ao Colegiado de Artes Visuais da Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais como Trabalho de Conclusão de Curso, requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Artes Visuais – Habilitação Cinema de animação.

Orientador: Prof. Arttur Ricardo de Araújo Espindula (EBA/UFMG)

Belo Horizonte, janeiro de 2013.

AGRADECIMENTOS:

À minha família, meus professores e colegas, que nunca deixaram de me apoiar mesmo em face das mais diversas dificuldades que superei ao longo de meu trajeto.

RESUMO

Com este texto, nos propomos a analisar as diversas etapas de desenvolvimento da computação gráfica direcionada à captura de movimentos que surgiram ao longo do século XX, migrando seu uso gradualmente das esferas científicas para a esfera artística, assim como quais foram os principais títulos lançados na época, variando desde filmes, propagandas, até performances visuais.

Também se faz um questionamento, baseado nas informações apresentadas ao longo do texto, dos impactos que a tecnologia computacional gerou para as indústrias da época, e de qual forma os profissionais tiveram que se adaptar para se manterem competitivos em meio à novas ferramentas plásticas de expressão e de criação de animação.

ABSTRACT

With this text, we propose to analyze the numerous stages of computer graphics development directed towards motion capture techniques that appeared along the twentieth century, gradually migrating its use from the scientific spheres to the artistic ones, as well as which were the primary titles launched on that time, ranging from movies, advertisements, even visual performances.

It's also made a questioning, based on the information presented along the text, of the impacts generated by the computer technology to the industries of the time, also in what ways the professionals had to adapt to maintain themselves competitive amid new plastic tools of expression and animation creation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Pintura paleolítica Painél dos Leões	10
Figura 2 -	Pintura paleolítica de javali com múltiplas patas	11
Figura 3 -	<i>Dinamismo de um cachorro numa coleira</i> , de Giacomo Balla.....	12
Figura 4 -	The Horse in Motion, fotografias de Edweard Muybridge	15
Figura 5 -	Homem pulando, fotografias de Edweard Muybridge	16
Figura 6 -	Traje de Etienne-Jules Marey para registro de movimento	17
Figura 7 -	Sequência de exposições de uma mesma caminhada	18
Figura 8 -	Ilustração do Rotoscópio de Max Fleischer	19
Figura 9 -	Mary Ellen Bute trabalhando com um osciloscópio	23
Figura 10 -	Fotograma do filme <i>A Two Gyro Gravity Gradient</i>	24
Figura 11 -	Reproduções fotográficas de desenhos de William Fetter	25
Figura 12 -	Modelo em gesso com polígonos, de Edwin Catmull	26
Figura 13 -	Face digitalizada em diversos modos de sombreado	26
Figura 14 -	Produção da cena animada no filme <i>Star Wars</i> de 1977	28
Figura 15 -	Sistema interativo para criação de animação, e filme <i>Hunger</i>	29
Figura 16 -	Coruja digital produzida para o filme <i>Labyrinth</i> de 1986.....	31
Figura 17 -	Fotograma do filme <i>Brilliance</i> de 1985.....	34
Figura 18 -	<i>Mike The Talking Head</i> e o ator usando o sistema de captura.....	37
Figura 19 -	Ator Jamie Dixon usando o Exoesqueleto produzido pela PDI.....	39
Figura 20 -	Esqueleto computadorizado feito para <i>Total Recall</i> de 1990	39
Figura 21 -	Robô metalizado do filme <i>Terminator</i> de 1991	40
Figura 22 -	Processo de criação de pêlos digitais do filme <i>Jumanji</i> de 1995.....	41
Figura 23 -	Cena <i>bullet-time</i> do filme <i>The Matrix</i> de 1999	43
Figura 24 -	Performance musical de Rebecca Allen	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	08
2	REGISTRO DO MOVIMENTO	09
2.1	REGISTRO NA PRÉ-HISTÓRIA	09
2.2	EADWEARD MUYBRIDGE	13
2.3	ETIENNE-JULES MAREY	16
2.4	ROTOSCOPIA	19
3	CAPTURE DIGITAL DO MOVIMENTO	22
3.1	DA ANIMAÇÃO DIGITAL À CAPTURE DE MOVIMENTOS	22
3.1.1	DÉCADA DE 1970	25
3.1.2	DÉCADA DE 1980	30
3.1.3	DÉCADA DE 1990	38
3.2	IMPACTO NA INDÚSTRIA E MEIO ARTÍSTICO	44
4	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

O movimento sempre esteve presente em nossas vidas. Nem um único aspecto sequer delas é completamente estático, ou não possui qualquer ínfima parcela de dinamicidade. Desde nossa própria respiração até as translações dos corpos planetários que observamos em nossos céus, nos desenvolvemos enquanto espécie acostumados com a forma com que tudo à nosso redor está sempre em constante mudança, por mais que alguns padrões pareçam reger nossas vidas só para posteriormente serem desbancados por algum evento aleatório ou imprevisível.

A curiosidade humana parece também sempre ter acompanhado esse desenvolvimento da espécie (talvez até tenha sido um de seus grandes impulsores) e, conseqüentemente, nós sempre aparentamos possuir uma gigante fascinação pela forma como as coisas se movem e se modificam em nosso meio. Em um período de menos de 100 mil anos, passamos de simples caçadores e coletores à exploradores destes mesmos corpos planetários que a tanto nos fascinaram, e sempre que possível mantivemos um registro de nossos feitos ou de nossos desejos, como se a ação de registrá-los de alguma forma nos colocasse mais próximo deles.

Neste trabalho, pretendemos analisar de forma sucinta e direta como nós evoluímos em nossa capacidade de analisar e registrar esses movimentos, essa dinâmica que nos cerca, até chegarmos ao ponto em que conseguimos recriar mundos virtuais, análogos às nossas experiências, onde construímos, através da tecnologia, da matemática, da lógica e da linguagem, ambientes totalmente controlados por nossa vontade.

Nos limitamos até a década de 1990, pois é durante o século XX que toda a grande evolução dos computadores e sistemas de animação digitais interativos aconteceram, muitas vezes alavancados por pesquisas científicas médicas ou militares, sendo que os anos que se precederam à virada do milênio exibiram uma intensa quantidade de produções fílmicas exibindo todo um anseio de experimentação de novos potenciais artísticos e novas linguagens estéticas, muitas das quais buscando de forma incessante se aproximar da realidade ao nosso redor.

Também analisamos quais impactos estas pioneiras ferramentas causaram para as bases de produção visual da época, no caso a indústria do entretenimento e também o mercado artístico, e com quais olhos tais mudanças foram recebidas pelos seus profissionais, assim como tentamos responder à uma comum apreensão causada na área de Animação Tradicional bidimensional em relação à técnicas de captura de movimento, que é de que forma será afetado o mercado de trabalho tradicional após o advento das ferramentas digitais.

2. REGISTRO DO MOVIMENTO

2.1 Registro na Pré-história

Não é de hoje que o homem parece demonstrar um grande interesse em representar de forma verossimilhante a maneira como os seres vivos se movimentam. Nos dias atuais, somos testemunhas de um rápido desenvolvimento nas técnicas de projeção, criação e edição digital de imagens, em especial devido ao clamor do público, e do mercado que por estes é sustentado, por experiências que evoquem emoções cada vez mais intensas. De forma curiosa, podemos traçar esse comportamento até tempos remotos, em períodos de grande e relevante desenvolvimento cultural humano, e verificarmos que nossos antepassados pareciam também exibir grande disposição em tentar criar uma representação fidedigna do que havia a seu redor, em especial a dinâmica dos animais com os quais eles conviviam, mesmo através dos limitados materiais disponíveis.

Especificamente no período de transição do Médio para o Alto Paleolítico, quando o comportamento moderno humano começou a se tornar evidente, deixando para trás, e lentamente apagando em termos históricos seus contemporâneos Neandertais, as comunidades *Homo sapiens* desenvolveram, com relativa velocidade, diversas estratégias sociais e culturais até então inéditas, no que é hoje chamada "A Revolução Humana"¹. Importante para o assunto aqui discutido, fazemos referência específica ao desenvolvimento artístico que também resultou dessa explosão criativa, onde não só as técnicas de sobrevivência garantiram importância histórica para os homens dessa época, mas se fez presente uma estética única proveniente do uso de suas novas ferramentas para a manufatura de artefatos e imagens, normalmente encontradas no ambiente de convivência dos grupos tribais.

Ainda é incerto o que causou essa súbita necessidade de pintar e esculpir figuras dos animais com os quais os homens dessa época conviviam (curiosamente, faces humanas, insetos e vegetações eram ignorados pelos artesãos em suas pinturas²). Mas tão intrigante quanto tal necessidade, é de onde surgiu, ou o que motivou, a manifestação dessa capacidade de observar o tridimensional e traduzi-lo em uma interpretação bidimensional. E não só isso, mas porque essa representação foi quase sempre tão próxima das referências visuais, em termos

¹ MELLARS, Paul. *The Human Revolution: Behavioural and Biological Perspectives on the Origins of Modern Humans*. Edinburgh University Press, New edition, 1989.

² BERGHAUS, Günther. *New Perspectives on Prehistoric Art*. Praeger, 2004. p. 15.

de proporções e outras qualidades dos animais desenhados, sendo que até hoje não se encontraram vestígios de um processo gradual de aprendizado ou experimentação quanto aos sujeitos pictóricos do Paleolítico.

Uma teoria interessante, desenvolvida por Günther Berghaus em seu livro *New Perspectives on Prehistoric Art*, é a de que nossa capacidade humana de imaginar pode ser a resposta que tanto se procura para o mistério de como e porquê começamos a pintar em cavernas. Especificamente, a forma como nosso cérebro é capaz de memorizar imagens, reestruturá-las, e combiná-las à visão através de uma projeção mental no ambiente (sendo característica intrínseca de nossa espécie), permitiria aos homens ver seus desenhos nas paredes das cavernas como se ali residissem, figuras flutuantes desconectadas de qualquer cenário ou contexto, como um reflexo da mente de seu criador. A proximidade de nossos sistemas nervosos atuais aos homens do Paleolítico justificaria porque essa habilidade é compartilhada por nós até hoje, e não era tão presente, talvez até ausente, nos Neandertais.

Como se observa na FIG. 1, a superimposição de vários desenhos de leões demonstra uma desconexão das figuras, com uma grande liberdade quanto às formas, escalas, e múltiplos estados do mesmo animal, quebrando a integridade da figura ao representar somente sua parte frontal, como se houvesse, naquele momento, algum fascínio mágico pela mesma, porém sempre mantendo proporções e contornos fidedignos.

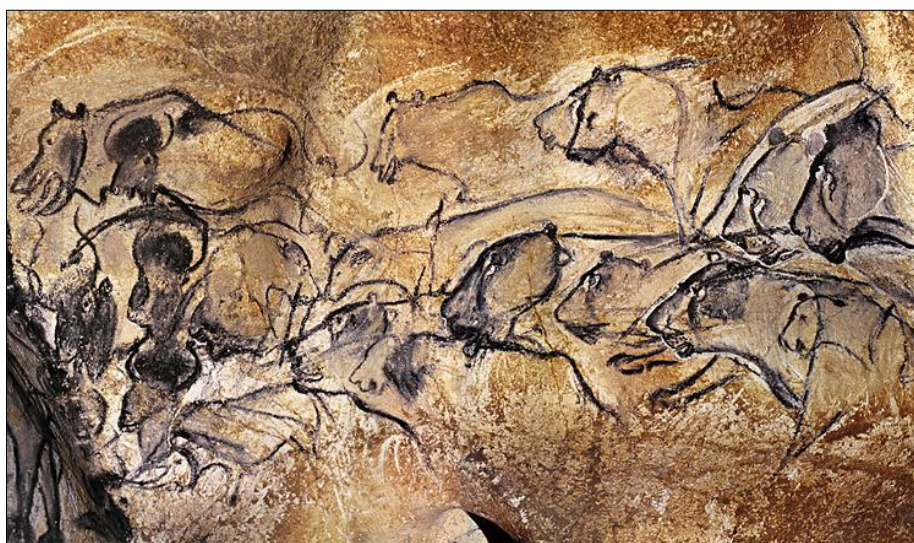


FIGURA 1: "Painel dos Leões" encontrado na caverna de Chauvet, na região de Ardèche, sul da França, feitas no Período Paleolítico entre 28050-30050 a.C.
Fonte: <<http://www.bradshawfoundation.com/chauvet/gallery/5b.jpg>>. Acesso em: 08 Jan. 2013.

Se estas múltiplas figuras superimpostas representam o mesmo animal em diferentes estágios de uma mesma ação, é uma suposição que não nos arriscamos a fazer. Porém, enquanto se é tida como uma limitação característica dessas pinturas, ou dos homens da época que a fizeram, o fato dos animais sempre aparecerem de perfil, curiosamente com seus dois chifres (quando de um animal que os possui) mas quase exclusivamente com somente duas patas³, ao invés das quatro que seriam vistas em uma visão não ortogonal, podemos, com certa confiança, afirmar que uma pintura de um animal com mais de duas patas seria então algo fora do ordinário e digno de ser referenciado, especialmente se tal pintura pode ser tão facilmente comparada esteticamente à diversos estágios de evolução da análise e registro do movimento.

Tais representações extraordinárias foram descoberta na caverna de Altamira, na Espanha, onde se encontram diversas figuras de animais com quatro patas, exibindo uma percepção avançada, para a época de suas criações, de uma perspectiva pictórica. Mas tão surpreendente quanto, é a pintura de um javali, um animal bastante comum no cotidiano de caça dos homens do Paleolítico, porém este possui não só quatro, mas oito patas (FIG. 2).

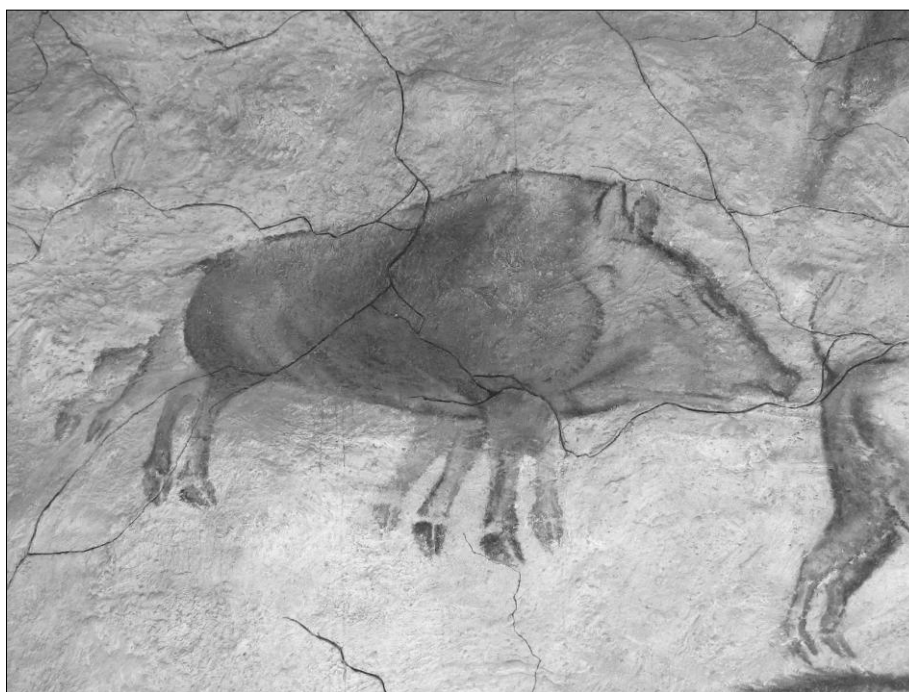


FIGURA 2: Pintura de javali com múltiplas patas, encontrado na caverna de Altamira, Espanha.
Fonte: JÚNIOR, Alberto Lucena, 2005, p. 29. (editada para fins de exibição)

³

STOLIAR, Abram Davidovich. *On the Genesis of Depictive Activity and its Role in the Formation of Consciousness*. Soviet Anthropology and Archaeology, Vol. XVI, 1977/1978. p. 3-42.

Não se pode afirmar categoricamente que a presença de múltiplas patas no javali indique uma tentativa de representar o movimento das mesmas, quando em uma dinâmica de trote ou galope, porém podem ser traçados alguns referenciais lógicos e estéticos quanto à forma com que tais patas extras foram desenhadas, que justifiquem essa interpretação. O fato das mesmas possuírem as proporções corretas, ainda que em diferentes ângulos, e sempre mantendo seu pivô anatômico, produzindo assim um arco de movimento entre os diferentes estados, são fortes indícios de que, pelo menos até certo ponto, este desenho teve pretensões analíticas em sua confecção.

Uma obra mais recente, similar nos aspectos apresentados no javali da caverna de Altamira, é chamada "Dinamismo de um Cachorro numa Coleira" (ver FIG. 3), pintada por Giacomo Balla, um dos grandes ícones do movimento artístico denominado Futurismo.



**FIGURA 3: Giacomo Balla, *Dinamismo de um Cachorro numa Coleira*, 1912.
Fonte: LEWIS, Richard and LEWIS, Susan, 2009, p. 129.**

Esta pintura de Balla, curiosamente, lembra a estética no período Paleolítico, tamanha semelhança com a representação do javali: cores lavadas em tons de marrom e bege e um animal em movimento com seus membros replicados inúmeras vezes de forma a tentar capturar a dinâmica da cena em uma única imagem.

Para retratar velocidade e movimento, Futuristas como Giacomo Balla olharam para os estudos de movimento de fotógrafos como Muybridge. A obra de Balla *Dinamismo de um Cachorro numa Coleira* representa uma visão cotidiana da cidade – uma mulher passeando com seu cachorro – de um modo novo. Como numa fotografia de múltipla exposição, nós podemos ver as ações frenéticas do pequeno *dachshund* tentando acompanhar seu mestre. Sua coleira de corrente vibra quase que musicalmente. O limite de movimento de botas, patas, rabo e orelhas formam arcos borrados de ação dinâmica (LEWIS, Richard; LEWIS, Susan, 2009, p. 129, tradução nossa).

Se Berghaus está certo em sua teoria de que nossa capacidade de recriar o mundo que vemos reside em nossa imaginação, é algo que ainda aguardamos comprovação específica. Porém, segundo Shakespeare⁴, podemos romantizar nossos sonhos como nada mais que criações imaginárias de nossa realidade, sendo que desta forma as palavras de Luis Nazário parecem bastante plausíveis ao afirmar que "o homem sempre desejou compartilhar seus sonhos e, deste modo, o cinema sempre existiu: o avanço das técnicas apenas tornou possível a exteriorização mecânica do sonho".⁵

2.1. Eadweard Muybridge

A representação da imagem acompanhou a civilização enquanto esta dava seus primeiros passos. Desde a Mesopotâmia (considerada o berço da civilização) e China, até o Egito e Grécia, muito se fez em termos de registro imagético, porém pouco se fez em termos de registro de movimento. O mesmo vale para a criação dos brinquedos óticos, muitos que tem suas origens datando dos primeiros séculos após o ano um (1) do Calendário Gregoriano. Devido à isso, e ao fato de que estes acontecimentos estão bem documentados em livros específicos sobre a evolução da fotografia e cinema, como o livro *Cinema Before Cinema* [TOSI, 2006], nós avançaremos até o século XVIII, que é quando se dão os passos mais relevantes em direção ao registro fotográfico de imagens em movimento.

A Revolução Industrial, um período de transição e mudança nos métodos de manufatura, foi de impacto massivo e inédito para o modo de vida da humanidade. O período exato em que se deu tal evento varia dependendo do historiador a analisá-lo, porém todos parecem concordar com um período de algumas décadas⁶, situadas entre o fim do século dezoito e o início do

⁴ MANDEL, Jerome. *Dream and Imagination on Shakespeare*. Shakespeare Quarterly 24, 1973.

⁵ NAZÁRIO, Luiz. *As Sombras Móveis: Atualidade do Cinema Mudo*. Editora UFMG, 1999.

⁶ HOBBSAWM, Eric. *The Age of Revolution: Europe 1789–1848*. Weidenfeld & Nicolson Ltd, 1996.

século dezenove, em que a Revolução se transformou e intensificou até atingir seu auge na terceira ou quarta década desse último século.

Quase todos os aspectos da vida cotidiana dessa época foram afetados, com a produção de têxteis mudando de manual para mecânica (usando força hidráulica de forma mais eficiente); o uso de carvão substituindo lenha na metalurgia, permitindo a esta se intensificar como nunca antes fora possível; o desenvolvimento e uso de vapor para diversas máquinas, sendo notável seu uso em locomotivas, permitindo um transporte de produtos e pessoas por terra muito mais rápido do que pelas convencionais vias marítimas, e nos novos barcos à vapor (transporte pluvial já era muito comum); uso de iluminação à gás; entre outras mudanças na alimentação, habitação, etc. A fotografia e os métodos de captura e projeção de imagens também se beneficiaram muito das benesses trazidas pelos avanços químicos e mecânicos da Revolução Industrial, e Eadweard Muybridge, nascido na Inglaterra em 1830, e, portanto, sob a sombra dos inúmeros avanços dessa década, foi um muitos "cientistas da imagem" desse período.

Profissionalizado como um fotógrafo paisagístico, Muybridge marcou seu nome na história da fotografia e nos primórdios do que veio a se chamar cinema ao ser a primeira pessoa a conseguir demonstrar, em 1878 (tendo iniciado os estudos em 1872), que um cavalo fica com as quatro patas no ar enquanto cavalga, assunto de muita controvérsia na época, marcada pela importância política e social das corridas de cavalos. Para tal, Muybridge planejou um trajeto pelo qual o cavalo deveria passar, e neste trajeto, uma série de doze câmeras fotográficas (posteriormente ele repetiu o experimento com 24 câmeras) foram alinhadas, com seus obturadores controlados por fios que seriam esbarrados, um a um, pelas patas do cavalo conforme o mesmo avançasse⁷.

O fruto deste experimento (ver FIG. 4), o qual só foi possível devido à utilização, por Muybridge, de melhoramentos na emulsão fotográfica, capaz de capturar uma imagem em frações de segundo, e no mecanismo de obturação da câmera, neste caso desenvolvido exclusivamente por ele, atraiu a atenção de comunidades científicas (seu trabalho foi colocado na capa da famosa revista *Scientific American* da época, tamanha foi a importância atribuída) e de muitos artistas, interessados nos trabalhos de Muybridge⁸ para usar como referência. Um dos famosos pintores da época a recorrer às fotos foi Edgar Degas, enquanto

⁷ JÚNIOR, Alberto Lucena. *Arte da Animação: Técnica e Estética através da História*. São Paulo: Editora Senac, 2005. p. 38.

⁸ GLEGG, Brian. *The Man Who Stopped Time: The Illuminating Story of Eadweard Muybridge - Pioneer Photographer, Father of the Motion Picture, Murderer*, 2007, 280p.

outros tiveram suas obras ridicularizadas por terem suas falhas expostas, como foi o caso da famosa pintora Realista de cavalos Rosa Bonheur⁹.

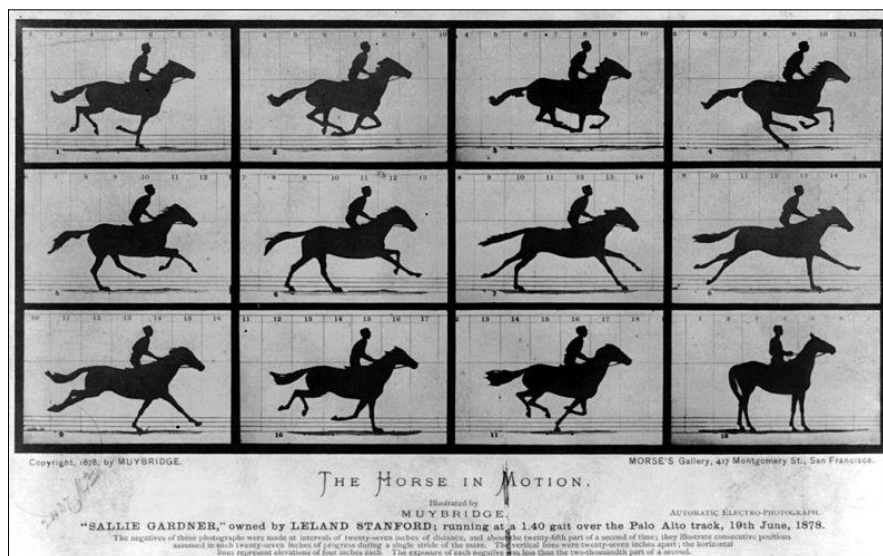


FIGURA 4- Diversos estados de um cavalo enquanto cavalga, fotografados por Muybridge.
Fonte: Biblioteca da Universidade de Stanford (Departamento de Coleções Especiais).

Muybridge, mesmo tendo se tornado internacionalmente famoso, ainda não tinha uma forma prática de exibir seus fotogramas, e, para tal, ele inventou o Zoopraxiscópio¹⁰ em 1879-1880, realizando então uma exibição pública em São Francisco, Califórnia, que surpreendeu os espectadores da época¹¹. Seu trabalho continuou evoluindo a partir de então, e ele realizou muitos outros experimentos, a princípio somente de animais, mas depois com extensivo foco no movimento humano (FIG. 5). Trabalhando então para a Universidade da Pensilvânia (Filadélfia, Estados Unidos), seu trabalho foi coletado em uma série de livros sobre locomoção humana e animal, formando uma enciclopédia sobre o assunto que é usada até hoje por artistas (sejam desenhistas, pintores, cineastas ou animadores) buscando referência de movimentos.

Apesar de Muybridge não ter feito filmes durante sua vida, seu trabalho e a invenção do Zoopraxiscópio são consideradas fontes de inspiração para Thomas Edison e William K. L. Dickson, e a invenção do Kinetoscópio em 1891¹² por estes, uma das criações mais importantes para a história do cinema. Enquanto este aparelho não permitia exibições em

⁹ LEWIS, Richard; LEWIS, Susan, *The Power of Art*, Wadsworth Publishing, 2009. p. 129-130.

¹⁰ O Zoopraxiscópio é um dispositivo em que se gira uma manivela conectada a um disco com diversos estados de uma mesma figura, permitindo que se veja essas figuras de forma animada.

¹¹ SOLOMON, Charles, *The History of Animation*. Nova Iorque. Wing Books, 1994. p. 10.

¹² MORRISON, Mike, *Becoming a Computer Animator*, Sams Publishing, 1994. p. 33.

público, somente individuais, usava conceitos muito conhecidos para a época, como aqueles por trás do fenasquistoscópio inventado por Joseph Plateau e Simon Von Stampfer entre 1828 e 1832¹³, ou o Zootrópio, criado por William Horner em 1834¹⁴.

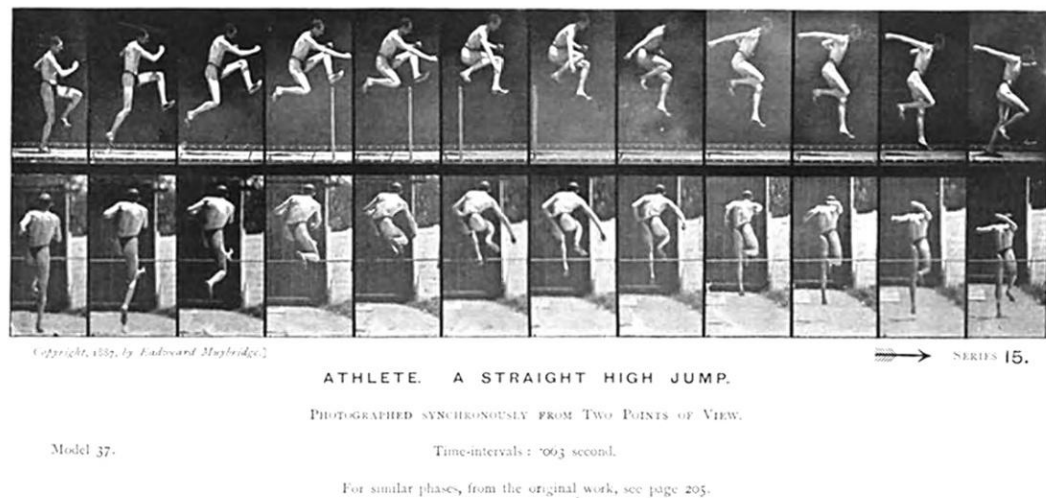


FIGURA 5 - Homem pulando.
Fonte: MUYBRIDGE, Eadweard. CHAPMAN & HALL, 1907, p. 45.

2.2. Etienne-Jules Marey

Nascido no mesmo ano que Muybridge, Etienne-Jules Marey foi fisiologista¹⁵, e seu trabalho e contribuição para a fotografia e cinematografia teve seu início no estudo e busca por soluções médicas para a medição instrumental de batimentos cardíacos, respiração, pulsação, etc. Para tal ele desenvolveu diversos instrumentos de precisão, sendo o criador do primeiro Esfigmógrafo portátil, capaz de medir e registrar a pressão arterial de forma gráfica.

Marey acabou posteriormente se fascinando com a aerodinâmica e o voo das aves, chegando a publicar uma obra sobre o assunto¹⁶. Além de desenhos, fotografias, e diagramas, Marey chegou até a fazer esculturas precisas de aves em voo. Ele, porém, tinha um interesse especial em conseguir capturar várias fotos em uma mesma imagem, em um mesmo fotograma para que, desta forma, fosse mais fácil visualizar as diversas nuances, arcos de movimento¹⁷,

¹² Ibidem, p. 32.

¹⁴ RICHARD, Valliere, Norman McLaren, *Manipulator of Movement*, 1982, p.19.

¹⁵ O dicionário Houaiss define Fisiologia como: "estudo das funções e do funcionamento normal dos seres vivos".

¹⁶ MAREY, Etienne-Jules. *Le Vol des Oiseaux*, 1980.

¹⁷ A maioria dos movimentos realizados por seres vivos descrevem algum tipo de arco, ao invés de trajetões lineares.

deformações (mudanças) do corpo do animal sendo fotografado. Para isto, além de ter um grande interesse pelo trabalho do mesmo, Marey encontrou-se com Muybridge em Paris em 1882¹⁸ e no ano seguinte, inspirado pelo trabalho do colega, Marey cunhou o termo Cronofotografia¹⁹, para descrever o ato de registrar fotograficamente sequências de movimentos com propósitos de medição e estudo dos mesmos (aquilo que Muybridge já vinha fazendo). Inicialmente, Etienne registrava as imagens em placas de vidro, expondo-as múltiplas vezes, usando uma invenção própria, o Fuzil Fotográfico (ou Cronofotográfico), porém depois de um tempo abandonou o Fuzil e substituiu o vidro por filme fotográfico, sendo o pioneiro no uso deste para o registro do movimento.

Ele também foi um dos pioneiros no uso de marcadores nas juntas corporais para facilitar a visualização das linhas ou arcos de movimento após o registro da foto (captura). Para tal, Etienne desenvolveu uma roupa especial (que lembra bastante os trajes de captura de movimento digitais usados atualmente), que pode ser observada na FIG. 6.



FIGURA 6 - Traje de Etienne-Jules Marey para registro de movimento (1884).
Fonte: *Étude de la locomotion animale par la chrono-photographie*,
Étienne-Jules Marey, *la Revue Scientifique* — 27 novembre 1886

¹⁸ KITAGAWA, Midori; WINDSOR, Brian, *MoCap for Artists: Workflow and Techniques for Motion Capture*. Burlington: Focal Press, 2008. p. 2-5.

¹⁹ O dicionário Houaiss define Cronofotografia como: "processo de análise do movimento mediante uma série de fotografias feitas com regularidade e repetição dos tempos de pose e do ritmo das tomadas [Deste processo originou-se a cinematografia]."

Através do uso desse traje, Etienne conseguia capturar os perfis gerados pela sua movimentação através de fotografias com exposições variadas (ver FIG. 7), sendo o primeiro a capturar em foto, de forma isolada, a dinâmica das linhas que conectam as juntas do corpo humano.

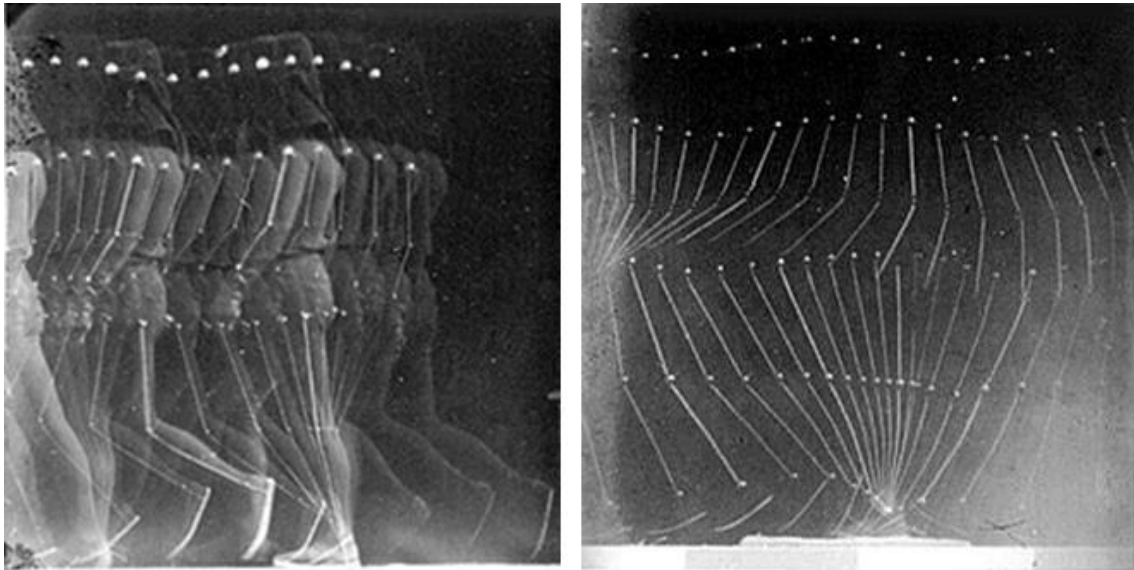


FIGURA 7 - Sequência de exposições no mesmo filme fotográfico do movimento de caminhada com marcadores, e mesma sequência ajustada para mostrar somente os marcadores.

Fonte: <<http://www.arts.rpi.edu/~ruiz/EGDFall09/lesson4motion/Motion.htm>>, Acesso em 08 Jan. 2013.

Até o fim de sua vida, Marey tinha acumulado estudos de cardiologia, fisiologia experimental, instrumentação fisiológica além de locomoção de humanos, animais e insetos. A diferença entre ele e Muybridge, é que enquanto o primeiro usava uma única câmera o segundo usava múltiplas. Ambos morreram em 1904 deixando um extensivo legado para as artes e ciências.

O Fuzil Fotográfico, criado por Marey, juntamente com o desenvolvimento de emulsões sensíveis à luz em películas flexíveis de celulóide²⁰, posteriormente enrolados em forma de bobina, criaram a base da câmara fotográfica. Tais criações permitiram que o inventor americano Thomas A. Edison desenvolvesse o Kinetoscópio em 1891²¹, um aparelho que permitia a observação de uma sequência cíclica de quadros através de uma pequena abertura retroiluminada por uma lâmpada atrás de um obturador. Somente uma pessoa era capaz de ver a exibição por vez, portanto não era um aparelho destinado à projeção massiva.

²⁰ MORRISON, Mike. *Becoming a Computer Animator*. Howard W. Sams, 1994, p.33.

²¹ MORRISON, *loc. cit.*

Alguns anos depois, com um aperfeiçoamento do Kinetoscópio de Edison, os irmãos Lumière patenteiam o Cinematógrafo, considerado um dos grandes marcos da história do cinema, pois era um aparelho único capaz de registrar e também projetar imagens em movimento.

2.3 Rotoscopia

Nas décadas que se seguiram ao surgimento do Cinematógrafo, o desenvolvimento fílmico foi grande e trouxe consigo novas tecnologias na área do registro de movimentos. Nessa época em particular, é notável a invenção do Rotoscópio (FIG. 8) por Max Fleischer²² e assim da técnica nomeada por ele de Rotoscopia²² (método patenteado em 1917 pelo mesmo).

Max Fleischer nasceu em Vienna em 1883 e se mudou para os Estados Unidos em 1887. Quando ainda trabalhava como editor de arte para o *Popular Science Monthly*, uma coleção mensal de artigos de ciência e tecnologia, ele teve a idéia de produzir animação retrazendo filmagens ao vivo quadro a quadro.

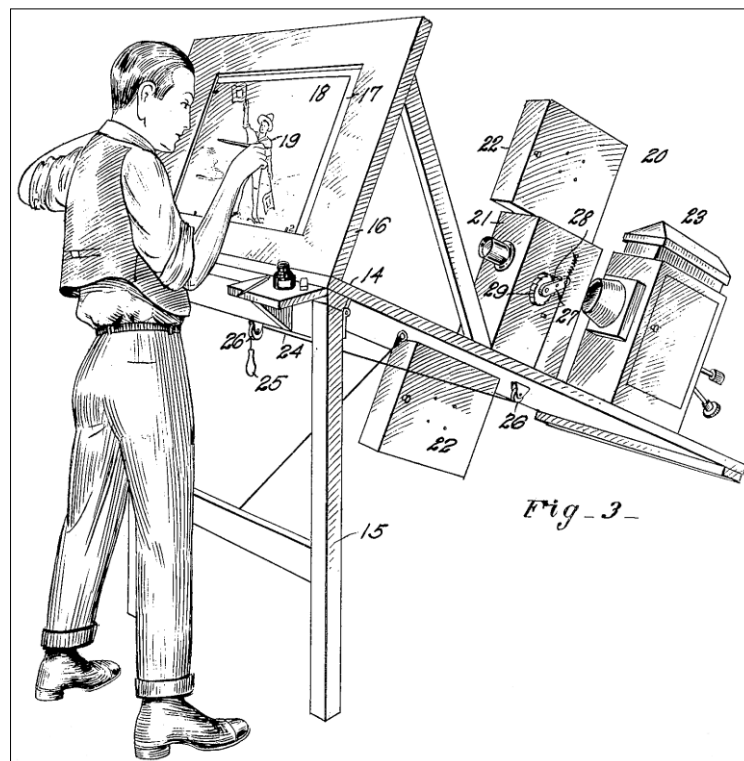


FIGURA 8 - Ilustração do Rotoscópio, patenteado por Max Fleischer em 1917
Fonte: BRATT, Benjamin, 2011, p.10.

²² CRAFTON, Donald, *Before Mickey: the Animated Film*. University of Chicago Press, 1993. 169p.

Através dessa técnica, Fleischer conseguia, com relativamente pouco esforço, reproduzir movimentos realistas, coisa que alguns de seus antecessores tinham certa dificuldade, juntando-se problemas da técnica de produção com limitações dos materiais utilizados, ambos aspectos que Fleischer conseguiu superar com sua invenção.

A rotoscopia era um engenhoso artifício para se obter movimentos realistas no desenho. Uma sequência de imagens reais pré-filmadas era projetada *frame a frame* (como um projetor de *slides*) numa chapa de vidro, permitindo que se decalcasse para o papel ou acetato a parte da imagem que se desejasse (JÚNIOR, 2005, p. 69).

Max Fleischer começou a filmar em 1915 sua primeira animação usando o Rotoscópio, com seu irmão atuando vestido de palhaço, podendo concluí-la somente após o término da Primeira Guerra Mundial em 1918.

Fazendo posteriormente parte de uma série chamada "Out of the Inkwell", essa primeira animação e outras posteriores misturavam de forma inteligente atuação ao vivo – também chamada *live action* – de Max Fleischer em pessoa, com personagens animados por rotoscopia²³. Com o uso dessa técnica, o surgimento dos Estúdios Fleischer fundados pelos irmãos de mesmo nome, e posteriormente com o alavancar dos Estúdios Disney com grande concorrência entre ambos²⁴, se iniciou um período de animação industrializada, com facilitada integração de "efeitos especiais, amplitude de movimento, mas também de um mercado lucrativo [...]. Mecanismos técnicos complexos poderiam ser facilmente explicados pelo uso de desenhos animados" (JÚNIOR, 2005, p.70).

Grande parte dos animadores dos Estúdios Disney, porém, desaprovavam do uso de rotoscopia, quando da produção de seu primeiro longa metragem *Branca de Neve e os Sete Anões*, pois acreditavam que essa técnica gerava entraves para a produção de uma caricatura efetiva. Filmagens em *live action* foram feitas para os personagens Príncipe e Rainha, e, apesar das reclamações, foram usadas em algumas cenas destes dois personagens²⁵.

Colocamos em seguida uma breve descrição de como a técnica de rotoscopia era vista aos olhos dos animadores da Disney da época, quais eram suas vantagens e dificuldades, e o que Walt Disney fez para tornar o trabalho mais fluido e eficiente para seus animadores:

²³ KITAGAWA, Midori; WINDSOR, Brian, *MoCap for Artists: Workflow and Techniques for Motion Capture*. Burlington: Focal Press, 2008. p. 5-6.

²⁴ SOLOMON, Charles, *The History of Animation*, Nova Iorque. Wing Books, 1994. p.73.

²⁵ GIRVEAU, Bruno, *Once upon a time Walt Disney: the sources of inspiration for the Disney studios*. Prestel, London. 2006, 356p.

No começo dos anos 1930, animadores desenhavam do modelo regularmente, mas conforme a necessidade cresceu para movimentos mais intrincados e ações mais convincentes em nossos filmes, este tipo de estudo estático logo se tornou inadequado. Nós tínhamos que saber mais, e nós tínhamos que desenhar melhor para atingir o que Walt Disney queria. Algum método novo tinha que ser encontrado para um artista estudar formas em movimento, e para isso ser útil, teria de se relatar com nosso trabalho nas mesas de desenho.

Naquela época, a única forma de estudar ações ao vivo quadro a quadro era traçar o filme em nossa máquina de rotoscopia. [...] Era um trabalho tedioso e consumia muito tempo, mas assim era a forma que era feito a vinte anos. Naturalmente, Walt mudou essa situação rapidamente. Ele fez com que o laboratório de processamento de filme imprimisse cada quadro em um papel fotográfico do mesmo tamanho de nosso papel de desenho. Estas folhas, que nós chamávamos de *photostats*, eram então furados para encaixar nos pinos de uma mesa de animação, e o animador poderia agora estudar a ação através da flipagem²⁶ dos frames do filme, para frente e para trás, assim como ele fazia com seus desenhos. Assim poderiam ser vistos todos os pequenos detalhes de mudanças de formas e relações entre os movimentos. Por fim, os animadores poderiam estudar todos os mistérios que os intrigaram por tanto tempo (THOMAS, Frank; JOHNSTON, Ollie, 1984, p. 319-321, tradução nossa).

Mesmo após enfrentar resistência inicialmente, a rotoscopia acabou por surpreender os animadores após verem o resultado. Observar os Princípios da Animação²⁷ se tornando realidade através dos *photostats* foi o suficiente para quebrar os preconceitos criados até então:

Nós pensamos que nós desenhávamos ações amplas, mas aqui estavam exemplos superando qualquer coisa que havíamos feito. Nossos olhos simplesmente não são rápidos o suficiente para detectar toda a gama de movimento da figura humana (THOMAS, Frank; JOHNSTON, Ollie, 1984, p. 321, tradução nossa).

Apesar de fazer uso dessa técnica, ainda assim os animadores tinham como preocupação prioritária o balanço entre caricatura e as sutilezas humanas que só se tornavam visíveis através da reprodução direta, de forma que nunca se perdesse a "ilusão de vida" das figuras desenhadas.

²⁶ "Flipagem", ou "*Flipping*" é um termo derivado do verbo inglês "*flip*" que significa "folhear", ou "passar folhas". Em animação, esse termo descreve a ação do animador de posicionar e movimentar as folhas de papel desenhadas entre seus dedos, permitindo assim que possa gerar uma sobreposição repetitiva das diversas imagens e pré-visualizar a fluidez do movimento de seus desenhos.

²⁷ THOMAS, Frank; JOHNSTON, Ollie, Disney Animation: The Illusion of Life, Popular ed. New York: Abbeville Press, 1984, p. 47-70.

3. CAPTURA DIGITAL DO MOVIMENTO

3.1. Da Animação Digital à Captura de Movimentos

A primeira metade do século XX teve como um de seus importantes marcos o começo do desenvolvimento da computação e, conseqüentemente, da animação por computador, pois tão logo a computação se firmou como uma ferramenta capaz de traduzir um potencial criativo, houveram pessoas dispostas a usá-la para fins artísticos.

A imagem digital já vinha tomando forma desde algumas décadas antes do computador em si, particularmente através de artistas como a norte-americana Mary Ellen Bute que, nos anos 1930, se decidiu a trabalhar com animação devido às possibilidades plásticas do movimento²⁸. Não satisfeita com o uso de dispositivos ópticos, Mary Ellen se voltou ao uso de equipamentos eletrônicos e, para satisfazer sua vontade de empregar uma luz como instrumento de desenho²⁹, com a ajuda de cientistas na área de eletrônica, fez uso do *osciloscópio*³⁰. Através do uso de botões e interruptores a artista "desenhava" com feixes de luz (FIG. 9), enquanto uma câmera fotografava as figuras que se formavam na tela do aparelho. Mary possuía controle das formas e ritmos através de impulsos elétricos pré-determinados e, com isso, pôde criar um repertório de imagens que podiam ser combinadas e alteradas *a posteriori*, movidas em qualquer direção ou com qualquer intensidade, nas mais variáveis coreografias luminosas.

²⁸ JÚNIOR, Alberto Lucena. *Arte da Animação: Técnica e Estética através da História*. São Paulo: Editora Senac, 2005. p. 150-152.

²⁹ RUSSET, Robert; STARR, Cecile. *Experimental Animation: Origins of a New Art*. Newtons: Da Capo Press, 1988. p. 104-105.

³⁰ Segundo o dicionário Houaiss, o osciloscópio é um aparelho que permite visualizar as variações de uma tensão. O mesmo é usado para verificar aparelhos televisores, rádios e até radares.



FIGURA 9 - Mary Ellen Bute e seu osciloscópio.
Fonte: JÚNIOR, Alberto Lucena, 2005, p. 151.

O uso de Mary Ellen do osciloscópio como ferramenta de desenho é, talvez, o mais antigo registro do uso da eletrônica para desenho³¹. Seu trabalho artístico de imagens eletrônicas em movimento foi um grande pontapé para o aperfeiçoamento de processos semelhantes, tanto por artistas como por cientistas em produções gráficas.

Entretanto, a era da computação moderna só teve seu início durante a Segunda Guerra Mundial, sendo desenvolvido paralelamente tanto por alemães quanto americanos, na busca da substituição de componentes mecânicos e eletromecânicos por circuitos elétricos equivalentes em seus computadores. Foi no começo da segunda metade do século XX que computadores começaram a ser produzidos e distribuídos para Universidades e grandes laboratórios americanos³².

Com propósitos inicialmente técnicos, experimentos na criação de imagens digitais se focaram em estudos científicos para grandes companhias da época, deixando de lado o embasamento artístico³³. Uma das primeiras animações computadorizadas foi feita em 1961 por Edward A. Zajac, intitulada *A Two Gyro Gravity Gradient Altitude Control System*, que pretendia demonstrar que um satélite poderia ser estabilizado para ter um de seus lados sempre virado para a terra enquanto em órbita³⁴. No mesmo período também foram criados outros vídeos

³¹ JÚNIOR, Alberto Lucena. *Arte da Animação: Técnica e Estética através da História*. São Paulo: Editora Senac, 2005. p. 151.

³² RYAN, Dan. *History of Computer Graphics: DLR Associates Series*. Authorhouse, 2011. p. 9-26.

³³ KERLOW, Isaac V. *The Art of 3D Computer Animation and Imaging*. Wiley, 1996. p. 8.

³⁴ <http://dada.compart-bremen.de/node/4693> (Acesso em 30 Jan. 2013)

com temática científica semelhante, como *Force, Mass and Motion, Vibration of an Aircraft*,³⁵ entre outros.

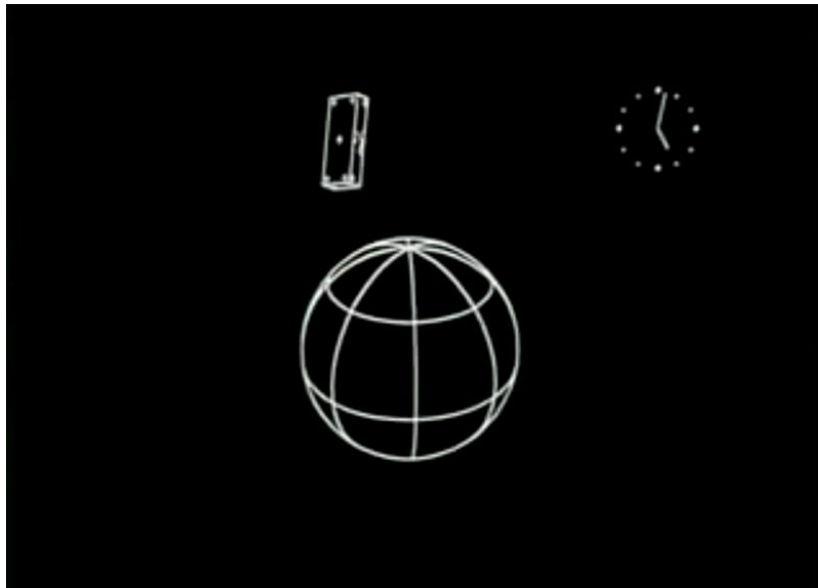


FIGURA 10 - Fotograma do filme *A Two Gyro Gravity Gradient Altitude Control System* de Edward A. Zajac, 1961.
Fonte: <<http://iasl.uni-muenchen.de/links/GCA-IV.2.html>>, Acesso em 30 Jan. 2013.

Outro trabalho relevante para a época foi criado por William Fetter, enquanto trabalhava como designer gráfico para a empresa de aviação Boeing. Fetter desenvolveu descrições ergonômicas computadorizadas precisas do corpo humano que eram adaptáveis a diferentes ambientes, como, por exemplo, uma cabine de avião. Ele foi talvez o primeiro a criar figuras humanas em *wireframe*³⁶ animadas (Ver FIG 11), sendo que tais figuras se tornariam ícones dos gráficos computadorizados devido ao seu vasto uso após o trabalho de Fetter³⁷. A ele é creditado o cunho da expressão "Computação Gráfica" para descrever seu método.

³⁵ RYAN, Dan. *History of Computer Graphics: DLR Associates Series*. Authorhouse, 2011. p. 30.

³⁶ *Wireframe* é uma representação gráfica de um objeto tridimensional virtual, caracterizada pela exibição de todas as arestas (bordas) deste objeto. Uma aresta pode ser definida como o encontro de duas faces ou planos distintos (segundo dicionário Houaiss).

³⁷ BURTONYK Nestor; WEIN Marcell, "Computer Animation", em Jack Belzer *et al* (orgs.), *Encyclopedia of Computer Science and Technology*, vol 5, New York: Marcel Dekker, 1977. p. 403.

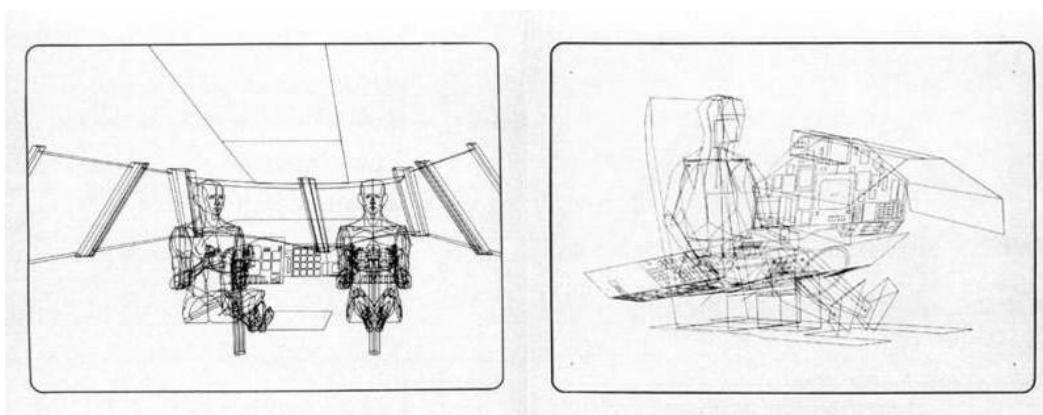


FIGURA 11 - Reproduções fotográficas dos desenhos computadorizados de Fetter, mostrando figuras humanas em cabines de aviões.

Fonte: Clarissa collection, Sprengel Museum Hannover (Piehler: Beginnings, 2002, p.315).

Porém, como afirma Alberto Lucena, o uso estritamente técnico da computação para criação de imagens digitais era devido ao fato de que os artistas ainda não conseguiam sujeitar essa nova ferramenta e seus recursos plásticos à seus desígnios de exploração das novas possibilidades de expressão visual:

Apenas num primeiro momento, resultado da dificuldade de criação visual com os primeiros sistemas de computação, os esforços foram direcionados para o processo de pesquisa e viabilização da construção plástica digital, em vez de preocupar-se com qualidade formal e sentido das imagens geradas com esse propósito – para onde, aliás, se está transferindo o desafio: a elaboração de uma estética que estabeleça o paralelo mais adequado com a cultura que se vem esboçando (JÚNIOR, Alberto Lucena, 2005, p. 157).

3.1.1. Década de 1970

A partir da década de 1970 inéditas técnicas computacionais começaram a se difundir no meio artístico, e já não se faziam presente apenas em estudos científicos. Em 1972, Edwin Catmull, um cientista da computação que até então estudava na Universidade de Utah nos Estados Unidos, e Frederick L. Parke criaram uma das primeiras animações digitais conhecidas e facilmente acessíveis até hoje: uma reconstrução computadorizada e animada da própria mão de Edwin (FIG. 12). Feito como um projeto de graduação chamado de *A Computer Animated Hand*, o modelo da mão foi digitalizado e animado em um programa escrito por Edwin.



FIGURA 12 - Modelo em gesso da mão de Edwin Catmull, onde o mesmo desenhou 350 triângulos que viriam a ser transformados em faces digitais. CATMULL; PARKE, *Halftone Animation*, 1972.
 Fonte: <<http://vimeo.com/16292363>> Acesso em 01 Fev. 2013.

Esse projeto não só foi revolucionário pela digitalização e exibição de um modelo animado tridimensional, o mesmo, além de mostrar as figuras em *wireframe*, também exibia os modelos em modo de sombreado poligonal e sombreado suave, como visto na FIG. 13.

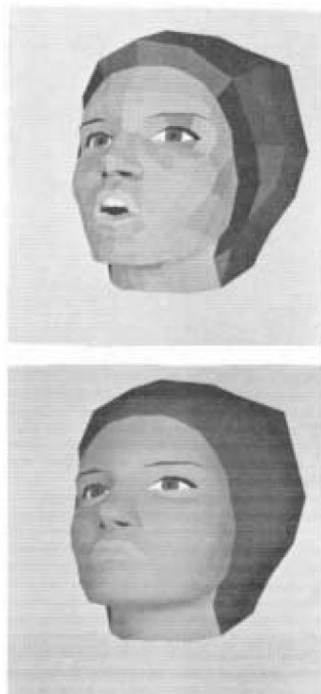


Figure 1
 Two expressions of the same face. The top one was rendered using polygonal shading. The bottom one was rendered using Gouraud's smooth shading algorithm.

FIGURA 13 - Face digitalizada da esposa de Frederick Parke em dois modos distintos de sombreado.
 Fonte: PARKE, Frederic I. *Computer Generated Animation of Faces*. Proceedings of the ACM National Conference 1972, p. 452.

Edwin, após se formar na Universidade de Utah, fundou seu próprio laboratório de computação, posteriormente se tornando cofundador da *Pixar Animation Studios* e vários anos mais tarde sendo nomeado a presidente da *Walt Disney Animation Studios*.

Em 1973 o filme *Westworld* foi um dos primeiros³⁸ a usar Processamento de Imagem Digital³⁹, trabalho em sua maior parte realizado por John Whitney, considerado um dos pais da animação e famoso por ter criado a aclamada sequência de abertura do filme *Vertigo*, de Alfred Hitchcock, em 1958. No ano seguinte, em 1974, ocorreu a primeira conferência SIGGRAPH nos Estados Unidos, destinada a agrupar em um só evento os principais desenvolvimentos e inovações tecnológicas na área de Computação Gráfica, sendo que continua ocorrendo anualmente até os dias atuais.

Em 1976 se deu o que é considerado o primeiro uso de imagens tridimensionais em um filme de grande porte, na sequência de *Westworld*, chamada *Futureworld*, onde, curiosamente, foram usados trechos do já citado vídeo *A Computer Animated Hand* de Catmull e Parke. Para este filme também foi criada uma cena de 40 segundos em que a cabeça de um personagem é reconstruída digitalmente, de forma gradual. Um feito notável para a época, que exigiu que o ator, Peter Fonda, com sua pele pintada de branco e com polígonos de referência demarcados (de forma semelhante à usada para digitalizar a mão de Edwin Catmull), ficasse em um suporte giratório sendo fotografado múltiplas vezes por três câmeras distintas. Já em 1977 houve um outro uso relevante de imagens tridimensionais em grandes produções fílmicas (o terceiro até então), desta vez marcado na história do cinema pela popularidade do título em questão, no filme "*Star Wars* Episódio IV: Uma Nova Esperança", escrito e dirigido por George Lucas em 1977. A sequência animada presente no filme (Ver FIG. 14), com duração de 40 segundos, demorou meses para ser planejada e exigiu a criação de uma linguagem de programação específica para a tarefa, além de integrar a técnica de *Motion Control Photography*⁴⁰ (que já havia sido usada extensivamente por John Whitney no filme *2001: Uma Odisséia no Espaço*).

³⁸ YAEGER, Larry. *A Brief, Early History of Computer Graphics in Film*. 2002.

³⁹ Processamento de Imagem Digital pode ser definido como o uso de algoritmos de computador para alterar a forma como as imagens prévias serão posteriormente exibidas.

⁴⁰ A técnica *Motion Control Photography* consiste na gravação de diversas cenas ou elementos usando o mesmo movimento de câmera, permitindo que depois possam ser combinados de forma precisa e, se necessária, repetitiva, em uma única composição.

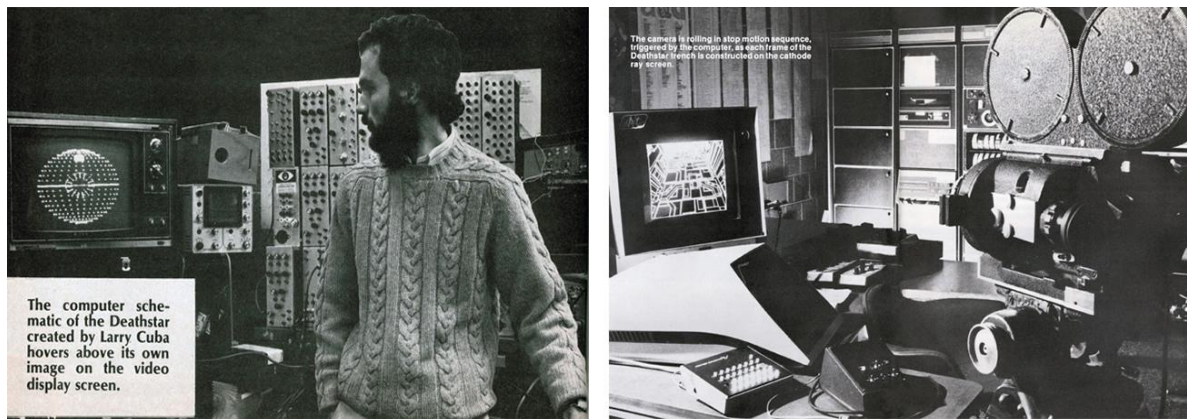


FIGURA 14 - Fotografias da produção da cena animada no filme *Star Wars* de 1977.
Fonte: <<http://originaltrilogy.com/forum/topic.cfm/Animating-the-Death-Star-Trench-Circa-April-1978/topic/12830/>> Acesso em 02 Fev. 2013.

Até então, os métodos mais comuns usados para realizar uma animação computadorizada que não consistisse de criá-la quadro a quadro através de digitalizações ou feitas inteiramente no próprio ambiente virtual através de programação, eram o *inbetweening* e o *morphing*⁴¹. O primeiro, com seu termo emprestado da animação tradicional, é o processo de criar quadros intermediários (entremeios) entre outros dois principais, chamados de "quadros chave", de forma que se haja a impressão de suave continuidade entre as imagens. No caso do *inbetweening* digital, que é um tipo de interpolação matemática, os quadros intermediários são resultados de cálculos feitos automaticamente pela máquina. Até o fim da década de 1970, porém, o *inbetweening* feito para animações computadorizadas era restrito à imagens vetoriais (como os trabalhos icônicos de Whitney) devido às limitações de *hardware* da época. Enquanto o filme *Westworld* já havia exibido um pequeno trecho com fotogramas rasterizados de forma individualmente, foi só em 1979 que *inbetweenings* rasterizados de forma totalmente autônoma (porém em uma sequência *wireframe*) apareceram em uma grande produção comercial, no filme *Alien*, dirigido por Ridley Scott.

A imagem gráfica digital pode ser categorizada em dois formatos distintos: rasterizada e vetorial. A imagem rasterizada, ou *bitmap*, é formada por um conjunto de *pixels* (um pixel é o menor ponto que forma uma imagem digital e que possui informação de cor e luminosidade) em que cada um destes pixels pode ser controlado individualmente, sendo assim normalmente mais "pesada", em termos de possuir maior quantidade de dados salvos no arquivo. A imagem vetorial é formada por um conjunto de vetores (um vetor, segundo a geometria, é um segmento de reta que possui intensidade, direção e sentido), que são usados para representar relações entre pontos, retas, curvas e áreas, permitindo que possam ser

⁴¹ RYAN, Dan. *History of Computer Graphics: DLR Associates Series*. Authorhouse, 2011. p. 31-32.

controladas, de forma independente em cada conjunto vetorial, as formas, cores e luminosidade. "Os vetores gráficos são matematicamente descritos para parecerem suavizados em qualquer tamanho ou resolução [...]. Imagens vetoriais podem ser transformadas de um estado a outro sem nenhuma perda de dados. Transformar imagens rasterizadas, porém, pode resultar em perda de dados ou redução na qualidade da imagem" (CHAND [2003] v.1, p. 288).

A técnica *morphing*⁴² designa um tipo específico de interpolação, na qual ocorre uma gradual mudança de uma forma para outra. Esta técnica ganhou destaque no início década de 1970 e também era limitada por gráficos vetoriais. Em 1969 o canadense Peter Foldes começou a desenvolver um software de animação computadorizada e, com a ajuda do cientista Nestor Burtnyk, em 1974 lançaram a famosa animação *Hunger/La Faim* onde um revolucionário sistema de produção digital interativo centrado no usuário (Ver FIG. 15) foi usado para fazer os quadros-chave, e o computador era então encarregado de gerar os entremeios ou *inbetweens*. O resultado, uma animação de onze minutos que aborda os temas gula e avareza, onde os personagens se metamorfoseiam de forma grotesca entre seus próprios corpos e seus desejos, foi, talvez, a primeira animação a usar o *morphing* sem a necessidade da animação quadro a quadro, vencendo vários prêmios em sua época.



FIGURA 15 - À esquerda: Sistema interativo para criação de animação.
Fonte: <http://www.youtube.com/watch?v=EPIE_h8jf6E> Acesso em 07 Fev. 2013.
À direita: Fotograma do filme *Hunger* de 1974.
Fonte: <<http://www.nfb.ca/film/Hunger>> Acesso em 07 Fev. 2013.

Conforme a década de 1970 foi chegando ao fim, começaram a ser desenvolvidas formas de *inbetweening* de objetos tridimensionais (termo este abreviado para *3D*), ainda limitadas, mas

⁴² O termo *Morphing* vêm da palavra grega *Morphé* que significa forma ou formato.

possíveis devido às melhorias na performance dos computadores, que diluíram as limitações que forçavam os animadores de então a trabalharem exclusivamente com gráficos vetoriais, ou *wireframes* rasterizados em suas sequências animadas. Um exemplo notável foi produzido por Nelson Max em seu filme de 1977 chamado *Turning a Sphere Inside Out*, um dos primeiros exemplos de *inbetweening* tridimensional, sendo novamente um caso de apresentação inicial de uma nova tecnologia sob aspecto matemático-geométrico ("como virar uma esfera ao contrário") devido à ferramenta ainda não permitir um total controle para fins artísticos.

3.1.1. Década de 1980

A década de 1980 foi marcada pelo intenso uso de computação gráfica em filmes de grande porte, notáveis pelo avanço que demonstraram num intervalo relativamente curto. Podemos aqui mencionar o filme *Looker* [1981] dirigido por Michael Crichton (também autor da novela *Jurassic Park*, que seria adaptado para o que se tornou um dos filmes mais rentáveis da história do cinema), que apresentou a primeira tentativa inédita de se criar um humano fotorrealista de corpo inteiro, totalmente feito através de computação. No ano seguinte o filme *Tron* [1982] marcou a história do cinema com sua icônica representação de um mundo fictício paralelo existente dentro de um supercomputador, apresentando uma impressionante sequência de 15 minutos ininterruptos criados em 3D. *Tron* chegou a ser considerado por muitos como grande candidato à receber um Oscar de efeitos especiais no ano que foi lançado, porém a *Motion Pictures Academy*, responsável pela premiação, recusou nomear o filme pois, segundo o diretor acusa, achavam que os produtores estavam trapaceando ao fazer uso de computação⁴³. Quatorze anos mais tarde o filme por fim recebeu um Oscar pela invenção e uso do *Perlin noise*, um tipo de textura de ruído procedural⁴⁴, por Ken Perlin.

Ao longo dessa década, a companhia *Lucasfilm*, fundada pelo diretor George Lucas em 1971, e uma de suas divisões, a *Industrial Light & Magic*, fundada também pelo mesmo em 1975 e criada exclusivamente para a produção de efeitos visuais, foram responsáveis por diversos desenvolvimentos de grande importância para a história da computação gráfica, como por

⁴³ HELFAND, Glen. *Tron 20th Anniversary*. San Francisco Gate, 2002.

⁴⁴ Texturas procedurais são geradas por computador através de algoritmos de forma automatizada e por serem resultados de um cálculo matemático podem, portanto, ser aplicadas em uma área teoricamente infinita, sem necessidade de repetição e com pouca exigência de processamento, ao contrário de texturas compostas por imagens, que exigem um certo grau de ajuste manual e possuem uma resolução fixa, tendo de ser repetida para abranger uma área excedente.

exemplo a criação de paisagens digitais através de fractais⁴⁵, sistemas de partículas, *motion blur*⁴⁶ e o uso inovador de *squash* e *stretch*⁴⁷ em um personagem 3D.

Em 1986 um filme produzido por George Lucas chamado *Labyrinth* apresentou na sequência de abertura uma das primeiras tentativas de representação de um animal fotorrealista criado inteiramente com o uso de computação gráfica (FIG. 16).



FIGURA 16 - Coruja digital produzida para o filme *Labyrinth* de 1986.
Fonte: *Labyrinth* (filme), Jim Henson, 1986. 101min. son, color.

O fim da década de 1980 testemunhou o lançamento de outros dois filmes notáveis, ambos ganhadores de Oscar e responsáveis por importantes conquistas na área de computação gráfica. O primeiro, *Indiana Jones and the Last Crusade* (Indiana Jones e a Última Cruzada, [1989]), dirigido por Steven Spielberg, com produção de George Lucas, apresentou o que é considerado o primeiro uso de composição digital de forma exclusiva⁴⁸ em uma cena na qual o ator envelhece até a morte. Nessa cena, diversos estágios fotografados de um ator maquiado foram combinados em um único *morphing* contínuo, criando a ilusão de envelhecimento. O segundo filme, lançado no mesmo ano e dirigido por James Cameron, *The Abyss* (O Segredo do Abismo, [1989]), exibiu o primeiro personagem composto de água realizado por computador.

⁴⁵ O dicionário Houaiss define "fractal" como uma estrutura geométrica complexa cujas propriedades, em geral, repetem-se em qualquer escala.

⁴⁶ *Motion Blur*, ou desfoque de movimento, refere-se ao efeito de rastro deixado por objetos com grande velocidade ao serem capturados por uma câmera com tempo suficiente de exposição.

⁴⁷ *Squash and Stretch*, que pode ser traduzido para "compressão e estiramento", trata-se de um dos 12 Princípios da Animação definidos por Frankie Thomas e Ollie Johnston em seu livro *Illusion of Life* (1984, p. 47-70), regras que regem até hoje grande parte da produção tradicional de animação.

⁴⁸ NETZLEY, Patrícia. *Encyclopedia of Movie Special Effects*, Facts On File Inc, New Edition, 2001. p. 105.

A sequência de apenas 75 segundos foi produzida por nove empresas diferentes de efeitos visuais, entre elas a *Industrial Light & Magic*, e demorou um total de oito meses para ser produzida⁴⁹ devido à sua complexidade.

Foi também na década de 1980, provavelmente devido às mesmas evoluções de *hardware* deste período que permitiram extenso uso de computação gráfica em longas-metragens, que foram dados os primeiros passos na criação de mecanismos de captura de atores. A digitalização de objetos já vinha a várias décadas sendo praticada e aperfeiçoada, como mencionado na criação dos filmes *A Computer Animated Hand*, *Star Wars* [1977], *Looker*, entre outros, porém era de grande interesse dos produtores da época que se conseguisse desenvolver uma ferramenta capaz de traduzir diretamente para um meio digital informações capturadas de um ator, enquanto este realizasse uma sequência de movimentos.

Paralelamente à produção fílmica, os avanços no registro de atuações já vinham sendo desenvolvidos com propósitos médicos e militares⁵⁰. Algumas universidades americanas foram responsáveis pelos primeiros aparelhos de captura de movimento conhecidos, que serviram de base para seu posterior uso em filmes e comerciais. No período entre 1980 e 1983, laboratórios de biomecânica começavam a expandir seus estudos na direção da análise do movimento humano, como por exemplo o notável trabalho de Tom Calvert, professor de kinesiologia⁵¹ na *Simon Fraser University*. Calvert foi um dos primeiros, se não o primeiro, a utilizar potenciômetros⁵² presos ao corpo humano para, ao transferir os dados para figuras animadas computadorizadas, verificar e estudar clinicamente anormalidades no movimento. Para analisar a flexão dos joelhos, foi desenvolvido por Calvert⁵³ um tipo precário de exoesqueleto que era amarrado junto à perna, capaz de reproduzir e registrar os movimentos da mesma.

Em 1983, o *Massachusetts Institute of Technology* apresentou um sistema inovador de captura óptica de marcadores *LED*⁵⁴, chamado *Graphical Marionette*⁵⁵. Através do uso de uma roupa

⁴⁹ *Ibidem*, p. 1.

⁵⁰ MENACHE, Alberto. *Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games*. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2000. p. 4.

⁵¹ A Kinesiologia é o estudo científico de atividades motoras e físicas humanas.

⁵² Um potenciômetro é um "aparelho que mede as diferenças de potencial elétrico em condições de quase reversibilidade e as forças eletromotrizes" segundo definido pelo dicionário Houaiss.

⁵³ CALVERT, T. W.; CHAPMAN, J; PATLA, A. *Aspects of the kinematic simulation of human movement*. IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 2, No. 9, November 1982, p. 41-50.

⁵⁴ *LED* é uma abreviação em inglês de *Light Emitting Diode*, ou "diodo emissor de luz".

⁵⁵ GINSBERG, Carol ; MAXWELL, Delle. *Graphical marionette*, Proc. ACM SIGGRAPH/SIGART Workshop on Motion, ACM Press, New York, April 1983, p. 172-179.

onde os LEDs eram fixados, posicionados de forma estratégica nas juntas do ator, e duas câmeras com detectores especiais que retornavam a posição bidimensional de cada marcador individual, era possível gerar uma coordenada global de cada LED, e com isso uma resposta quase em tempo real de um boneco palito (as sequências também eram armazenadas caso se desejasse utilizar os dados em um personagem mais complexo). No entanto, as limitações dos computadores da época, assim como seu elevado custo tornaram inviável o uso em larga escala para a animação na época.

Na indústria do entretenimento as primeiras tentativas de registro de movimento (paralelas àquelas desenvolvidas pelas universidades) se deram em primeira instância pelo trabalho de produtoras de propagandas da época. Uma pioneira produção neste sentido aconteceu durante os anos de 1984 e 1985 com o vídeo *Brilliance*, criada por Robert Abel e Associados, o qual teve de programar o software necessário por conta própria (pois o primeiro software comercial de animação 3D só chegaria às prateleiras em 1985⁵⁶). Inicialmente, nem o próprio Robert aparentava ter total confiança de que seria capaz de realizar a tarefa a qual estava prestes a ser incumbido, afirmando "Ainda estamos a uma longa distância disto. Nós ainda não conseguimos nem desvendar o movimento humano, que é a base, e isso está um ano à frente" (Abel, 1984, citado por MENACHE, 2000, tradução nossa). Porém em um intervalo de menos de um mês, após ser contatado para a realização definitiva da produção, Robert Abel aceitou o desafio de recriar digitalmente de forma realista uma figura humana animada. Com ampla experiência na filmagem de miniaturas usando a técnica de *Motion Control*, Abel acreditava que o segredo aqui não estaria no uso de *keyframes* (quadros chave), mas em alguma forma de traçar digitalmente o movimento de uma atriz realizando a atuação do personagem. Após um lento processo dedutivo usando fotografias, Abel e seus colegas decidiram usar um sistema de 18 pontos pivôs, e para tal pintaram com caneta preta tais pontos nas juntas da atriz, que foi então fotografada por múltiplos pontos de vista em um banco giratório que lhe permitiria atuar sem obstáculos. Os dados das câmeras foram então importados para computadores da época, produzidos pela empresa *Silicon Graphics*, capazes de analisar as variações de medida entre pares de pontos pivôs conectados em cada ponto de vista, e juntar essas informações em séries de algoritmos que seriam utilizados para animar a personagem digital, que havia sido dividida em diversas seções rígidas representando cada conjunto de pivôs, e para os quais cada algoritmo seria aplicado individualmente, gerando assim uma animação vetorial. Este trabalhoso processo foi feito quadro a quadro por cerca de quatro semanas, porém não

⁵⁶ KITAGAWA, Midori; WINDSOR, Brian, *MoCap for Artists: Workflow and Techniques for Motion Capture*. Burlington: Focal Press, 2008. p. 7.

era o único desafio. Lhes havia sido requisitado que a mulher digital fosse metalizada, ou seja, tivesse um material cromado ou reflexivo (a empresa contratante era uma fabricante de alimentos enlatados e pretendia através da propaganda reavivar o interesse do público ao associar a comida enlatada com a tecnologia computacional de ponta⁵⁷).

"Nós então tivemos que lidar com o básico problema de envolver o corpo dela em cromo", disse Abel. "Claro que não havia maneira nenhuma no mundo de nós conseguirmos fazer *ray-tracing* para gerar reflexões reais do jeito que aqueles caras fazem no SIGGRAPH, com seus supercomputadores multimilionários. Nós tínhamos alguns VAX 750, que eram versões prévias dos computadores DEC" (Abel, 1985, citado por MENACHE, 2000). Este problema foi resolvido por Charles Gibson, que descobriu um jeito de mapear a textura do corpo de forma que quando ele se movesse, o mapa seria animado seguindo a topologia do corpo. Hoje em dia chamamos isto de Mapa de Reflexão. (MENACHE, Alberto, p. 6, tradução nossa).

A propaganda de trinta segundos acabou fazendo uso de mais de 60 computadores VAX 750 espalhados pelos Estados Unidos, além de alguns no Canadá. Um fotograma do resultado pode ser visto na FIG. 17.



FIGURA 17 - Fotograma de *Brilliance*, produzido em 1985 por Robert Abel e Associados.

Fonte: *Brilliance* (propaganda), Ketcham Advertising, 1985. 30seg. son, color.

Em 1988, a empresa Pacific Data Images (PDI) fundada por Carl Rosendahl, a empresa mais antiga até então a operar um estúdio de animação (sendo adquirida pela *Dreamworks* no ano 2000), foi chamada para colaborar com Jim Henson na criação de um personagem gerado por

⁵⁷

MENACHE, *op cit.*

computador. Batizado de *Waldo C. Graphic*⁵⁸, o personagem que faria parte de um programa de televisão de Henson deveria ter seus movimentos capturados ao vivo durante a gravação do show. Não que isso significasse uma exibição em tempo real do personagem (algo que só viria a ser realizado de forma satisfatória em 1990), mas que os dados da atuação fossem armazenados durante a realização do programa para que não se perdesse a espontaneidade do momento.

Henson até então já havia feito alguns experimentos com robótica telemétrica⁵⁹ sem fio (*wireless*), para a animação de personagens em cenas as quais não havia forma direta de controlá-los, como no filme *The Muppet Movie* [1979] em que o famoso personagem fantoche *Kermit* aparece de corpo inteiro pedalando uma bicicleta enquanto move a cabeça e canta). Um método parecido ao que foi usado para animar Kermit, com leves alterações, foi também usado para animar Waldo. Como afirma Rosendahl:

Toda a gravação de vídeo foi feita em Toronto, então nós levamos todo o equipamento para lá e basicamente fizemos ele funcionar ao vivo no set, de forma que pegávamos o *feed* da câmera de vídeo e então compúnhamos Waldo por cima dele, e era assim que a performance iria aparecer, apesar do vídeo estar gravando sem Waldo lá, mas os atores iriam olhar para a imagem com a versão "grosseira" de Waldo. (ROSENDAHL, 1988, citado por MENACHE, p. 8-9, tradução nossa).

O equipamento, operado à distância por um operador de marionetes (*puppeteer*), seria lido por um computador e interpretado para uma versão *low-poly*⁶⁰ de Waldo. As cenas eram então salvas para que depois pudessem ser combinadas em uma animação. Os dados não eram capturados de forma completamente ideal, e possuíam bastante interferência (um problema que até hoje é presente na captura de movimentos), porém pouco se preocupou com as variações anômalas de movimento, pois estes dados eram mandados através de uma linha telefônica para um estúdio separado da PDI, onde uma limpeza era realizada nos ruídos

⁵⁸ WALTER, Grahams, *The story of Waldo C. Graphic*. Course Notes: 3D Character Animation by Computer, ACM SIGGRAPH 1989, Boston, July 1989, p. 65-79.

⁵⁹ Telemetria, segundo o dicionário Houaiss, é definido como o "processo ou técnica de obtenção, processamento e transmissão de dados a longa distância".

⁶⁰ *Low-Poly* é um termo usado na computação gráfica que denomina uma malha tridimensional com "baixo número de polígonos", sendo o oposto de *High-Poly*. O personagem Waldo, na produção da época, tinha somente 50 polígonos, um valor considerado baixo para os parâmetros atuais.

gerados com a captura, e animações secundárias⁶¹ eram então adicionadas. Como o personagem possuía a capacidade de se metamorfosear, o seu *morphing* era também feito posteriormente, e a partir daí era então gerado uma versão em alta resolução, *high-poly*, de Waldo. Rex Grignon, então Chefe de Animação na empresa PDI/Dreamworks, considera que este trabalho é um uso notável da técnica de captura de movimentos (*motion capture*):

Eu ainda acho que este é um dos melhores usos de *motion capture* [...]. Você pode tomar vantagem das habilidades dos controladores de marionetes, porque estes caras são mestres. É simplesmente impressionante vê-los colocando suas mãos em uma marionete e este tomar vida. Eu lembro Graham e eu, ambos éramos constantemente mesmerizados pelas nuances que esses caras conseguiam trazer para estes personagens. (GRIGNON, 1988, citado por MENACHE, p. 10., tradução nossa).

Durante a produção de Waldo pela empresa PDI, esta não se limitou ao uso de marionetes para dar vida ao personagem digital. No mesmo ano, 1988, foi requisitado à empresa *The Creature Shop* de Rick Lazzarini (especialista em animatrônica⁶² que já havia trabalhado no filme *Aliens* de 1986) a construção de um dispositivo mecânico para a parte superior do corpo e cabeça de Waldo. Chamado de *Exoskeleton*, ou Exoesqueleto, o aparelho era composto de diversos segmentos ligados por potenciômetros, capazes de gerar parâmetros de movimentação e rotação para cada membro individual do ator que o vestia.

Paralelamente à produção de Waldo C. Graphic, a empresa *Silicon Graphics*, através de Michael Wahrman e deGraf-Wahrman, produziu no mesmo ano (1988) uma demonstração intitulada *Mike the Talking Head*⁶³ (FIG. 18) afim de demonstrar sua nova ferramenta de animação em tempo real que permitiria aos animadores o mesmo nível de controle de um mestre de marionetes. Porém o projeto se demonstraria muito mais ambicioso. A companhia esperava criar um sistema de captura de uma face humana capaz também de renderizar em tempo real, interpretar dados de fontes variadas, mudar expressões faciais, mudar materiais e também realizar pronúncias fonéticas. Para tal, a face de um ator real foi digitalizada, reconstruída de forma a ter uma variação de complexidade poligonal de acordo com a área da

⁶¹ Animações secundárias são movimentos involuntários resultantes de uma ação realizada pelo personagem, como, por exemplo, a forma como cabelos, pelagem, roupa ou adereços recebem a dinâmica indireta de um movimento principal, como um pulo ou cambalhota.

⁶² Animatrônica é o uso de mecatrônica para a construção de robôs que simulem a forma como seres vivos se movimentam ou se comportam num meio natural (ao invés de movimentos característicos de máquinas).

⁶³ ROBERTSON, Barbara, *Mike, the talking head*. Computer Graphics World, July 1988, p. 15-17.

face (áreas mais planas teriam menos polígonos que, por exemplo, a região dos olhos). Para o componente verbal, o ator foi escaneado conforme falava cada fonema, sendo que depois foi programado uma forma de interpolação entre eles, e para a interpretação das palavras do ator foram criados uma luva que poderia ser movimentada como uma marionete, assim como um sistema de identificação de voz. Mike The Talking Head foi apresentado na conferência SIGGRAPH daquele ano, com uma performance ao vivo e demonstrou com clareza que a tecnologia era capaz de se sustentar em um ambiente de produção digital. Uma exibição semelhante somente voltaria a acontecer em 1990, desta vez em *Robocop 2*, que, apesar de não ter recebido boas críticas na época de sua exibição, é tido como aquele onde se fez pela primeira vez o uso de *digital puppetry* (marionetes digitais) para se obter gráficos computadorizados em tempo real de uma figura humana em um filme de grande orçamento.



FIGURA 18 - Mike The Talking Head à esquerda, e fotografia do ator usando o sistema de captura à direita.
Fonte: <<http://mambo.ucsc.edu/psl/mike.html>> Acesso em 10 Fev. 2013.

Esta profunda relação entre o uso de marionetes e o surgimento do *Motion Capture* não aconteceu por simples acaso. Como pode-se notar, ambos possuíam desde cedo em seu âmago uma grande convergência no que se refere aos aspectos técnicos que marcaram o uso e criação de personagens animados remotamente, ao longo do desenrolar da era computacional.

Em 1989 a empresa Kleiser-Walczak (Jeff Kleiser, co-fundador, havia trabalhado na empresa de Robert Abel, no começo de sua carreira) apresentou, como parte de um clipe musical criado especificamente para demonstrar essa nova tecnologia, a animação de uma mulher cantando, chamada *Dozo*. O movimento do corpo da personagem foi capturado usando pedaços de fita adesiva reflexiva e múltiplas câmeras para triangular as posições dos marcadores. Não era um método em tempo real, e o rosto de Dozo foi esculpido por Diana Walczak em argila, assim

como todas as diferentes bocas para cada fonema, que depois foram digitalizados e usados como quadros-chave, com sua a interpolação feita pelo computador⁶⁴.

3.1.1 Década de 1990

Inspirada pela possibilidade de se animar utilizando técnicas performáticas que foi usada em Waldo C. Graphic, uma empresa de produção videográfica francesa chamada *Videosystem* decidiu tentar se arriscar na criação de uma marionete computadorizada. Para tal, desenvolveram em 1991 um sistema de animação usado em um personagem de uma série de televisão chamado *Matt the Ghost*. Este personagem interagia em tempo real com atores e outras marionetes reais usando uma variada gama de controles (de *joysticks* a pedais de bateria), e era combinado ao palco através de *chroma key*⁶⁵. Enquanto a atuação e a combinação do personagem digital eram feitas em tempo real, o programa em si não era exibido ao vivo, permitindo que diversas tomadas fossem realizadas até que se atingisse o resultado esperado, e sete minutos de animação (equivalentes a uma semana de episódios) eram completados em menos de dois dias de trabalho⁶⁶.

Uma segunda versão do Exoesqueleto de Lazzarini (ver FIG. 19) que havia sido usado para Waldo foi desenvolvida para a produção da comédia *Toys* [1992] de Barry Levinson. Carl Rosendahl chegou, na época, a fazer novamente comentários sobre o fato de que marcadores mecânicos (um dos diversos tipos de forma de captura) geravam muito ruído, e exigiam uma limpeza feita na pós-produção do filme, etapa esta que até hoje é realizada para praticamente todos os tipos de captura de movimentos.

⁶⁴ KLEISER, Jeff, *Character motion systems*. Course Notes: Character Motion Systems, ACM SIGGRAPH 93, Anaheim, CA, August 1993, p. 33-36.

⁶⁵ A técnica de *Chroma Key* consiste na filmagem com a presença de um fundo de uma cor padrão (normalmente verde ou azul) que é posteriormente substituído de forma a ter uma segunda imagem ou vídeo combinado digitalmente na cena original.

⁶⁶ TARDIF, Herve, *Character animation in real time*. Painel: Applications of Virtual Reality I: Reports from the Field, ACM SIGGRAPH Panel Proceedings, 1991.

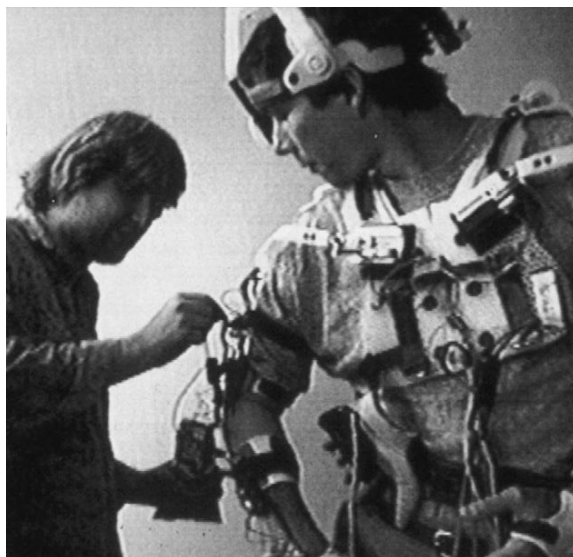


FIGURA 19 - Ator Jamie Dixon usando o Exoesqueleto produzido pela Pacific Data Images, enquanto Graham Dixon faz ajustes para a gravação de uma cena do filme *Toys* [1992].
 Fonte: MENACHE, Alberto. 2000, p. 10.

Enquanto o filme *Toys* possui o mérito de ser um dos primeiros longa-metragem a apresentar uma animação de corpo humano completa provinda de *motion capture* feita com sucesso, um filme anterior a ele já havia tentado, porém falhado nesta tarefa, e este foi *Total Recall* de 1990. Numa cena onde os atores deveriam passar em uma máquina de Raios X (ver FIG. 20), versões digitais de seus esqueletos (feitos com *motion capture*) apareceriam na tela, porém após alguns problemas (como a perda de alguns dados da captura) a empresa responsável desistiu de utilizar a cena na versão final do filme.



FIGURA 20 - Cena do filme *Total Recall* [1990], onde os atores apareceriam em uma máquina de Raios X.
 Fonte: <<http://www.sfx.co.uk/2011/10/04/cgi-visual-fx-great-leaps-forward/3/>> Acesso em 12 Fev. 2013.

Ao longo da década de 1990 muitos outros grandes títulos do cinema foram produzidos, em uma verdadeira explosão cinematográfica, ainda que não tivessem a captura de movimentos

como aspecto de destaque. Nesse ponto, o *motion capture* já começava a demonstrar sinais de amadurecimento técnico e, conseqüentemente, artístico, sendo integrado à linguagem fílmica não mais com uma ênfase em suas características de experimentação ou nova linguagem tecnológica, mas de forma a incrementar o filme de forma sutil e, no máximo possível, realista. Alguns destes importantes filmes, muitos dos quais foram ganhadores de Oscar por Melhor Feito em Efeitos Visuais, foram

- *Terminator 2: Judgment Day* (O Exterminador do Futuro 2 - O Julgamento Final [1991]), que exibiu um personagem robótico de aparência humana e metálica capaz de se metamorfosear, feito totalmente por computação gráfica (Ver FIG. 21);



FIGURA 21 - Fotograma do filme Terminator 2 [1991]
Fonte: Terminator 2: Judgment Day, James Cameron, 1991. 137min. son, color.

- *Death Becomes Her* (A Morte lhe Cai Bem [1992]), em que a personagem da atriz Meryl Streep aparecia em várias cenas com sua cabeça virada totalmente ao contrário;

- *Jurassic Park* [1993], que apresentou inúmeros dinossauros em cenas que misturavam robôs animatrônicos e suas versões em computação gráfica, em uma composição impecável. Em uma cena em que um ator seria comido vivo por um dinossauro T-Rex, se fez uso de uma versão digital de seu dublê, exigindo uma renderização hiperrealista do mesmo; Nesse filme também se fez uso de um sistema de marionete controlada por computador que contracenava com os atores, que seria posteriormente substituída pelo personagem digital;

- *Forrest Gump* [1994], fez uso de diversas técnicas de computação, tanto para mesclar o personagem interpretado por Tom Hanks em grandes eventos históricos anteriores ao filme, como para gerar multidões em determinadas cenas;

- *The Lion King* (O Rei Leão [1994]) que apesar de ser lembrado na história pela sua qualidade técnica de animação tradicional, fez uso de animação por computador em uma de suas cenas mais aclamadas;
- *Babe* (Babe, o Porquinho Atrapalhado [1995]), onde os lábios do porquinho foram feitos digitalmente e compostos nas filmagens de sua versão real, dando a impressão de que este realmente falava;
- *Jumanji* [1995] apresentou inúmeros animais computadorizados, com a primeira mostra de pêlos fotorealistas da época (Ver FIG. 22);



FIGURA 22 - Etapas do processo de criação de pêlos digitais para o filme Jumanji.

Fonte: <<http://www.sfx.co.uk/2011/10/04/cgi-visual-fx-great-leaps-forward/4/>> Acesso em 12 Fev. 2013.

- *Toy Story* [1995] como o primeiro filme longa-metragem realizado e concluído totalmente através de animação por computador, em uma colaboração dos estúdios Pixar e Disney;
- *Dragon Heart* [1996], em que um dragão falante feito em computação gráfica possuía um nível de detalhamento em suas expressões gigantesco para a época. O ator Sean Connery, que fornecia a voz para o dragão, foi fotografado mais de 200 vezes para permitir que o personagem fosse animado com expressividade semelhante à do ator, sendo que roscopia foi também usada no filme.
- *Independence Day* [1996], exibindo inúmeros usos de computação gráfica, entre eles alienígenas e suas naves, jatos militares e outros efeitos visuais;
- *Mars Attacks!* (Marte Ataca [1996]), onde os aliens ultra-realistas que invadiam a Terra foram feitos totalmente com computação gráfica, ao invés de marionetes;
- *Twister* [1996] apresentou efeitos atmosféricos, especificamente tornados e furacões, da forma mais verossimilhante até então, além de animais digitais, e destruições de propriedades;

- *Contact* (Contato [1997]), o filme apresentou o que era até o momento a sequência mais longa já criada totalmente por computação gráfica, partindo de uma imagem da Terra até a íris de uma jovem garota;
- *The Fifth Element* (O Quinto Elemento [1997]) exibindo uma infinidade de sequências digitais, entre elas a reverenciada cena de perseguição de taxi numa Nova Iorque futurista, onde também foi utilizada a técnica de *Motion Control*;
- *Starship Troopers* (Tropas Estelares [1997]), com a primeira batalha maciça entre um exército de figurantes e inúmeros aliens computadorizados semelhantes a insetos;
- *Titanic* [1997] onde computação foi usada para fazer desde partes da tripulação do navio vistas no convés, a partida do navio, a sala de motores, diversas cenas aéreas assim como outras menores, etc.;
- *Godzilla* [1998] em que grande parte das cenas exibindo o gigante réptil-mutante, o mesmo era feito totalmente por computador, além de alguns cenários;
- *What Dreams May Come* (Amor Além da Vida [1998]) representou um mundo imaginário de um além-vida, em que parte das cenas possuíam uma estética de pinturas expressionistas digitais em movimento;
- *Fight Club* (Clube da Luta [1999]) ficou conhecido pelo extensivo uso de *Fotogrametria* (a técnica de se extrair medidas matemáticas de fotos ou vídeos) para gerar um método revolucionário de modelagem em primeira pessoa, em que wireframes eram criados direto de fotografias, permitindo movimentos de câmera outrora impossíveis de serem realizados;
- *Star Wars: Episode I - The Phantom Menace* [1999], onde o diretor George Lucas decidiu por tornar digitais inúmeros personagens e efeitos que nos filmes anteriores da saga *Star Wars* haviam sido feitos através de marionetes (o personagem Yoda), maquiagem (muitos dos alienígenas), multidões, naves, planetas, etc. Edições especiais dos filmes anteriores também foram lançadas, também com substituições de personagens para suas versões em computação gráfica. Neste filme, o famoso personagem *Jar Jar Binks* (alvo de inúmeras críticas na época) foi criado digitalmente e composto em pós produção por cima do ator que estava presente no estúdio e atuava junto aos protagonistas, sendo que muitos de seus movimentos foram feitos através de *motion capture*;
- *Stuart Little* [1999], novamente um personagem animal foi integrado de forma impressionantemente verossímil à cenários e atores reais;

- *The Mummy* (A Múmia [1999]) apresentou uma impressionante figura humana em diversos estágios de decomposição (que ocorrem no sentido contrário, de regeneração, no filme), exibindo músculos, peles e órgãos extremamente realistas; Esta figura, uma múmia, foi feita usando *motion capture*, algo visível especialmente nos estágios em que ela está quase totalmente regenerada (na forma humana);

- *The Matrix* (Matrix [1999]), talvez o filme mais icônico desta década e que é considerado até hoje um dos grandes marcos da computação gráfica e também da ficção científica. Apresentou variadas técnicas inovadoras de efeitos visuais e especiais, representando 20% do total das cenas do filme, algumas dessas, como o *bullet-time* (Ver FIG. 23), sendo até hoje utilizadas exaustivamente em filmes do mesmo gênero, assim como sendo ironizados em filmes de comédia, animação, entre outros. O filme também foi marcante pelo extenso número de referências literárias e culturais em seu roteiro.



FIGURA 23 - Cena *bullet-time* do filme *The Matrix*, tão famosa quanto o próprio filme.
Fonte: *The Matrix*, Andy Wachowski, Lana Wachowski, 1999. 136min. son, color.

Como pode-se observar, muitos foram os filmes fazendo uso da computação gráfica durante a década de 1990, cada qual apresentando uma pequena contribuição em forma de aprimoramento de técnicas prévias. Poder-se-ia traçar uma comparação entre esta década e a Época de Ouro da Animação tradicional americana, que ocorreu dentre as décadas de 1930 e 1960, marcada por adventos tecnológicos e metodológicos, como o uso de som em desenhos animados, uso de filmes de tripla-camada que permitiam que estes fossem coloridos, a invenção e utilização da câmera multiplanos, e, até certo ponto, o uso da já citada técnica de rotoescopia. Muitos longas-metragens de grande qualidade e roteiros cativantes foram produzidos nessa era, e o mesmo representou de forma análoga, com as devidas diferenças, a década de 1990 para a computação gráfica na indústria do entretenimento.

3.2. Impacto na Indústria e Meio Artístico

A computação começou a ganhar seu espaço como ferramenta de produção de arte em um de seus períodos mais conturbados. Novos movimentos artísticos encabeçados por figuras como Andy Warhol colocavam em xeque séculos de conhecimento e todo um estatuto estético e prático vigente⁶⁷. De certa forma, a instabilidade e questionamento pela qual o mundo da Arte passava nesse período não poderia senão por acabar contagiando novos métodos que estavam em sua mais pura infância e que ainda não possuíam conhecimentos instrumentais enraizados em cânones seculares, como era o caso das artes clássicas como pintura, escultura, entre outras. Logo quando a computação começava a se configurar como o mais importante fenômeno tecnológico emergente, ocorreu na Inglaterra, em 1967, a primeira mostra internacional destinada a dar visibilidade à arte gerada por computador, chamada *Cybernetic Serendipity*. Foi grande a publicidade gerada pela mostra aos trabalhos produzidos nela, e também grandes as repercussões consequentes de tal polêmica novidade. Segundo relata Charles Csurí (na época professor da Universidade de Ohio, nos Estados Unidos, e considerado um dos pais da computação gráfica), a relação do público, de certa indiferença, não se comparou ao ceticismo e boicote de pessoas relacionadas ao meio artístico pois estes tinham medo de que a tecnologia fosse uma ameaça à estrutura do mercado de arte⁶⁸.

A computação gráfica, porém estava longe de ser uma ameaça às estruturas estabelecidas até então na produção de arte. Muitos dos artistas que participaram da feira internacional não participaram da mesma com o propósito de serem os pioneiros e promotores de uma revolução artística. Pelo contrário, muitos ainda nem tinham uma base sólida técnica ou conceitual para suas produções, e estavam simplesmente se precipitando, por curiosidade, busca por satisfação pessoal ou até mesmo anseios comerciais, em uma área ainda cercada de muitos preconceitos e desconhecimento, ao contrário dos sucessores de Warhol, que possuíam no âmago de seus movimentos (normalmente explicitados por manifestos) motivações muito claras quanto aos direcionamentos que pretendiam seguir e as estéticas que deveriam respeitar em seus trabalhos. Na primeira edição impressa⁶⁹ do *Cybernetic Serendipity*, porém, vemos as mais variadas ideias sendo estruturadas através dos mais destoantes procedimentos, deixando claro que não havia uma motivação unificada, mas somente um grande fervor experimental. Charles Csurí comenta (1976, p. 504): "Era um

⁶⁷ JÚNIOR, Alberto Lucena. *Arte da Animação: Técnica e Estética através da História*. São Paulo: Editora Senac, 2005. p. 256-258.

⁶⁸ CSURÍ, Charles, *Computer Graphics and Art*. 1976, p. 504.

⁶⁹ REICHARDT, Jasja. *Cybernetic Serendipity, the computer and the arts*. London: Studio International, Special Issue. 1968, 107p.

choque descobrir quando alguém teria de aprender sobre computação gráfica para fazer arte e, mais importante, quando teria de desaprender a respeito dos meios tradicionais da arte".

De forma muito interessante, a animação computadorizada desde seu surgimento pareceu sempre andar de mãos dadas com a indústria musical. Muitas bandas famosas chegaram a fazer uso desses novos recursos em clipes para algumas de suas músicas, trabalhando para isso em conjunto com empresas de animação da época e alguns pioneiros da experimentação. Algumas das bandas e clipes proeminentes que utilizaram computação gráfica na época foram: *Elvis Costello: Accidents Will Happen* [1978], *Steve Miller Band: Abracadabra* [1982], *Will Powers: Adventures in Success* [1983], *Robert Ashley: Perfect Lives* [Video Opera - 1983], *Jamaaladeen Tacuma: Renaissance* [1984], *Dire Straits: Money for Nothing* [1985], *Mick Jagger: Hard Woman* [1985], *Peter Gabriel: SledgeHammer* [1986], *Kraftwerk: Music Non Stop* [1986].

Em paralelo às aparições em clipes musicais, o uso de animação computadorizada também se fez presente em algumas performances teatrais e de dança em vídeo. Um dos grandes expoentes no período foi Rebecca Allen, com algumas de suas produções caminhando em paralelo com as novas linguagens que surgiam, vide seu vídeo *The Catherine Wheel* [1981-1982] em que uma mulher realizava uma dança performática de uma música de David Byrnes, ao mesmo tempo em que uma versão sua em *wireframe* era exibida de forma caótica (ver FIG. 24) similares as trabalhos técnicos desenvolvidos na década anterior de 1970. Em 1988 foi produzida outra performance em vídeo pela artista austríaca *Valie Export* (nome de nascença: Waltraud Lehner), esta que misturava algumas técnicas de meios diferentes. Com o título de *Stimmen aus dem Innenraum* (pode ser traduzido para "vozes do interior"), o vídeo se propunha transgredir as funções simbólicas dos processos computacionais (indo na contramão do realismo matemático buscado por muitos na época).



FIGURA 24- Video performance *The Catherine Wheel*, produzido por Rebecca Allen em 1981.

Fonte: <<http://www.rebeccaallen.com/v2/work/work.php?ID=24>> Acesso em 12 Fev. 2013.

Estas pioneiras performances que faziam uso da computação, seriam um dos mais antigos antecessores do que viria no século XXI a se chamar *Performance Animation*. Enquanto este e a captura de movimentos estejam relacionados, no sentido de que o *motion capture* é o processo de capturar, registrar e traduzir uma performance ao vivo em uma performance digital, a animação de performance se refere à atuação em si, como bem explica Alberto Menache:

Performance Animation não é o mesmo que *Motion Capture*, ainda que muitas pessoas usem os termos de forma intercambiável. Enquanto *motion capture* se refere à tecnologia usada para coletar o movimento, *Performance Animation* se refere à performance em si que é usada para trazer um personagem à vida, independente da tecnologia usada. Para obtê-la, é necessário passar por todo o processo de captura de movimentos, e então mapear os dados resultantes em um personagem 3D. Em resumo, *Motion Capture* é a coleta de dados que representam movimento, enquanto que a *Performance Animation* é o produto final de um personagem dirigido por um ator, ou *performer*. (MENACHE, Alberto, 2000, p. 2, tradução nossa)

À partir do momento em que o motion capture superou sua fase de experimentação científica da ferramenta e ganhou peso como integrante da *media* artística, o uso de atores se tornou imprescindível, na forma de *Performance Animation*, pois não mais satisfazia os anseios de mercado que um cientista ou médico colocasse em si marcadores para tentar preencher essa grande lacuna humana do processo de captura, visto que o personagem digital é também um ator virtual, e portanto pode e deve seguir os já estabelecidos conceitos para tornar sua performance mais crível, mais expressiva, coisa que a área do Teatro já há muito tempo vem estudando e definindo parâmetros. Porém, ainda que também a área da Animação possua alguns princípios como fundamentos de sua arte, muitos destes extrapolam o que o *motion capture* fornece inicialmente enquanto técnica de registro de dados, e, sendo, assim muitas vezes exigem que um animador capacitado interprete e modifique tais dados de forma a exagerar ou adequar a performance capturada de acordo com esses princípios.

CONCLUSÃO

Os métodos até então estabelecidos para a realização da captura de movimentos se mantiveram como padrão da indústria do entretenimento, alguns sendo usados até hoje (capturas ópticas, mecânicas, magnéticas, entre outras), e baseados nos mesmos princípios que haviam sido descobertos e tão largamente explorados durante as últimas décadas do século XX. Enquanto o uso do computador se firmou como um avanço irreversível e de incomparável impacto para aspectos tanto sociais como artísticos, muito se questionou se a computação gráfica acabaria por destituir e enterrar a produção tradicional de animação, e, por consequência, se a captura digital de movimentos poria um fim no trabalho manual de criação de quadros-chave e entremeios (*keyframes e inbetweens*).

Podemos observar durante a trajetória dos eventos analisados que a computação gráfica, conforme amadurece, incorpora procedimentos técnicos analógicos (como o uso de canetas e telas), e não os substitui mas ao invés recria estes em sua versão digital, de forma que permita aos artistas manterem ou adaptarem seus métodos criativos nessa nova ferramenta. Como em muitos dos exemplos citados, não são raros os casos de cooperação entre artistas e cientistas quando enfrentam um obstáculo no desbravamento de alguma nova trajetória expressiva, permitindo que através desta cooperação se construam inéditas maneiras de se realizar tanto estudos, quanto produções visuais de cunho artístico.

Como podemos notar nos anos que se seguiram da Cybernetic Serendipity até os dias atuais, a estrutura mercadológica artística não foi destruída, ou sequer relevantemente afetada. No máximo observamos que artistas digitais e seu público fazem uso do mesmo sistema estabelecido para comprar e vender obras, curadores continuam a avaliá-las, sejam essas digitais ou não, sob as mesmas óticas (muitas vezes questionáveis) que lhes apeteçam. A manifestação de tal ceticismo não é observada atualmente, ou pelo menos não com tamanha intensidade, sendo que tal comportamento parece sempre preceder uma nova grande adaptação ou inserção de novas metodologias ou tecnologias em uma área outrora firmada em conceitos arraigados e tidos como imprescindíveis e imutáveis. Como cita Alberto Lucena:

Quanto às mudanças nas instituições e conceitos, nossa larga experiência histórica e científica já mostrou que dispomos de arraigadas estruturas biológicas que condicionam a permanência de determinadas condições como fatores decisivos para a nossa existência. A cultura é uma dessas condições - e, até por ser uma criação humana, estaria fadada à mudanças. (JÚNIOR, Alberto Lucena, 2005, p. 260).

Como exemplo, a introdução da câmara fotográfica como corte na abordagem tradicional da expressão visual estabelecida, gerou o mesmo tipo de apreensão em relação à métodos bidimensionais artísticos mais tradicionais, porém já se sabe que tais métodos não foram abandonados ou completamente substituídos pelo advento da fotografia, mas sim integrados. Curiosamente, tanto com a fotografia quanto com a computação não só houve uma coexistência pacífica entre a já estabelecida abordagem plástica e esta nova forma operacional de se gerar imagens, como pouco a pouco intercâmbios começaram a firmar inéditas práxis artísticas. A fotografia, que a princípio desconsiderava uma visão artística por ser uma forma direta de registro da imagem (curiosamente algo semelhante à forma como a captura de movimentos foi vista por alguns críticos durante seu surgimento), acabou por amadurecer e permitir que o operador reestruturasse à sua vontade a visão mecânica que essa ferramenta lhe fornecia, colocando um pouco de sua própria interpretação, sua própria visão estética, em seu trabalho. E da mesma maneira a captura digital de movimentos é a princípio também um registro direto de uma fonte real, esta quase sempre só se faz possível através de um número considerável de artistas, sejam estes performáticos (os atores), técnicos (que fazem a limpeza dos dados capturados) ou animadores (que são encarregados de preencher os espaços vazios deixados pela captura, ou retocá-la).

De fato muitos profissionais da animação tradicional acabaram sendo deixados de lado ou substituídos com o advento da animação computadorizada e, principalmente, da captura de movimentos, porém seus conceitos metodológicos nunca foram completamente abandonados, seja em filmes, séries de televisão, propagandas ou até em performances artísticas, pois, diferentemente de componentes eletrônicos ou avanços mecânicos que tendem a substituir completamente seus antecessores para fins de maior eficiência, estamos aqui tratando de profissionais fazendo uso de uma técnica característica que depende de processos exclusivos e maduros de criação, e que portanto dificilmente cairão no esquecimento, da mesma forma que ainda hoje se produzem, com muitas vezes um cunho justamente de resgate histórico ou de experimentação instrumental, fotografias analógicas, *pin-hole*, ou filmes em preto-e-branco, mudos ou feitos em película, mesmo havendo uma extensa disponibilidade de câmeras e filmadoras digitais, que geram resultados cada vez mais detalhados e livres de imperfeições. Inúmeras outras ramificações se apresentaram à indústria com o advento da computação, muitas das quais exigem estes mesmos profissionais com conhecimentos de criação tradicional, desde que estejam estes dispostos à adaptá-las, traduzi-las, para esse novo ambiente digital. Tais técnicas sempre serão relembradas e retomadas pela

sua importância e peculiaridades, seja de forma prática ou teórica, como forma de manutenção de sua memória histórica e insubstituível abordagem estética.

REFERÊNCIAS

a) Livros:

1. MELLARS, Paul. *The Human Revolution: Behavioural and Biological Perspectives on the Origins of Modern Humans*. Edinburgh University Press, New edition, 1989.
2. BERGHAUS, Günther. *New Perspectives on Prehistoric Art*. Praeger, 2004.
3. STOLIAR, Abram Davidovich. *On the Genesis of Depictive Activity and its Role in the Formation of Consciousness*. Soviet Anthropology and Archaeology, Vol. XVI, 1977/1978.
4. MANDEL, Jerome. *Dream and Imagination on Shakespeare*. Shakespeare Quarterly 24, 1973.
5. NAZÁRIO, Luiz. *As Sombras Móveis: Atualidade do Cinema Mudo*. Editora UFMG, 1999.
6. TOSI, Virgilio. *Cinema Before Cinema: The Origins of Scientific Cinematography*, Wallflower Press, 2006.
7. HOBBSAWM, Eric. *The Age of Revolution: Europe 1789–1848*. Weidenfeld & Nicolson Ltd, 1996.
8. JÚNIOR, Alberto Lucena. *Arte da Animação: Técnica e Estética através da História*. São Paulo: Editora Senac, 2005.
9. GLEGG, Brian. *The Man Who Stopped Time: The Illuminating Story of Eadweard Muybridge - Pioneer Photographer, Father of the Motion Picture, Murderer*, 2007.
10. LEWIS, Richard; LEWIS, Susan. *The Power of Art*, Wadsworth Publishing, 2009.
11. SOLOMON, Charles. *The History of Animation*. Nova Iorque. Wing Books, 1994.
12. MORRISON, Mike. *Becoming a Computer Animator*, Sams Publishing, 1994.

13. RICHARD, Valliere. *Norman McLaren, Manipulator of Movement*, 1982.
14. BRATT, Benjamin. *Rotoscoping: Techniques and Tools for Aspiring Artists*, Focal Press, 2011.
15. MAREY, Etienne-Jules. *Le Vol des Oiseaux*, 1980.
16. MAREY, Etienne-Jules. *Étude de la Locomotion Animale par la Chrono-Photographie*, Étienne-Jules Marey, La Revue Scientifique, 1886.
17. MUYBRIDGE, Eadweard. *The Human Figure in Motion, An Electro-Photographic Investigation of Consecutive Phases of Muscular Actions*, Chapman and Hall, 1907.
18. KITAGAWA, Midori. WINDSOR, Brian, *MoCap for Artists: Workflow and Techniques for Motion Capture*. Burlington: Focal Press, 2008.
19. CRAFTON, Donald. *Before Mickey: the Animated Film*. University of Chicago Press, 1993.
20. GIRVEAU, Bruno. *Once upon a time Walt Disney: the sources of inspiration for the Disney studios*. Prestel, London, 2006.
21. THOMAS, Frank; JOHNSTON, Ollie. *Disney Animation: The Illusion of Life*, Popular ed. New York: Abbeville Press, 1984.
22. RUSSET, Robert; STARR, Cecile. *Experimental Animation: Origins of a New Art*. Newtons: Da Capo Press, 1988.
23. PARKE, Frederic I. *Computer Generated Animation of Faces*. Proceedings of the ACM National Conference 1972.
24. KERLOW, Isaac V. *The Art of 3D Computer Animation and Imaging*. Wiley, 1996.
25. BURTONYK Nestor; WEIN Marcell. "Computer Animation", em Jack Belzer et al (orgs.), *Encyclopedia of Computer Science and Technology*, vol. 5, New York: Marcel Dekker, 1977.
26. YAEGER, Larry. *A Brief, Early History of Computer Graphics in Film*. 2002.
27. HELFAND, Glen. *Tron 20th Anniversary*. San Francisco Gate, 2002.
28. NETZLEY, Patricia. *Encyclopedia of Movie Special Effects*, Facts On File Inc, New Edition, 2001.

29. CALVERT, T. W.; CHAPMAN, J; PATLA, A. *Aspects of the Kinematic Simulation of Human Movement*. IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 2, No. 9, November 1982.
30. CHAND, Mahesh. *Graphics Programming with GDI+*, Addison-Wesley Professional, 2003.
31. GINSBERG, Carol; MAXWELL, Delle. *Graphical Marionette*, Proc. ACM SIGGRAPH/SIGART Workshop on Motion, ACM Press, New York, April 1983.
32. WALTER, Grahams, *The Story of Waldo C. Graphic*. Course Notes: 3D Character Animation by Computer, ACM SIGGRAPH 1989, Boston, July 1989.
33. ROBERTSON, Barbara. *Mike, The Talking Head*. Computer Graphics World, July 1988.
34. KLEISER, Jeff. *Character Motion Systems*. Course Notes: Character Motion Systems, ACM SIGGRAPH 93, Anaheim, CA, August 1993.
35. TARDIF, Herve. *Character Animation in Real Time*. Paineil: Applications of Virtual Reality I: Reports from the Field, ACM SIGGRAPH Panel Proceedings, 1991.
36. CSURI, Charles. *Computer Graphics and Art*, 1976.
37. REICHARDT, Jasia. *Cybernetic Serendipity, The Computer and the Arts*. London: Studio International, Special Issue. 1968.

b) Sítios da Internet:

1. <<http://www.bradshawfoundation.com/chauvet/gallery/5b.jpg>>. Acesso em: 08 Jan. 2013.
2. <<http://www.arts.rpi.edu/~ruiz/EGDFall09/lesson4motion/Motion.htm>>, Acesso em 08 Jan. 2013.
3. <<http://iasl.uni-muenchen.de/links/GCA-IV.2.html>>, Acesso em 30 Jan. 2013.
4. <<http://www.gloubik.info/sciences/spip.php?rubrique3>> Acesso em 30 Jan. 2013.
5. <<http://vimeo.com/16292363>> Acesso em 01 Fev. 2013.
6. <<http://www.gloubik.info/sciences/spip.php?rubrique3>> Acesso em 01 Fev. 2013.

7. <<http://originaltrilogy.com/forum/topic.cfm/Animating-the-Death-Star-Trench-Circa-April-1978/topic/12830/>> Acesso em 02 Fev. 2013.
8. <http://www.youtube.com/watch?v=EPIE_h8jf6E> Acesso em 07 Fev. 2013.
9. <<http://www.nfb.ca/film/Hunger>> Acesso em 07 Fev. 2013.
10. <<http://mambo.ucsc.edu/psl/mike.html>> Acesso em 10 Fev. 2013.
11. <<http://www.sfx.co.uk/2011/10/04/cgi-visual-fx-great-leaps-forward/>> Acesso em 12 Fev. 2013.
12. <<http://www.rebeccaallen.com/v2/work/work.php?ID=24>> Acesso em 12 Fev. 2013.
13. <<http://dada.compart-bremen.de/node/4693>>. Acesso em 30 Jan. 2013.