INSTITUTO DE ARTE E COMUNICAÇÃO SOCIAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CINEMA E AUDIOVISUAL
MESTRADO EM CINEMA E AUDIOVISUAL

PEDRO AZEVEDO RAIA DE SIQUEIRA

PRIMEIRO CINEMA COMPUTACIONAL: ALGORITMOS, INTERFACES E INTERAÇÃO HUMANO-MÁQUINA DO PÓS SEGUNDA GUERRA À VIRADA DIGITAL



Niterói
2026

PEDRO AZEVEDO RAIA DE SIQUEIRA

PRIMEIRO CINEMA COMPUTACIONAL:
Algoritmos, interfaces e interação humano-máquina do pós Segunda Guerra à virada digital

Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós-graduação em Cinema da Universidade Federal Fluminense. Linha de pesquisa: História e Política.

Orientador: Prof. WILSON OLIVEIRA FILHO

NITERÓI,
2026

Ficha catalográfica automática - SDC/BCG
Gerada com informações fornecidas pelo autor

S618p Siqueira, Pedro Azevedo Raia de
Primeiro Cinema Computacional : Algoritmos, interfaces e interação humano-máquina do pós Segunda Guerra à virada digital / Pedro Azevedo Raia de Siqueira. - 2026.
132 f.: il.

Orientador: Wilson Oliveira Filho.
Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense, Instituto de Arte e Comunicação Social, Niterói, 2026.

1. Computação Gráfica. 2. Arqueologia das Mídias. 3. Cinema Expandido. 4. Produção intelectual. I. Oliveira Filho, Wilson, orientador. II. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Arte e Comunicação Social. III. Título.

CDD - XXX

Bibliotecário responsável: Debora do Nascimento - CRB7/6368

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE ARTE E COMUNICAÇÃO SOCIAL

PPGCINE UFF PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CINEMA E AUDIOVISUAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

Ata de Defesa do mestrando **PEDRO AZEVEDO RAIA DE SIQUEIRA,** na forma em que se segue:

Aos 18 (dezoito) dias do mês de março de dois mil e vinte e seis às 15:30 horas, no Instituto de Artes e Comunicação da Universidade Federal Fluminense, Rua Prof. Lara Vilela, 126, São Domingos - Niterói/RJ, por videoconferência instalou-se a banca examinadora da dissertação de **Mestrado em Cinema e Audiovisual** de **PEDRO AZEVEDO RAIA DE SIQUEIRA,** formada pelos seguintes professores doutores: Wilson Oliveira da Silva Filho (orientador - presidente da banca - UFF), Elianne Ivo Barroso (UFF), Marcus Vinicius Fainer Bastos (PUC-SP). Abertos os trabalhos, o presidente da banca passou a palavra ao discente para que expusesse oralmente o seu trabalho, intitulado**: "PRIMEIRO CINEMA COMPUTACIONAL: Algoritmos, interfaces e interação humano-máquina do pós Segunda Guerra à virada digital"**. Feita a exposição, o presidente da banca passou a palavra aos outros membros para que comentassem o trabalho e arguissem o discente, para a seguir também comentar o trabalho e as observações feitas pelos professores. Feitos os comentários e arguições, a banca se reuniu e emitiu o seguinte parecer:

Pesquisa consistente, minuciosa e cuidadosa. Bom trânsito entre as disciplinas acionadas pela pesquisa ilustrado pela análise correta dos exemplos das obras. Texto bem redigido com bom trato da bibliografia. Acaba se tornando um material inédito em língua portuguesa que merece a publicação. Recomenda-se a continuidade da pesquisa para dar conta de questões como a exibição e a IA se articulam ao trabalho.

Assim, a banca considerou o discente: APROVADO (X) NÃO APROVADO ( ).

Nada mais havendo, foram encerrados os trabalhos e eu, Prof. Dr. Wilson Oliveira da Silva Filho, lavrei a ata que vai por mim assinada e pelos demais membros da banca

Prof. Dr. Wilson Oliveira da Silva Filho
(Orientador - presidente da banca - UFF)

Profa. Dra. Elianne Ivo Barroso (UFF)

Prof. Dr. Marcus Vinicius Fainer Bastos (PUC-SP)

Sumário

1. INTRODUÇÃO 1

Novas Mídias 1
Cinema Expandido 2
Cinema e Computação 4

METODOLOGIA 7

2. PRIMEIRA GERAÇÃO DA ARTE COMPUTACIONAL: ORIGENS, IMAGENS E ALGORITMOS 10

2.1. John Whitney, o híbrido cientista-artista e a interação humano-máquina 10
2.2. Computadores e Guerra: criptografia, simuladores de voo e os primeiros gráficos 16
2.3. Breve arqueologia da arte eletrônica: de figuras estáticas às imagens em movimento 21
Osciloscópios: Laposky, Bute, Hirsh 21
Computadores: Zajac, Noll, Csuri 26
Escola de Stuttgart: Nees, Nake, Mohr 34
Herbert W. Franke 38
Japão: Hiroshi Kawano, Computer Technique Group 40
Processo Criativo e Procedimentos Técnicos 43
2.4. Abordagens estéticas: estética da informação, música visual e harmonia digital 46
Estética da Informação 46
Música Visual e Harmonia Digital 49
2.5. Da computação analógica à computação digital: curadoria como processo de criação 56

3. SEGUNDA GERAÇÃO DA ARTE COMPUTACIONAL: ACESSIBILIDADE E INTERATIVIDADE 62

3.1. Modernismo: rupturas e continuidades 62
3.2. Linguagens, sistemas e interfaces: a busca pela interatividade 70
3.3. A dualidade código/banco de dados: interface interativa como caixa preta 80
3.4. Pós-modernismo: interatividade como pastiche de códigos 84
3.5. Intercessões: Whitney, Veeder 86
John Whitney e o RDTD 87
Jane Veeder e o ZGRASS 90
3.6. Dos vetores aos pixels: modificações gerais do tecido básico da imagem computacional 92
3.7. Fotorrealismo e representação: tridimensionalidade, fractais e simulações de fluidos e terrenos 94
3.8. Narrativas Digitais: Lasseter, Pixar e a animação tradicional aplicada à computação 105

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS 110

GLOSSÁRIO DE SIGLAS 115

REFERÊNCIAS 117

Primeiro Cinema Computacional: Algoritmos, interfaces e interação humano-máquina do pós Segunda Guerra à virada digital

Pedro Azevedo Raia de Siqueira

Resumo:
Partindo da ideia de cinema expandido apresentada por Gene Youngblood e de noções de arqueologia das mídias como apresentadas por Thomas Elsaesser e Jussi Parikka, a dissertação busca entender o início do cinema computacional a partir de uma abordagem similar à dos estudiosos do primeiro cinema, não considerando-o apenas como um período que eventualmente levaria à incorporação da computação gráfica na grande indústria cinematográfica, mas como um época de fértil experimentação tecnológica e estética que deve ser estudada sem estar subjugada ao cinema comercial, ao fotorrealismo e à narrativa. Partindo deste processo de análise, pretende-se compreender melhor as origens da computação gráfica, as mudanças de sua linguagem à medida que as tecnologias mudaram e suas relações com o cinema ao longo dos anos.

Palavras-chave: Computação Gráfica; Arqueologia das Mídias; Cinema Expandido;

Linha de Pesquisa: Histórias e Políticas;

1. Introdução
Novas Mídias

> Não pensamos mais na história do cinema como uma marcha linear em direção a uma única linguagem possível, ou como uma progressão em direção a uma verossimilhança cada vez mais precisa. Em vez disso, passamos a ver sua história como uma sucessão de linguagens distintas e igualmente expressivas, cada uma com suas próprias variáveis estéticas, cada nova linguagem fechando algumas das possibilidades da anterior [...]. Da mesma forma, em vez de descartar estratégias visuais dos primeiros títulos multimídia como resultado de limitações tecnológicas, podemos querer pensar nelas como uma alternativa ao ilusionismo cinematográfico tradicional, como um começo da nova linguagem do cinema digital (Manovich, 2001, p. 314, tradução nossa)

Publicado em 2001, o livro *The Language of New Media* de Lev Manovich se propôs a analisar as mídias digitais dentro do contexto da história da arte, discutindo as semelhanças e distinções entre as novas mídias e mídias mais tradicionais como o cinema e a fotografia. Apontando suas origens em procedimentos cinematográficos como montagem e enquadramento, mas transformadas pela lógica do computador e dos algoritmos, as novas mídias discutidas no livro são caracterizadas por sua interatividade e hipertextualidade, sendo uma manifestação concomitante ao crescimento da internet e ao acesso a computadores pessoais na virada do milênio.

Websites, videogames e instalações interativas não fogem da análise de Manovich, que busca sempre contextualizar artística e tecnologicamente seus objetos de estudo. Afastando-se de uma narrativa teleológica da história das mídias, o autor discute paralelos entre as viradas dos milênios (1800-1900 e 1900-2000), apontando, por exemplo, semelhanças entre videogames, gifs e a lógica das primeiras imagens em movimento. Anos antes, em seu artigo *What Is Digital Cinema?*, Manovich já traçava paralelos entre a "evolução" da linguagem cinematográfica e o desenvolvimento da linguagem digital, utilizando os jogos dos anos 90 *Myst* e *Johnny Mnemonic* como exemplos de uma reinvenção do cinematográfico nas telas de computadores:

> [...] como a velocidade dos computadores continua aumentando, os designers de CD-ROM puderam ir de um formato de apresentação de slides para a sobreposição de pequenos elementos em movimento sobre fundos estáticos e, finalmente, para quadros completos em movimento. Esta evolução repete a progressão do século XIX: de sequências de imagens (apresentações de slides de lanterna mágica) para personagens em movimento sobre fundos estáticos (por exemplo, no Praxinoscópio de Reynaud) para movimento completo (o cinematógrafo dos Lumière). (MANOVICH, 2016, p. 35, tradução nossa)

Escrito em 1996, o texto se empolga com as mudanças que o digital trazia nos anos 90, mas não se aprofunda em uma história pré-existente da computação gráfica,

dando-lhe mais atenção quando já se encontra em um certo nível de fotorrealismo e representação que a aproximam de conceitos tradicionais a respeito do que é cinema; e considerando-a a partir da popularização dos computadores pessoais, já acessíveis em nível comercial a um público mais amplo naquela década. Claro que são temas relevantes para se pensar o digital no contexto da virada do milênio e as dinâmicas midiáticas do século XXI, mas acredito que para uma compreensão ainda mais abrangente do digital e do computacional, para explorarmos este "começo da nova linguagem do cinema digital", como cita a epígrafe de Manovich que inicia esta introdução, devemos também explorar processos anteriores e um tanto relegados, nos voltando para obras computacionais que não necessariamente abraçam todos os princípios das novas mídias: obras que não são necessariamente interativas ou hipertextuais, mas que, ainda assim, são construídas a partir de uma lógica algorítmica e/ou digital/computacional. Nessa exploração de "títulos que propõem uma alternativa ao ilusionismo cinematográfico tradicional", proponho um retorno para um período anterior à efervescência digital da virada do milênio, explorando as primeiras imagens computacionais e o trajeto por elas percorrido antes de ser incorporada ao cinema comercial e ao dia a dia dos computadores pessoais: um retorno para um período em que os principais diálogos da computação gráfica eram com as artes plásticas, as ciências e o cinema experimental.

Cinema Expandido

Em 1970 era publicado pela primeira vez *Expanded Cinema*, de Gene Youngblood. Obra essencial para o campo de estudos das novas mídias e daquilo que é hoje chamado de cinema expandido[1], o livro cumpriu um papel importante ao refletir acerca das novas formas de audiovisual que surgiam durante a efervescência contracultural da segunda metade dos anos sessenta: video e holografia eram,

[1] O termo "cinema expandido" não foi cunhado por Youngblood, e já vinha sendo utilizado em alguns círculos durante a década de 60. Jonas Mekas utiliza-o para nomear um projeto multimídia em 1965, e Stan VarDerBeek adota-o no título de seu manifesto "Culture: Intercom and Expanded Cinema" (OLIVEIRA FILHO, 2023). De acordo com Youngblood, "Quando dizemos cinema expandido, na verdade queremos dizer consciência expandida. Cinema expandido não significa filmes de computador, fósforos de vídeo, luz atômica ou projeções esféricas. Cinema expandido não é um filme: como a vida, é um processo de transformação, o impulso histórico contínuo do homem para manifestar sua consciência fora de sua mente, diante de seus olhos. Não se pode mais especializar-se em uma única disciplina e esperar expressar com sinceridade uma imagem clara de suas relações com o ambiente. Isso é especialmente verdade no caso da rede intermidiática do cinema e da televisão, que agora funciona como nada menos que o sistema nervoso da humanidade." (2018, p. 41, tradução nossa).

possivelmente pela primeira vez, tratadas como arte, e as obras de artistas como Stan Brakhage, Carolee Schneemann, Jordan Belson e Michael Snow eram analisadas a partir de suas possibilidades estéticas e não necessariamente narrativas.

O livro, à sua maneira, é um tratado sobre as potencialidades de um cinema ainda por vir, uma visão utópica de um cinema desprendido do drama, do teatro, do romance. Fortemente influenciado pelo pensamento da contracultura da época, Youngblood se opunha firmemente ao cinema tradicional, que "impunha" seu significado ao espectador através de fórmulas que condicionavam respostas planejadas. O autor acreditava (ao menos no período em que o livro foi redigido) em um cinema capaz de expandir a consciência humana, um cinema apropriado para o novo humano ainda por vir, que se encontrava então no limiar entre a Era Industrial e a Era Cibernética.

Dentre as novas mídias discutidas por Youngblood, uma das então mais recentes era a computação gráfica. Um dos capítulos de *Expanded Cinema*, *Cybernetic Cinema and Computer Films*, é integralmente dedicado a filmes realizados com computadores, e um dos artistas mais discutidos é John Whitney[2]. Atuando como artista experimental nos anos 50, seu trabalho de maior destaque comercial foi para Saul Bass e Alfred Hitchcock: os gráficos de abertura de *Um Corpo Que Cai*, realizados em um equipamento por ele mesmo construído.

Filmes de artistas computacionais dos anos 60 como Whitney eram majoritariamente não representacionais, concretos, dialogando com as tradições da música visual, de artistas de vanguarda como Oskar Fischinger e Walter Ruttmann. A computação gráfica só se veria capaz de representar a realidade alguns anos depois, a partir dos anos 70, com filmes de institutos como o NYIT e pesquisas militares e médicas que seriam eventualmente cooptadas pelo meio artístico. Gradualmente, a computação gráfica seria incorporada no cinema comercial, primeiro de maneira mais discreta a partir de alguns efeitos especiais pontuais, até se tornar comum na indústria nos anos 90 com o surgimento de filmes como *O Exterminador do Futuro 2: O Julgamento Final* (1991) e *Jurassic Park* (1993). Por fim, a computação gráfica viria a indicar os novos caminhos que o cinema de animação seguiria com *Toy Story* (1995). Alguns anos depois, com a virada do milênio, se inicia a total digitalização do cinema.

[2] A família Whitney como um todo é discutida no capítulo, tanto os filhos de John (Michael, Mark, John Jr., também artistas computacionais), quanto seu irmão James (também um cineasta experimental, mas não exclusivamente computacional).

Câmeras digitais, softwares de montagem e projetores digitais se tornam a norma de como criamos e experienciamos audiovisual até os dias de hoje, e diversas das técnicas e efeitos explorados pelos pioneiros da computação gráfica foram automatizadas e incorporadas como comandos prontos nos diferentes softwares disponíveis para criação e manipulação de vídeos.

Cinema e Computação

Cinema e computação estão intrinsecamente conectados no século XXI. Vivemos em um mundo onde efeitos digitais são recorrentes em diversos filmes, seja para criar novos mundos, cenários, criaturas, personagens ou consertar pequenos detalhes. O digital já faz parte da história do cinema, algo apontado por alguns como uma “crise” do meio de comunicação, a sua “morte” ou o seu “fim”. Mas a verdade é que o cinema sempre passou por mudanças (PARIKKA, 2021), e já foi diversas vezes considerado morto (GAUDREAULT e MARION, 2016). Mutou-se com a sua institucionalização, morfou-se com a predominância da narrativa, transformou-se com a incorporação do som e se modifica novamente com o digital. Cada uma dessas mudanças se deu não apenas por fatores internos ao meio de comunicação em si, mas também por influências externas, sejam elas sociais, econômicas ou tecnológicas. Segundo Elsaesser (2018), diferentes tecnologias foram essenciais para o desenvolvimento do cinema, como a aviação, as ondas de rádio, o eletromagnetismo e a programação. De acordo com o autor, “[...] o cinema possui diversas histórias, com apenas algumas pertencentes aos filmes” (ibid., p.186). Analisando o audiovisual contemporâneo, pode-se afirmar que uma dessas histórias é, sem dúvida, a da computação gráfica, que é hoje parte tão essencial da história do cinema quanto películas e câmeras.

Ainda assim, parte da discussão acerca da mudança do cinema para a era digital pouco parece se interessar por um passado mais longínquo do que a virada do milênio, com suas rupturas mais explícitas entre analógico e digital, e quando a computação gráfica já se encontrava bem incorporada pelo status quo cinematográfico (mesmo que ainda sem o mesmo prestígio do que outras tecnologias). Escritos acerca da computação e animação digital a partir dessa ótica aparentam se preocupar mais com uma teleologia da imagem digital, traçando sua história como uma constante busca pela verissimilitude e representação convincente

da realidade[3]. Minha proposta é evitar tal teleologia, retornando para períodos anteriores à incorporação institucionalizada da computação gráfica no cinema e na televisão, buscando entendê-la em seus próprios termos, a partir de uma abordagem similar àquela de pesquisadores como Gunning, Burch e Gaudreault, ligados à New Film History, ao se voltarem ao Primeiro Cinema: sem subordiná-la ao cinema institucionalizado narrativo de longa-metragem e sem tratá-la como um "treinamento" para o que a computação supostamente estaria destinada a ser segundo a perspectiva teleológica: narrativa e representacional[4]. Trata-se de um retorno ao que escolho chamar de primeiro cinema computacional.

Primeiramente, é essencial apontar que não pretendo, com essa pesquisa, seguir a mesma linha de pensamento de Youngblood no que tange sua crítica de valor a um cinema narrativo. Tomo sua obra como ponto de partida por ser uma das primeiras a discutir a computação gráfica dentro dos estudos de mídia, assim como por ser um valioso artefato do pensamento dominante de sua época, registrando os primórdios desse primeiro cinema computacional. A proposta aqui é muito mais próxima de uma arqueologia das mídias, de retornar ao passado computacional para se entender as origens do presente digital, buscando compreender continuidades e rupturas entre o primeiro cinema computacional, séries culturais pretéritas, e o (então) futuro digital em que nos encontramos no presente. A obra de Younglood, apesar de dar destaque para artistas da época, ainda está muito preocupada com o que seria o futuro da tecnologia, o que ela poderia, eventualmente, *ser*, e não apenas o que ela *é* (ou melhor, *era*). Trata-se de um registro que tem um claro enviesamento para um futuro específico do audiovisual, por ele julgado como superior à linguagem narrativa

[3] Exemplos são os livros *Moving Innovation: A History of Computer Animation*, de Tom Sito, e *Arte da Animação: Técnica e Estética Através da História,* de Alberto Lucena Júnior, que apesar de discutirem grandes nomes do cinema experimental eletrônico dentro de uma possível genealogia da animação computacional, estruturam-se a partir da busca da computação gráfica pelo fotorrealismo e pela representação.

[4] Em *The Cinema of Attraction[s]: Early Film, Its Spectator and the Avant-Garde*, Gunning afirma que "A história do primeiro cinema, como a história do cinema em geral, tem sido escrita e teorizada sob a hegemonia dos filmes narrativos. Primeiros cineastas como Smith, Méliès e Porter foram estudados principalmente do ponto de vista sua contribuição para o cinema como um meio de contar histórias, particularmente a evolução da edição narrativa. Embora tais abordagens não sejam totalmente equivocadas, elas são unilaterais e potencialmente distorcem tanto o trabalho desses cineastas quanto as forças reais moldando o cinema antes de 1906". (GUNNING, 1990, p. 1, tradução nossa). De maneira similar, a história da computação gráfica e do digital parece sempre ser estudada sob uma ótica parecida, subjugada ao cinema narrativo e a um constante progresso em direção ao fotorrealismo. Tal abordagem ignora as diferentes potencialidades da imagem em movimento computacional quando não subjugada a tais parâmetros, mais próximas das vanguardas, do cinema experimental e do cinema expandido.

tradicional. Não é apenas um registro das obras e artistas, mas de todo um pensamento que rondava esse específico tipo de cinema naquela determinado contexto temporal e cultural.

A proposta da dissertação é um retorno ao passado para entender o primeiro cinema computacional em seus próprios termos, sem tomar como guia a abordagem teleológica da verossimilitude ou a futorologia de um cinema capaz de expandir a consciência. Para tal, tomo como base principalmente as ideias apresentadas por Lev Manovich em *The Language of New Media*, que aponta algumas das principais características das novas mídias que surgiam com o digital e a internet. Nem todos os elementos apontados pelo autor são aplicáveis aos artistas do primeiro cinema computacional, já que, escrevendo no início dos anos 2000, o livro se preocupa majoritariamente com obras contemporâneas à sua escrita, aplicando muitas vezes ideias como interatividade e hipertexto, não tão comuns dentro do universo dos filmes aqui explorados. Não apenas isso, mas uso o termo primeiro cinema *computacional* justamente para incluir obras não digitais, realizadas em computadores analógicos, por exemplo. Ainda assim, a abordagem de Manovich ao discutir alguns artistas mais antigos (em especial John Whitney) e suas pontuais análises da linguagem de alguns dos primeiros filmes computacionais representacionais servem como base para alguns dos conceitos e ideias desta pesquisa, em especial no que tange as relações entre o primeiro cinema computacional, primeiro cinema[5] e imagens em movimento pré-cinemáticas.

Partindo deste referencial teórico, a dissertação irá discutir a evolução da computação gráfica e sua relação com as artes a partir de uma abordagem arqueológica, passando por uma análise histórica das imagens geradas eletronicamente. Dos gráficos estáticos de Laposky e os filmes de osciloscópio de Mary Ellen Bute e Hy Hirsch, até as primeiras explorações digitais, será observado como esses artistas, trabalhando com equipamentos eletrônicos antes da computação digital, são parte de uma trajetória mais ampla da computação gráfica, que tem suas raízes no contexto analógico.

[5] O primeiro cinema pode ser definido como um conjunto de filmes e práticas, ocorridos no período entre 1894-1895 e 1906-1907, com um modo de produção e exibição bem específicos, um público particular e formas definidas de representação: eram filmes (geralmente) de curta duração e de caráter de diversão popular, que não eram vistos como espetáculos sofisticados nem encarados como formas narrativas que devessem seguir o modelo das artes nobres, como o teatro ou a literatura, e mostrados por exibidores itinerantes ou em locais de espetáculo popular como circos, lojas, museus de cera e de aberrações ou parques de diversões (COSTA, 2018).

A interação humano-máquina é outro tema central, com ênfase no papel de figuras como Ivan Sutherland e as origens militares e aeronáuticas da computação gráfica. A transição da arte computacional (estática) para o cinema de computação gráfica não representacional é explorada, especialmente no que se refere à sua relação com as vanguardas do século XX, como a música visual e o cinema underground. Artistas como John Whitney e Lillian Schwartz são analisados dentro desse contexto, e a colaboração entre artistas e programadores é destacada, considerando a falta de interfaces intuitivas durante a primeira geração de arte computacional.

A computação gráfica representacional, por sua vez, é conectada ao primeiro cinema sob a perspectiva da historiografia paralaxe (PETHŐ, 2010), a partir de, por exemplo, paralelos entre a imersão e representação de espaços virtuais com os filmes de viagem do início do século XX. As mudanças nas interfaces de computação, que permitiram aos artistas trabalharem diretamente com os computadores sem intermediários, também são discutidas, destacando as mudanças das interfaces gráficas intensificada nos anos 80, quando a computação se torna mais acessível ao grande público graças aos computadores pessoais e pacotes de software comerciais – marcos da mudança da primeira para a segunda geração da arte computacional.

Metodologia

Esta dissertação adota uma abordagem arqueológica similar à apresentada por Elsaesser em *Cinema como arqueologia das mídias* e por Parikka em *O Que é Arqueologia das Mídias?*, uma perspectiva interdisciplinar e intermidiática que compreende que diferentes tecnologias e meios de comunicação foram essenciais para o desenvolvimento da computação gráfica, assim como entende que a história da computação é uma das muitas histórias do cinema. Pretende-se com a pesquisa não apenas uma compreensão das mudanças da computação gráfica com o decorrer do tempo, encontrando possíveis rupturas e descontinuidades; mas principalmente um entendimento das relações entre tecnologia e arte computacional, sempre compreendendo arte como o resultado combinado entre propósito, material e técnica (SHANKEN, 2008). Por conta disso, a pesquisa é primariamente de caráter bibliográfico (GIL, 2002) e documental (SEVERINO, 2007), buscando compreender o primeiro cinema computacional a partir de registros históricos e escritos teóricos. As principais fontes de pesquisa são livros e artigos teóricos, assim como publicações

periódicas acerca de computação gráfica, anais de conferências e revistas especializadas em animação digital. O levantamento desses artigos é feito principalmente a partir dos repositórios da revista Leonardo[6] e das conferências da SIGGRAPH[7], especialmente as realizadas entre 1974 (o ano da primeira conferência) e 1996 (ano seguinte ao lançamento de *Toy Story*, um dos marcos da consolidação do digital no cinema).

Os filmes de artistas computacionais como Mary Ellen Bute, John Whitney, Charles Csuri, Lillian Schwartz, Stan VanDerBeek e Larry Cuba, assim como trabalhos desenvolvidos por companhias como Pixar, Robert Abel & Associates, Industrial Light & Magic e Digital Productions, e por núcleos universitários como o Computer Graphics Lab do New York Institute of Technology, também são usados como fontes para uma melhor compreensão das mudanças de estrutura que a computação gráfica passou durante suas primeiras décadas de existência. É priorizada a análise externa dessas obras, considerando os filmes a partir do seu contexto social, cultural, político, econômico, estético e tecnológico (PENAFRIA, 2009). As intenções e ambições dos artistas (dados que serão levantados a partir de entrevistas, textos e artigos dos realizadores) também são analisadas dentro do contexto histórico e tecnológico em que estão inseridos, mas a prioridade é expor as relações que a estética e forma do filme possuem com os meios materiais disponíveis para sua realização, ou seja, compreender como o aparato tecnológico influencia na estética, e como a estética é modificada à medida que a tecnologia computacional muda no decorrer dos anos. Por fim, a noção de "historiografia paralaxe" (PETHŐ, 2010) é essencial para a abordagem dos primeiros anos da computação gráfica, que, assim como o cinema, traçou um caminho similar em direção à normatização da narrativa de longa-metragem, com muitas rupturas e desvios pela trilha. Utilizado pela primeira vez por Catherine Russell em 2002, o termo se refere à "[...] maneira pela qual formas anteriores de cinema podem ser revisitadas e reinterpretadas a partir da perspectiva de novas formas de mídia de imagens em movimento ou, inversamente, como essas novas formas podem

[6] Revista acadêmica da MIT Press que começou a ser publicada em 1968, divulgando artigos que tratam da aplicação de ciência e tecnologia às artes visuais e à música.
[7] A SIGGRAPH é uma conferência anual de computação gráfica organizada pela ACM desde 1974, onde diversos filmes de computação gráfica e pesquisas acerca do tema foram primeiramente divulgados. Os artigos e periódicos mencionados encontram-se digitalizados em sites como a ACM Digital Library, e certas informações podem ser encontradas no site oficial da ACM SIGGRAPH. Disponíveis em https://dl.acm.org/loi/siggraph, https://www.siggraph.org e https://history.siggraph.org, acesso 20 de agosto de 2023.

ser interpretadas a partir da perspectiva de formas anteriores de cinema” (Ibid., p. 55). É partindo dessa perspectiva que surgem as observações acerca de paralelismos, continuidades e rupturas entre o primeiro cinema e o primeiro cinema computacional.

Em suma, a metodologia de pesquisa segue uma abordagem arqueológica e intermidiática; é bibliográfica e documental, pois utiliza como fonte escritos teóricos e históricos, além da documentação de e festivais e conferências; e, por fim, faz uso dos filmes como fontes para se compreender as mudanças tecnológicas, técnicas e estéticas da computação gráfica, e não como objeto central.

2. Primeira Geração da Arte Computacional: Origens, Imagens e Algoritmos

Este capítulo discute as origens das imagens computacionais, explorando seu nascimento na indústria bélica e em pesquisas tecnocientíficas, e apresentando alguns dos principais artistas a criarem imagens eletrônicas com propósitos primariamente estéticos. O capítulo traça uma breve genealogia da imagem gerada eletronicamente, de imagens estáticas à imagem em movimento, e discute algumas das principais abordagens da arte computacional da primeira geração, levando em consideração os paradigmas de interação humano-máquina, linguagens gráficas e diferentes interfaces. Discute as relações entre essas abordagens e séries culturais pretéritas, como as vanguardas do início do século XX e a tradição da música visual. Por fim, aborda as distinções entre computação analógica e digital.

2.1. John Whitney, o híbrido cientista-artista e a interação humano-máquina

Em 1958 é lançado pela Paramount Pictures *Um Corpo que Cai*, dirigido e produzido por Alfred Hitchcock. Foi a primeira vez que o diretor colaborou com o designer gráfico Saul Bass para desenvolver os créditos de abertura de um de seus filmes, parceria que seria retomada em vários projetos subsequentes. Bass já havia criado gráficos de abertura para diferentes projetos como *O Homem do Braço de Ouro* de 1955 e *A Volta ao Mundo em 80 Dias* de 1956, mas é certamente mais lembrado por sua parceria com o mestre do suspense.

Na sequência de abertura vemos closes extremos do rosto da atriz Kim Novak. Boca, nariz, olhos que se movem de um lado para o outro, até que um único olho é centralizado, a tela é tingida de vermelho e imagens espirográficas saem do fundo da retina. A tela se torna preta, e as coloridas curvas de Lissajours movem-se do fundo para a frente (**1**), girando e crescendo enquanto a misteriosa trilha de Bernard Herrmann toca. Essas imagens estranhamente futuristas, entretanto, não foram criadas por Saul Bass, mas encomendadas pelo designer para serem geradas por outro artista: John Whitney.

Whitney criava animações abstratas ao lado de seu irmão James desde os anos 40, e no outono de 1946 seus *Five Film Exercises* foram exibidos no festival *Art In Cinema*, realizado no *San Francisco Museum of Art*. O trabalho dos irmãos, assim como outras obras experimentais de novos artistas estadunidenses, foi exibido ao lado de filmes de vanguarda europeus em posse do Museu de Arte Moderna de Nova York

(*MoMA*). O festival, creditado como responsável por estimular diferentes artistas plásticos como Harry Smith e Jordan Belson[8] a embarcarem no mundo da 'música audiovisual', tornou-se um evento anual que mostrava clássicos experimentais e novos filmes de vanguarda (WHITNEY, 1980).

1 Uma das imagens criadas por Whitney para a sequência de abertura de Um Corpo que Cai. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=Lvaahmgmz8w



Fonte: http://www.alfredhitchcockgeek.com/2010/05/hitchcock-vertigo-and-uncanny.html

Os 'cinco exercícios fílmicos' dos irmãos já demonstram bem qual a abordagem estética que John continuaria a seguir no futuro: uma mescla de conceptualização humana e realização tecnológica. Os curtas foram criados utilizando uma máquina construída pelo próprio artista, capaz de imprimir diretamente na película o desenho óptico da trilha sonora através de pêndulos cilíndricos de metal. As imagens (abstratas, não representacionais) e os sons (impressos diretamente na película) poderiam ser perfeitamente sincronizados para criar a "unidade bi sensorial audiovisual" que Whitney afirmava ser a essência do cinema abstrato (Ibid.). O processo era similar ao aplicado por Norman McLaren em sua animação *Dots* de 1940[9], mas com o auxílio de uma máquina ao invés de realizado manualmente.

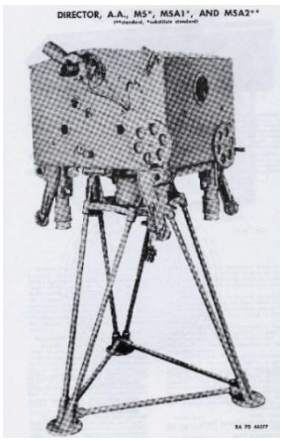
Já tendo certa experiência em construir máquinas para realizar seus filmes, Whitney embarcou em uma jornada pelo mundo dos computadores já nos anos 50. Montou, em 1957, seu primeiro computador analógico: uma máquina de desenho capaz de produzir diferentes células de animação. É esta a máquina que será utilizada um ano depois para desenvolver as figuras presentes nos créditos de abertura de *Um Corpo que Cai* (Ibid.), uma das primeiras interações entre o cinema comercial e a computação gráfica (SITO, 2013). Pouco depois, Whitney constrói seu segundo computador analógico, eliminando a necessidade de fotografar individualmente as

[8] Após abraçar o mundo da imagem em movimento, Belson utilizaria diferentes técnicas fotográficas para criar filmes 'cósmicos' e concretos, frequentemente inspirados por temas espirituais ou esotéricos (YOUNGBLOOD, 2018).
[9] Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=E3-vsKwQ0Cg, acesso 10 de abril de 2025.

imagens desenhadas ao substituir a caneta do primeiro modelo por uma luz que expõe opticamente a imagem diretamente na película (WHITNEY, 1980). O computador é montado a partir de partes descartadas de equipamentos da Segunda Guerra Mundial originalmente concebidos para auxiliar no rastreio de aeronaves inimigas e sincronizar armas antiaéreas para disparar no mesmo alvo em movimento (SITO, 2013) (**2**)[10].

O aparelho, que passaria por diferentes versões ao longo dos anos cinquenta e sessenta, viria a ser conhecido como Whitney Cam Machine. Seu funcionamento básico envolve o controle do movimento de um objeto que deve ser alimentado pelo artista ao computador analógico. O objeto é iluminado por trás, em uma mesa de luz, enquanto a câmera é posicionada de cima para baixo e fotografa-o conforme ele se move[11]. É a partir dos experimentos de Whitney com sua Cam Machine que surgem os princípios da animação slit-scan, que se popularizaria no final dos anos sessenta ao ser utilizada por Douglas Trumbull na sequência Stargate de *2001: Uma Odisseia no Espaço*[12] e no final dos anos setenta quando John Dykstra cria os efeitos de entrada no 'hiperespaço' em *Guerra Nas Estrelas*[13] (CUBA, 1983).

2 Um dos equipamentos da Segunda Guerra Mundial apropriadas por Whitney para seu computador analógico era um radar antiaéreo M5 como o mostrado abaixo (SITO, p. 27; YOUNGBLOOD, p. 208).



Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Kerrison_Predictor#/media/File:M5_director.jpg

[10] "Até 1945, a indústria pesada americana produzia a todo vapor para gerar materiais suficientes para vencer a Segunda Guerra Mundial. Quando a guerra terminou, centros de manufatura pesada como Detroit e Pittsburgh voltaram a fabricar produtos de tempos de paz. Ferros-velhos e brechós por todo o país lotaram-se de equipamentos militares descartados. A loja de excedentes do exército tornou-se um ponto de encontro regular na rua principal de todas as cidades." (Sito, p. 21, tradução nossa)

[11] É possível ver o aparelho analógico de Whitney no fragmento do documentário *Computers: Challenging Man's Supremacy*, disponível em https://www.youtube.com/watch?v=5eMSPtm6u5Y, acesso 1 de junho de 2025.

[12] Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=QroB86pjKyQ, acesso 1 de abril de 2025.

[13] Efeito do "hiperespaço" disponível em https://www.youtube.com/watch?v=j0GZ3qSV9s0, acesso 1 de abril de 2025. Além dos efeitos especiais, Dykstra também desenvolveu as câmeras Dykstraflex junto de sua equipe na Industrial Light & Magic (ILM). Criada em 1976, a Dykstraflex foi a primeira câmera de controle de movimento digital e, segundo Virilio (2005), descende diretamente de um sistema destinado ao treinamento de pilotos de avião.

Após outras parcerias com Saul Bass nos últimos anos da década de 50, Whitney funda em 1961 sua própria companhia, a Motion Graphics Inc. (SITO, 2013; YOUNGBLOOD, 2018). Seu único 'filme' realizado em um computador analógico, *Catalog* (**3**), de 1961, era na realidade uma demo reel utilizada para mostrar as possibilidades imagéticas da máquina para possíveis clientes (WHITNEY, 1980), e não uma obra com uma visão estética unificada. Ainda assim, foi *Catalog* o projeto responsável por garantir que Whitney seguisse seus experimentos computacionais pelo mundo digital. Uma exibição do filme chamou a atenção do cientista Jack Citron, que o convidou para ser o primeiro "artista em residência" da gigante da tecnologia em 1966 (SITO, 2013).

3 Fragmentos de Catalog (1961). Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=Nie3DAilv8Y



Fonte: https://zzz.softdetours.com/animation/1961--Catalog--John-Whitney--Circles-B/

Citron era, de certa maneira, um intermediário entre o artista e a máquina. Para facilitar o processo de criação, o cientista desenvolveu a linguagem de programação GRAF (Graphic Additions to Fortran), e era responsável por auxiliar Whitney nas questões técnicas dos computadores sempre que necessário (Ibid.). Esse tipo de parceria, cientista-artista, era a norma para a primeira geração de artistas computacionais. Stan VanDerBeek, outro artista em residência de outra gigante tecnológica (o Bell Labs da AT&T), trabalhava em conjunto com o programador Ken C. Knowlton para criar filmes como os da sua série *Poemfields*. Assim como Citron, Knowlton havia desenvolvido uma linguagem para computação gráfica: a BEFLIX, em 1963[14]. O programa era armazenado em pilhas de cartões perfurados e funcionava com um sistema de coordenadas com um máximo de 252 x 184 "quadrados",

[14] O documentário *The Incredible Machine*, de 1968, discute a linguagem e o processo de criação de filmes computacionais. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=iwVu2BWLZqA, acesso 1 de abril de 2025.

possibilitando alocar valores de cinza em oito níveis e oferecendo funções para conectar pontos, construir linhas e desenhar curvas (DREHER, 2020).

Knowlton foi um dos principais defensores do colaboração híbrida artista-programador para solucionar as dificuldades de comunicação entre o artista e a máquina, afirmando que tal parceria seria a única maneira viável de superar os impasses e desconfianças que artistas tinham em relação à arte computacional (GOODMAN, 1987). Segundo Goodman,

> Uma das principais razões para artistas terem resistido aos computadores no passado era o medo de que o computador usurparia o controle e criatividade artística. Igualmente problemática era a percepção de que existia uma relação direta entre o sucesso ou fracasso de uma obra computacional e o nível de proficiência do artista em programação. [...] A base matemática do processo de criação prevenia que artistas utilizassem computadores para criar arte ou então alienava-os de maneira tão extrema que a ideia era simplesmente rejeitada. (Ibid., p. 46, tradução nossa)

A interação humano-máquina, então, não era intuitiva o suficiente para a maioria dos artistas, e computadores não eram facilmente acessíveis. Por exemplo, no meio dos anos sessenta aparelhos como um gravador de microfilmes Stromberg-Carlson custava por volta de 325 mil dólares e um computador IBM 7094 em torno de 3.5 milhões (PATTERSON, 2015). Por conta disso, arte digital fora de um ambiente universitário ou de uma grande companhia de tecnologia era extremamente rara, já que os computadores capazes de gerar gráficos complexos estavam disponíveis apenas em ambientes como a IBM ou o Bell Labs (NOLL, 1966a). Suas funções principais eram voltadas para pesquisas e simulações de cunho científico, e para que artistas conseguissem se comunicar com a máquina satisfatoriamente precisavam ou aprender a programar ou colaborar com intermediários como Citron ou Knowlton, que desenvolviam linguagens gráficas e auxiliavam-nos na tradução de ideias para códigos que então seriam interpretados pelo computador. Seja no formato colaborativo entre cientista e artista ou no formato do artista-programador individual, o(s) realizador(es) da arte computacional atua(m) como uma espécie ‘cientista do design’ (YOUNGBLOOD, 2018), integrando métodos artísticos e científicos para explorar e construir novas formas de mídia e comunicação, desenvolvendo interfaces, abordagens e linguagens voltadas para o processo específico do artista em questão.

Por conta dessa distância entre o artista e a máquina, a primeira geração de artistas computacionais precisava de algum conhecimento de eletrônica e computação para ter mais controle e discernimento sobre como criar sua arte e

diminuir o ‘ruído’ inerente da parceria artista-programador[15]. Informação claramente se dissipava na transmissão da ideia do artista para o cientista, da tradução do cientista para a linguagem de máquina e da linguagem de máquina para a concretização pelo computador. Esse tipo de conhecimento eletrônico não seria mais necessário para a segunda geração de artistas computacionais (que, de acordo com Cynthia Goodman, se inicia a partir de 1978). Se nos anos sessenta e boa parte dos anos setenta a participação de um especialista (ou um aprofundamento teórico na área computacional e eletrônica) era essencial, com os computadores pessoais dos anos oitenta e a chegada de softwares e interfaces gráficas a interação humano-máquina se torna extremamente intuitiva, abrindo o caminho para que mais artistas usassem computadores como ferramentas. O computador era humanizado a partir da intuitividade e interatividade, transformando o artista em um usuário indiferente ao mecanismo interno da máquina que utiliza para criar sua arte (TAYLOR, 2014). Dessa forma, o híbrido artista-programador apontado por Knowlton como a única solução viável para tal problemática era superado, e o ruído na transmissão de ideias era reduzido com a eliminação da necessidade do intermediário humano (GOODMAN, 1987)[16].

O trabalho de programadores como Citron e Knowlton evidencia que a questão da interação humano-computador era um ponto de discussão do campo da computação havia bastante tempo, e que passou por um longo processo antes de desaguar na intuitividade que um dia alcançaria com os computadores pessoais e interfaces gráficas. Um dos pioneiros na busca por solucionar essa dificuldade de comunicação foi Ivan Sutherland, que em 1962 desenvolveu como seu projeto de doutorado no MIT o programa Sketchpad (**4**), que permitia que o usuário desenhasse diretamente em uma tela CRT utilizando uma caneta óptica. Não era necessário digitar nenhum código para criar as imagens utilizando o programa. Bastava desenhar com a caneta de luz, pressionar botões como ‘mover’ e ‘apagar’ para alterar o desenho, ou

[15] No caso das artes plásticas (imagens computacionais estáticas) e de cientistas que se tornaram artistas após se interessarem pelas possibilidades estéticas do computador, era mais comum que o artista tivesse um domínio mais aprofundado na área de computação e programação.

[16] Nem todos dentro do mundo da arte computacional viam os softwares comerciais e interativos como uma adição positiva ao processo de criação ou como uma “eliminação” de um ruído extra na transmissão de ideias à máquina. Muitas críticas foram feitas à mudança do artista que trabalha com o código àquele que atua na superfície do software disponibilizado comercialmente. As problemáticas e críticas ao distanciamento do artista em relação à criação algorítmica decorrente do surgimento das interfaces gráficas e softwares interativos e intuitivos serão discutidas de maneira mais aprofundada no capítulo 2.

pressionar as linhas desenhadas para encurvar, aumentar ou diminuir o objeto digital (SITO, 2013).

4 Ivan Sutherland demonstrando seu programa Sketchpad.



Fonte: https://bimaplus.org/news/the-very-beginning-of-the-digital-representation-ivan-sutherland-sketchpad/

Assim como com o segundo computador analógico de Whitney, temos na história das interfaces gráficas mais uma conexão entre a computação e a guerra. A pesquisa de Sutherland foi majoritariamente financiada pela indústria militar, em especial aeronáutica, por seu potencial no uso de simuladores de voo e engenharia (Ibid.). Outra invenção de Sutherland, os óculos de realidade virtual, também seriam financiados pelo complexo militar, pelas mesmas razões. A ideia de Kittler de que "a indústria de entretenimento é, em todos os sentidos, abuso de equipamentos do exército" (2019, p. 148) parece se confirmar com a história da computação gráfica, que das suas origens no pós Segunda Guerra ao desenvolvimento dos computadores pessoais nos anos oitenta seguiria mostrando ainda mais conexões entre a tecnologia e a indústria da guerra.

2.2. Computadores e Guerra: criptografia, simuladores de voo e os primeiros gráficos

Conexões entre computação gráfica e a indústria militar são inevitáveis, já que a tecnologia como a entendemos hoje surge justamente no contexto da Segunda Guerra Mundial. Apesar da história dos computadores se iniciar séculos antes com Charles Babbage e sua máquina diferencial, é durante a Segunda Guerra que, com o financiamento da indústria militar, computadores irão se desenvolver até se tornarem o que são hoje. Máquinas analógicas capazes de realizar cálculos matemáticos já existiam nos anos 20 e 30, sendo utilizadas nos meios empresariais e científicos. Entretanto, com a chegada da Segunda Guerra, essas máquinas não atendem às

demandas militares, que exigem a capacidade de quebrar códigos, projetar armas e planejar a orientação de artilharia considerando variáveis como temperatura, gravidade, distância e vento. As tecnologias antigas eram lentas demais para realizar esses cálculos, exigiam intervenção humana durante o processo de computação e eram direcionadas à realização de processos específicos que iam contra a generalidade necessária para resolver problemas distintos entre si. Com as exigências da Segunda Guerra, a indústria militar investe milhões de dólares no desenvolvimento de computadores capazes de arcar com essas questões. Apesar disso, a Guerra chegaria ao fim antes da conclusão de qualquer uma dessas pesquisas, e os resultados desse investimento começariam ao surgir após o fim do conflito (Campbell-Kelly et al., 2014).

Neste primeiro momento, computadores ainda não apresentavam propriedades gráficas. As representações visuais existiam de maneira eletrônica nos osciloscópios de radares que mostravam a distância de um submarino inimigo ou o posicionamento de um avião, mas computadores exerciam apenas a função de processamento e armazenamento de dados, sem output visual. Apenas em 1945 se iniciaria o projeto que desencadearia no computador Whirlwind do MIT, um dos primeiros a ter um monitor gráfico.

Iniciado poucos meses antes do fim da Segunda Guerra Mundial, o Projeto Whirlwind tinha como objetivo inicial o desenvolvimento de um simulador de voo analógico para treinamento de pilotos. No entanto, logo se percebeu que o sistema não teria velocidade suficiente para operar em tempo real. Com essa limitação e o término da guerra, o projeto foi redirecionado para o desenvolvimento de um computador digital. Após anos sem avanços significativos, o MIT quase perdeu o financiamento da Office Naval Research em 1949, quando a Força Aérea dos Estados Unidos passou a apoiar o projeto, integrando-o ao sistema de defesa antiaérea durante a Guerra Fria (Ibid.). O computador, que já operava com programas de teste e utilizava uma tela de tubos catódicos para visualização gráfica, veio a ser fundamental para a criação do Laboratório Lincoln no MIT, voltado à segurança nacional. Embora focado em defesa militar, o Whirlwind também foi utilizado na produção de algumas das primeiras animações computacionais, como um programa que simulava uma bola quicando sob a ação da gravidade (GOODMAN, 1987), além de outras animações realizadas em 1951 (ZAJAC, 1966).

Após a conclusão do Whirlwind, seu protótipo deu origem aos computadores

IBM AN/FSQ-7 que foram integrados ao sistema SAGE de defesa aeroespacial dos EUA (Campbell-Kelly et al., 2014). Desenvolvido para proteger o país de ataques nucleares, o SAGE (Semi-Automatic Ground Environment) consistia em 23 Centros de Direção distribuídos pelo país, onde os computadores processavam dados de radares e sistemas de armas para monitorar a defesa aérea. O sistema perderia relevância com a introdução nos anos 1960 dos Mísseis Balísticos Intercontinentais, sendo desativado no início da década de 1980. Ainda assim, suas inovações tiveram impacto duradouro na computação civil (Ibid.), e estabeleceram alguns dos paradigmas da interação humano-máquina (PATTERSON, 2015): o sistema (**5**) contava com uma interface gráfica interativa, controlada por uma caneta de luz ao invés de cartões perfurados. Exibindo informações de tráfego aéreo em tempo real, o operador podia interagir com as aeronaves na tela ao 'clicar' no objeto com a caneta de luz[17]. Esse nível de interatividade tomaria rumos diferentes com as pesquisas de Ivan Sutherland e o seu Sketchpad. Ao invés de selecionar alvos de mísseis antiaéreos, a caneta de luz poderia criar formas geométricas tridimensionais e fazer desenhos diretamente no monitor CRT.

5 A interface dos computadores IBM AN/FSQ-7 usados pelo SAGE para defesa do espaço aéreo



Fonte: https://www.computerhistory.org/revolution/real-time-computing/6/120

No final da década de 50 surgem diferentes avanços no âmbito da computação gráfica. A National Bureau of Standards dos Estados Unidos desenvolve uma técnica de escaneamento de imagens envolvendo um tambor giratório e células fotoelétricas, que transforma a imagem em dados que podem ser armazenados, processados e interpretados pelo computador. A técnica é colocada em prática pela primeira vez em

[17] Uma demonstração do funcionamento do sistema SAGE pode ser vista em uma propaganda disponível no link https://youtu.be/iCCL4INQcFo?si=VeBFIu5uiuGe90LW. Acesso 24 de março de 2025.

1957, ao escanear a fotografia do filho neném de um dos cientistas responsáveis pela pesquisa (GOODMAN, 1987). Em 1959 outro importante passo é dado com o lançamento comercial do plotter[18] digital da CalComp. O equipamento, capaz de realizar desenhos seguindo coordenadas específicas armazenadas e transmitidas pelo computador, se tornou uma alternativa viável para a impressão de gráficos computacionais de uso industrial (Ibid.).

É a partir do uso de plotters como o da CalComp que surge o termo ‘computer graphics’ (computação gráfica/gráficos computacionais), cunhado em 1960 por William A. Fetter, pesquisador da Boeing, para se referir ao desenho técnico de uma cabine de aeronave planejada por ele e impressa em uma dessas grandes impressoras de desenhos vetoriais. O termo foi primeiramente aplicado para se referir a desenhos industriais, mas seria eventualmente utilizado também para se referir à arte computacional. Essa dupla aplicação do termo, que se volta tanto para a aplicação industrial quanto para a aplicação artística, pode causar certa confusão quanto ao que se pretende abordar quando se busca explorar uma origem da computação gráfica. Falamos apenas de obras de arte? De desenhos? Filmes? Ou qualquer imagem gerada a partir do intermédio e cálculos de um computador deve fazer parte da exploração?

A abordagem arqueológica, que se opõe à genealogia, surge como uma possível solução para a problemática: “[...] a última tenta reconstruir uma linha contínua de descendência, do presente ao passado, enquanto a primeira respeita a descontinuidade [...] que dá ao presente acesso a um passado." (ELSAESSER, 2018, p. 186). A busca por descontinuidades, falsos começos, experiências em paralelo que eventualmente se cruzam para novamente seguirem caminhos distintos e experiências não concretizadas é um método exploratório e estruturante mais frutífero para a pesquisa da computação gráfica do que uma tentativa de estabelecer uma genealogia fixa e rígida. Para além disso, o duplo uso do termo, essa dúvida semântica gerada pela dupla aplicação indica um ponto bem mais relevante para a discussão: fica evidente que é impossível discutir a arte computacional de maneira dissociada do universo científico/industrial/comercial.

[18] Um plotter nada mais é do que uma impressora dedicada a imprimir desenhos em grandes dimensões e com precisão elevada, normalmente de caráter vetorial. É um equipamento bastante utilizado na engenharia para imprimir projetos com dimensões, proporções e coordenadas precisas. O sinal do computador é utilizado para movimentar um braço mecânico que desenha com um lápis ou caneta em um suporte como papel ou microfilme (PATTERSON, 2015).

A arte computacional surge, inevitavelmente, de meios acadêmicos e científicos. É nesse ambiente que serão desenvolvidos os primeiros gráficos computacionais e os primeiros filmes de computação gráfica, com preocupações e objetivos não estéticos, mas científicos e de aplicação comercial, buscando demonstrar visualmente princípios físicos, matemáticos, ou resolver e simplificar problemas do design comercial de produtos (YOUNGBLOOD, 2018). Alguns dos princípios paradigmáticos da animação computacional vão surgir justamente de pesquisas acadêmicas como o Sketchpad de Sutherland ou de softwares voltados para o design tridimensional de produtos como os desenvolvidos pela General Motors/IBM no final dos anos 50 (DREHER, 2020).

Assim como diferentes tecnologias foram essenciais para o desenvolvimento do cinema, e assim como o cinema é composto por muito mais histórias do que apenas as dos filmes (ELSAESSER, 2018); a computação gráfica, que por sua vez é uma dessas histórias do cinema, também é composta por diferentes histórias, com apenas algumas pertencentes ao mundo das artes. Indústria militar, mercado corporativo, pesquisa aeroespacial, design e arquitetura, todas têm o seu papel no desenvolvimento seja de técnicas, software ou hardware que serão aplicados em animações e artes computacionais.

Ainda que todos os desenvolvimentos tecnológicos mencionados acima ocorram nos anos 50 e início dos anos 60, isso não significa que a aplicação de aparelhos eletrônicos nas artes visuais não existia antes desse período, ou mesmo que computadores nunca haviam sido utilizados com outros objetivos que não científicos e industriais antes da primeira geração de artistas computacionais que surgiria na década de sessenta. Antes mesmo dos computadores modernos, em 1800, J.M. Jacquard já havia inventado uma máquina de tear controlada por cartões perfurados, capaz de tecer imagens complexas, utilizando essencialmente um computador analógico para gerar imagens antes mesmo da máquina ser usada para processar números (MANOVICH, 1996). Já no século XX, mais próximo à efervescência tecnológica do surgimento dos computadores modernos nos anos 40 e 50, estava Ben F. Laposky, que criou imagens eletrônicas com objetivos puramente estéticos em osciloscópios.

2.3. Breve arqueologia da arte eletrônica: de figuras estáticas às imagens em movimento[19]

Osciloscópios: Laposky, Bute, Hirsh

Se uma arqueologia do cinema estaria incompleta sem ao menos uma menção à imagem fotográfica, discutir o cinema de computação gráfica sem ao menos brevemente citar as imagens eletrônicas que o antecedem seria um erro. Whitney pode ser apontado como um percursor do cinema computacional, mas um importante nome da arte gerada por máquinas eletrônicas é Ben F. Laposky, com sua série 'abstrações eletrônicas' (GOODMAN, 1987).

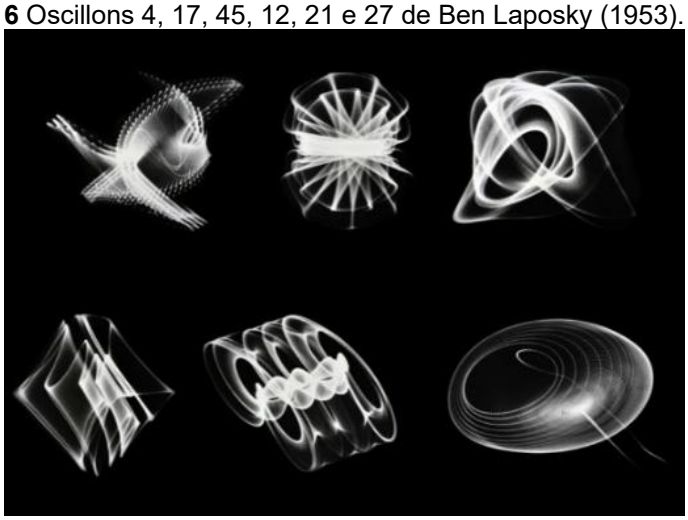
Assim como nos primeiros trabalhos de Whitney, Laposky utilizou aparelhos analógicos para criar sua série de *Oscillons* no início dos anos cinquenta (**6**). O termo usado para definir "[...] oscilogramas eletrônicos compostos com fins de design, podendo ser fotografados, desenhados ou representados de outras formas" foi cunhado para "[...] distingui-los de outros oscilogramas observados por cientistas, engenheiros e técnicos por diversos motivos teóricos ou práticos" (LAPOSKY, 1953, p. 4). Na criação de um *oscillon*, um osciloscópio gerava uma onda eletrônica exibida graficamente em um tubo de raios catódicos, cuja imagem era capturada por películas especiais de alta velocidade. Essa onda (uma forma visual efêmera composta por padrões como senoides, ondas quadradas, dentes de serra ou figuras de Lissajous) desaparecia assim que o aparelho fosse desligado. Por meio de fórmulas matemáticas e diferentes inputs, o artista podia modificar essas formas. Ao registrá-las em filme, a imagem era transferida para um suporte permanente, garantindo sua preservação.

Vindo de uma longa fascinação por formas artísticas derivadas da matemática e da física (curvas algébricas e traçados de pêndulos) e inspirado em movimentos da arte moderna como o abstracionismo geométrico, o construtivismo e o cubismo,

[19] Utilizo esta nota de rodapé para justificar a ausência de aprofundamento em algumas escolas e artistas computacionais, como o movimento *Arte Programmata* na Itália, o *Movimento Arte Gerativo* e *Grupo de Arte y Cibernética* na Argentina, Waldemar Cordeiro no Brasil e a artista húngara Vera Molnár, atuante na França. A razão é uma questão de escopo da pesquisa, que pretende se debruçar especificamente sobre a computação gráfica **em movimento**: os artistas e escolas discutidos neste subcapítulo, de uma maneira ou outra, possuem alguma produção de computação **animada** dentro do contexto da primeira geração de arte computacional. Os artistas e movimentos supracitados dedicaram-se a imagens estáticas ou obras interativas, mas não **computação em movimento**, e, portanto, não foram aprofundados ao longo da pesquisa. Exceção é dada a Laposky, por seu pioneirismo na arte gerada eletronicamente, aos artistas da Escola de Stuttgart, por sua contextualização ser importante para a introdução da obra de Manfred Mohr, que explorou a animação computacional na França, e a Hiroshi Kawano, por suas ideias acerca da arte computacional serem relevantes para discussões subsequentes acerca da relação artista-computador.

Laposky adotou o osciloscópio como uma tecnologia capaz de oferecer novas possibilidades visuais de criação artística, desenvolvendo "[...] uma espécie de música visual, já que as formas de onda básicas que a compõem [a arte oscilográfica] se assemelham às ondas sonoras" (LAPOSKY, 1976, p. 21). Seu primeiro *oscillon* foi concretizado em 1950, e sua oscilografia seria amplamente divulgada a partir de então (216 exibições e 160 publicações entre 1952-1975) (Ibid.).

6 Oscillons 4, 17, 45, 12, 21 e 27 de Ben Laposky (1953).



Fonte: https://transat.stephanecabee.net/1953-oscillons-ben_f_laposky/

Em 1951 osciloscópios já seriam usados para criar imagens em movimento[20] no filme *Around is Around* de Norman McLaren[21], e na mesma época Hy Hirsh realiza animações experimentais utilizando o aparelho. Hirsh foi um cinegrafista da Columbia durante a década de 1930, assim como fotógrafo profissional para o Museu deYoung em São Francisco (MORITZ, 2001). Seu estilo fotográfico inicial refletia um movimento influente da fotografia californiana, o Group f/64[22], cuja exposição inaugural ocorreu em 1932 (REED, 2008). Ao mesmo tempo que trabalhava com fotografia, Hirsh se interessou pelo cinema underground, participando de produções independentes na segunda metade da década de 30. Em 1946 frequentou a exposição *Art In Cinema* no Museu de Arte Moderna de São Francisco, onde possivelmente foi exposto a filmes

[20] Dois anos antes, em 1949, McLaren já havia utilizado um osciloscópio para a realização do filme *Begone Dull Care*. Entretanto, o equipamento não foi utilizado para gerar imagens impressas na película, mas sim para visualizar a música do *Oscar Peterson Trio* e realizar marcações no celuloide para que, então, McLaren e Evelyn Lambart pudessem desenhar de maneira sincronizada ao jazz que iria compor a trilha sonora (PINSON, 2017).

[21] Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=Y2ULu_sni-M, acesso 6 de outubro de 25.

[22] Os fotógrafos do grupo f/64, como Edward Weston, Ansel Adams e Imogen Cunningham, defendiam a "fidelidade ao meio", buscando expressar suas experiências por meio dos elementos mais característicos da própria fotografia. Eles pré-visualizavam o enquadramento completo da imagem, imprimiam o negativo integral (sem cortes), enfatizavam o detalhamento preciso e se opunham firmemente a qualquer alteração no negativo ou na cópia (REED, 2008).

de vanguarda europeus assim como aos exercícios fílmicos dos irmãos Whitney (Ibid.).

Um entusiasta da tecnologia, Hirsh constantemente adquiria novas invenções. Após a Segunda Guerra se apossou de um gravador de fita magnética, equipamento que utilizou para criar algumas de suas trilhas sonoras (MORITZ, 2001). Hirsh também construiu uma impressora óptica para realizar seus próprios efeitos especiais, máscaras e processos de impressão em cores, equipamento que compartilharia com outros cineastas experimentais como Jordan Belson e Harry Smith (REED, 2008). Ao longo dos anos, o fotógrafo/cineasta acabaria se distanciando do estilo f/64, levando-o a experimentos audiovisuais como seu uso pioneiro de padrões de osciloscópio no início da década de cinquenta, filmados a partir de um tubo de raios catódicos, que depois eram coloridos e multiplicados com o auxílio de sua impressora óptica (Ibid.).

Come Closer (1952) é um dos filmes em que utiliza o osciloscópio para criar imagens eletrônicas giratórias (**7**). O curta gravado em Polaroid Stereo 3D conta com imagens que se repetem na obra de Hirsh, como pássaros voando, fogos de artifício e figuras osciloscópicas (MORITZ, 1979): círculos se sobrepõem às espirais eletrônicas que giram concentricamente ao som da música caribenha que compõe a trilha sonora, criando uma atmosfera festiva e carnavalesca.

7 *Come Closer* (1952) de Hy Hirsh. Disponível em https://youtu.be/nks6X_FUWHg?si=zfXUOS6SQai6mveK, acesso 1 de junho de 2025.



Fonte: https://lightcone.org/en/film-666-come-closer

Mary Ellen Bute, que já vinha explorando o universo do cinema experimental desde a década de trinta, é outra artista que adota o eletrônico no início dos anos 50. Em 1932 Bute já havia redigido um artigo em colaboração com o inventor Lev Theremin, onde comentavam as possibilidades de utilização de equipamentos eletrônicos para criar desenhos a partir do som (BUTE, 1954). Intitulado *The Perimeters of Light and Sound and Their Possible Synchronization* (Os Perímetros da

Luz e do Som e Sua Possível Sincronização), o projeto também constou, para além do texto, com a construção de um protótipo em que Theremin conectou um dispositivo óptico ao instrumento musical eletrônico que leva seu nome (BASQUIN, 2024). Segundo ela:

> Theremin e eu imergimos um pequeno espelho em uma pequena tina de óleo, conectado por um fio fino que passava por um oscilador até um tipo de controle joystick. Manipular esse joystick era como ter um lápis ou pincel de desenho responsivo, que fluía luz e estava inteiramente sob o controle da pessoa no joystick. [...] esse pequeno ponto de luz viva parecia tão responsivo e inteligente, como se seguisse o que você tinha em mente, em vez de apenas a manipulação do oscilador. O resultado na tela era luz pura e impecável. Theremin conectou isso a um dos instrumentos eletrônicos, de modo que a música modificava e controlava a luz, e os musicólogos ficaram encantados. (BUTE, 1982, apud BASQUIN, 2024, p. 30, tradução nossa)

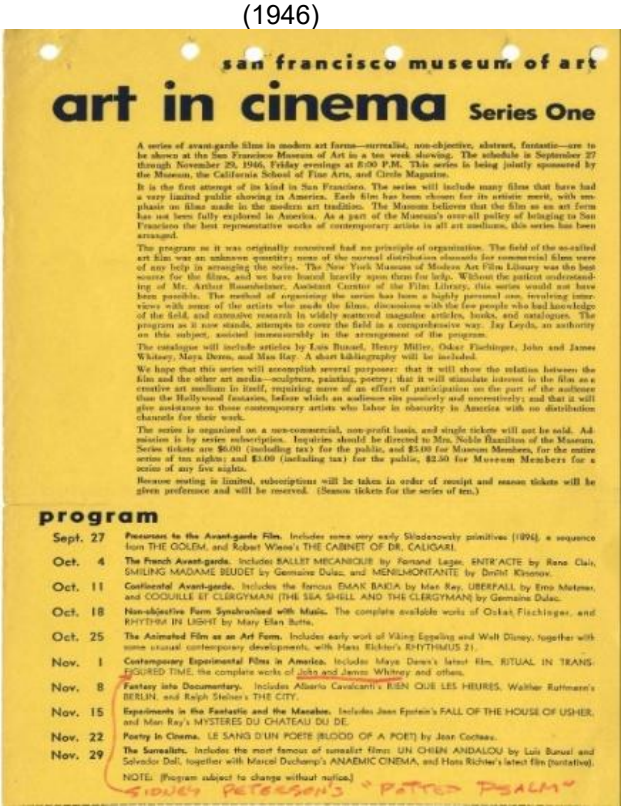
Apesar disso, o projeto não foi para frente por conta da falta de orçamento (BUTE, 1954), e nenhuma obra chegou a ser produzida com o equipamento.

Durante quase duas décadas, Bute seguiria manipulando "[...] a luz para produzir composições visuais em continuidade temporal, assim como um músico manipula o som para produzir música" (Ibid.), aplicando o sistema matemático do teórico Joseph Schillinger na maneira que ritmava suas animações combinadas com superposições de bolas de pingue-pongue e creme flutuante sobre café (BASQUIN, 2024)[23]. Vários de seus filmes seriam constantemente exibidos antecedendo longas-metragens no Radio City Music Hall, e em 1946 seu trabalho *Rhythm In Light* (1934) faria parte do corpus da primeira exibição *Art In Cinema* do Museu de Arte Moderna de São Francisco (MACDONALD, 2006, p. 3) (**8**). Seria apenas na década de 50, ao entrar em contato com Ralph Potter, pesquisador associado ao Bell Labs., que Bute tomaria conhecimento do osciloscópio, equipamento utilizado para realizar seus filmes *Abstronic* (1952) (**9**) e *Mood Contrast* (1953), suas últimas animações abstratas antes

[23] Joseph Schillinger foi um músico e teórico russo que, após imigrar para os EUA em 1928, atuou como professor de composição de ícones do jazz e da música de big band como Benny Goodman, George Gershwin, Tommy Dorsey e Glenn Miller. Schillinger também se associou à *New York Musicological Society* e a personalidades do universo musical como Lev Theremin e Henry Cowell (QUIST, 2002). Seu principal desenvolvimento teórico foi o *Sistema Schillinger de Composição Musical*, baseado em princípios matemáticos, técnicas e procedimentos exatos e de rigor científico que poderiam ser aplicados de maneira bem-sucedida na elaboração de qualquer estilo musical (DOWLING, 1942). Sua pesquisa se estenderia a uma "teoria científica das artes" ao longo dos anos, que seria desenvolvida textualmente em sua publicação póstuma *The Mathematical Basis of the Arts* (1948). Bute conheceu Schillinger através de Theremin ainda na década de trinta, e baseou muito de seu trabalho visual nas ideias musicais desenvolvidas por ele: criou padrões gráficos a partir de inversões, expansões e duplicações matemáticas de números emparelhados e utilizou esses padrões como ponto de partida para suas composições visuais. Bute entretanto imbuía sua obra de elementos espontâneos e intuitivos, contrastando, por exemplo, padrões geométricos cuidadosamente controlados com a textura de creme flutuando sobre o café em segundo plano (BASQUIN, 2024).

de migrar para filmes em live-action (BASQUIN, 2024).

8 Anúncio da programação do primeiro Art In Cinema no Museu de Arte Moderna de São Francisco (1946)



san francisco museum of art

art in cinema Series One

A series of avant-garde films in modern art forms—surrealist, non-objective, abstract, fantastic—are to be shown at the San Francisco Museum of Art in a ten week showing. The schedule is September 27 through November 29, 1946, Friday evenings at 8:00 P.M. This series is being jointly sponsored by the Museum, the California School of Fine Arts, and Circle Magazine.

It is the first attempt of its kind in San Francisco. The series will include many films that have had a very limited public showing in America. Each film has been chosen for its artistic merit, with emphasis on films made in the modern art tradition. The Museum believes that the film as an art form has not been fully explored in America. As a part of the Museum's over-all policy of bringing to San Francisco the best representative works of contemporary artists in all art mediums, this series has been arranged.

The program as it was originally conceived had no principle of organization. The field of the so-called art film was an unknown quantity; none of the normal distribution channels for commercial films were of any help in arranging the series. The New York Museum of Modern Art Film Library was the best source for the films, and we have leaned heavily upon them for help. Without the perfect understanding of Mr. Arthur Rosenheimer, Assistant Curator of the Film Library, this series would not have been possible. The method of organizing the series has been a highly personal one, involving interviews with some of the artists who made the films, discussions with the few people who had knowledge of the field, and extensive research in widely scattered magazine articles, books, and catalogues. The program as it now stands, attempts to cover the field in a comprehensive way. Jay Leyda, an authority on this subject, assisted immeasurably in the arrangement of the program.

The catalogue will include articles by Luis Buñuel, Henry Miller, Oskar Fischinger, John and James Whitney, Maya Deren, and Man Ray. A short bibliography will be included.

We hope that this series will accomplish several purposes: that it will show the relation between the film and the other art media—sculpture, painting, poetry; that it will stimulate interest in the film as a creative art medium in itself, requiring more of an effort of participation on the part of the audience than the Hollywood fantasies, before which an audience sits passively and uncreatively; and that it will give assistance to those contemporary artists who labor in obscurity in America with no distribution channels for their work.

The series is organized on a non-commercial, non-profit basis, and single tickets will not be sold. Admission is by series subscription. Inquiries should be directed to Mrs. Noble Hamilton of the Museum. Series tickets are $6.00 (including tax) for the public, and $5.00 for Museum Members, for the entire series of ten nights; and $3.00 (including tax) for the public, $2.50 for Museum Members for a series of any five nights.

Because seating is limited, subscriptions will be taken in order of receipt and season tickets will be given preference and will be reserved. (Season tickets for the series of ten.)

program

Sept. 27 **Precursors to the Avant-garde Film.** Includes some very early Shiadesowsky primitives (1896), a sequence from THE GOLEM, and Robert Wiene's THE CABINET OF DR. CALIGARI.

Oct. 4 **The French Avant-garde.** Includes BALLET MECANIQUE by Fernand Leger, ENTR'ACTE by Rene Clair, SMILING MADAME BEUDET by Germaine Dulac, and MENILMONTANTE by Dimitri Kirsanov.

Oct. 11 **Continental Avant-garde.** Includes the famous EMAK BAKIA by Man Ray, UBERFALL by Erno Metzner, and COQUILLE ET CLERGYMAN (THE SEA SHELL AND THE CLERGYMAN) by Germaine Dulac.

Oct. 18 **Non-objective Form Synchronized with Music.** The complete available works of Oskar Fischinger, and RHYTHM IN LIGHT by Mary Ellen Bute.

Oct. 25 **The Animated Film as an Art Form.** Includes early work of Viking Eggeling and Walt Disney, together with some unusual contemporary developments, with Hans Richter's RHYTHMUS 21.

Nov. 1 **Contemporary Experimental Films in America.** Includes Maya Deren's latest film, RITUAL IN TRANSFIGURED TIME, the complete works of John and James Whitney and others.

Nov. 8 **Fantasy into Documentary.** Includes Alberto Cavalcanti's RIEN QUE LES HEURES, Walther Ruttmann's BERLIN, and Ralph Steiner's THE CITY.

Nov. 15 **Experiments in the Fantastic and the Macabre.** Includes Jean Epstein's FALL OF THE HOUSE OF USHER, and Man Ray's MYSTERES DU CHATEAU DU DE.

Nov. 22 **Poetry in Cinema.** LE SANG D'UN POETE (BLOOD OF A POET) by Jean Cocteau.

Nov. 29 **The Surrealists.** Includes the most famous of surrealist films: UN CHIEN ANDALOU by Luis Buñuel and Salvador Dali, together with Marcel Duchamp's ANAEMIC CINEMA, and Hans Richter's latest film (tentative).

NOTE: [Program subject to change without notice.]

SIDNEY PETERSON'S "PETER PSALM"

Fonte: https://bampfa.org/page/life-and-art-cinema-barbara-stauffacher-solomon-and-frank-stauffacher

9 *Abstronic* (1952) de Mary Ellen Bute. disponível em https://youtu.be/9kM1qALhQag?si=ZfAWifbSXN4D8y5-, acesso 1 de junho de 2025.



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=9kM1qALhQag

A busca de Bute por uma ferramenta capaz de criar desenhos com a luz havia começado ainda na adolescência, quando estudava na Academia de Belas Artes da Pensilvania (Ibid.). Fortemente influenciada pela arte de Kandinsky, sua jornada passou pelo supracitado equipamento desenvolvido em colaboração com Theremin até finalmente se concretizar com a descoberta do osciloscópio como instrumento de criação artística. Após ter realizado doze filmes de animação experimental, Bute já estava cansada com o árduo processo de sincronia audiovisual necessário para criar

suas pinturas em movimento de acordo com o sistema matemático de Schillinger. Segundo a artista,

> Quando eu trabalhava com Schillinger, também estava colaborando com Leon Theremin naquele maravilhoso aparelho de ondas de Theremin. Nos primeiros cinco ou seis filmes que fiz, eu trabalhava dia e noite, fazia toda a arte e tudo sozinha. Finalmente decidi que era trabalho demais e que talvez eu devesse apenas relaxar e me divertir deixando essas coisas acontecerem na minha mente. Então Ralph Potter, que trabalhava nos Laboratórios Bell Telephone, pediu para ver meus filmes quando eu disse que estava desistindo, e eu lhe contei o motivo. Também falei a ele sobre meu trabalho com Theremin — como tínhamos mergulhado pequenos espelhos em tubos de óleo, conectados a um oscilador, e desenhávamos com eles. Ele disse: "Isso não passa de um osciloscópio de raios catódicos. Compre um, e eu lhe mostrarei como modificá-lo." Então comprei, e fiz filmes animados eletronicamente, que eram muito mais fáceis do que desenhos quadro a quadro. (BUTE, 1974, apud BASQUIN, p. 63-64, tradução nossa)

No seu primeiro filme osciloscópico, *Abstronic* (**9**), Bute utiliza o equipamento para criar imagens eletrônicas luminescentes em sincronia com a música de Aaron Copeland e Don Gillis. O título, um neologismo formado a partir das palavras *abstractions* (abstrações) e *electronics* (eletrônica), indica bem do que a obra se trata: imagens geradas por osciloscópios vibram em primeiro plano sobre fundos coloridos e formas geométricas dançantes criadas a partir de técnicas de animação tradicional. Parábolas e curvas eletrônicas se misturam com fundos cor de rosa e círculos giratórios, padrões geométricos e espirais. Gravado em películas 35mm, o curta de seis minutos foi produzido por Ted Nemeth, parceiro criativo de Bute durante quase toda sua carreira artística, e com quem havia se casado em 1940 (BASQUIN, 2024).

Laposky, McLaren, Hirsh e Bute. No início da década de cinquenta, o osciloscópio, uma tecnologia originalmente empregada em radares durante a Segunda Guerra Mundial, em pesquisas atômicas e na visualização de resultados de cálculos matemáticos em computadores (LAPOSKY, 1953) foi apropriado por esses artistas: seu uso técnico foi transformado em meio expressivo, e seu potencial para gerar formas abstratas e animações eletrônicas com motivações puramente estéticas foi explorado.

Computadores: Zajac, Noll, Csuri

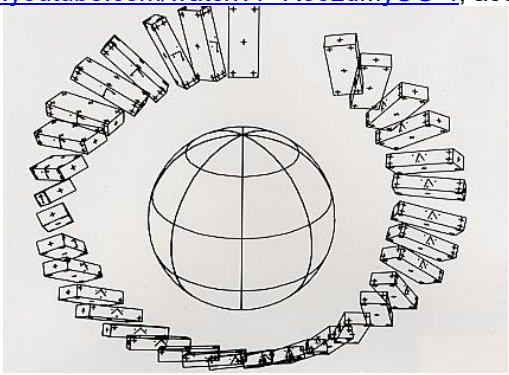
Já no campo dos computadores, a situação era um tanto diferente. Na primeira metade dos anos sessenta a maioria das aplicações da animação computacional eram voltadas para a visualização dos resultados de pesquisas científicas, meteorológicas e aeroespaciais (ZAJAC, 1966). Pesquisadores da área da computação, de maneira

geral, olhavam para a animação realizada por computadores mais como uma ferramenta a ser utilizada em um contexto educacional, demonstrando visualmente conceitos matemáticos e físicos para estudantes, do que como possuinte de um valor artístico. A computação gráfica era uma oportunidade de cientistas utilizarem a animação para demonstrar conceitos e experimentos sem precisarem se envolver com processos da indústria cinematográfica. Como afirmou Edward E. Zajac (1966),

> Talvez mais importante seja a oportunidade que a animação por computador dá ao cientista e engenheiro de fazer seus próprios filmes. [...] o usuário programa a animação por computador na linguagem da matemática, uma linguagem na qual o cientista ou engenheiro físico é proficiente. Além disso, o cientista pode fazer filmes com um mínimo de dependência de diretores, produtores e animadores. Assim como na escrita de um livro, onde alguém envia um manuscrito e recebe de volta uma prova impressa pronta para leitura, assim também alguém pode enviar um programa e receber de volta um filme de prova, pronto para ser visto. O cientista pode ser o dono de sua própria casa; se desejar, ele pode manter controle criativo completo sobre os filmes que faz. (p. 348, tradução nossa)

Dentro dessa abordagem científica seriam realizados alguns dos primeiros experimentos de animação computacional. Em 1963, Zajac realiza no Bell Labs a animação *Simulation of a Two-Gyro Gravity-Gradient Attitude Control System*, demonstrando como um tipo específico de satélite se comportaria em órbita ao redor da Terra (**10**). A animação foi programada em FORTRAN e gerada por um computador mainframe IBM 7090, que por sua vez foi gravada e armazenada em película através de um plotter de microfilme Stromberg-Carlson 4020 (DREHER, 2020).

10 *Simulation of a Two-Gyro, Gravity Gradient Attitude Control System* (1963), de Edward E. Zajac. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=RocLdMyUG-4, acesso 31 de março de 2025.

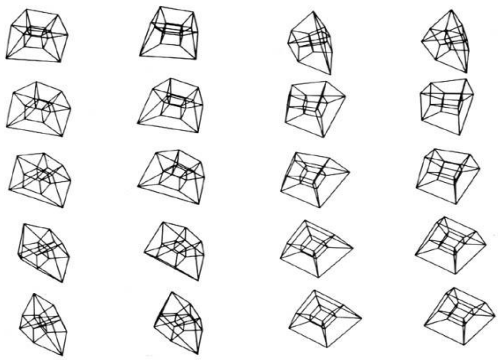


Fonte: https://hanneshuybrechts.wordpress.com/2014/04/07/edward-e-zajac-simulation-of-a-two-gyro-gravity-gradient-attitude-control-system-1963/

De 1964 a 1965, A. Michael Noll também realizou alguns filmes no Bell Labs, como experimentos estereoscópicos que expunham objetos simultaneamente em perspectivas ligeiramente deslocadas com o intuito de criar uma sensação de tridimensionalidade. Um desses filmes, realizado em 1965, apresentava um hipercubo rotativo, demonstrando como um objeto quadrimensional seria interpretado dentro das

três dimensões compreendidas pela percepção humana (**11**) (Ibid.).

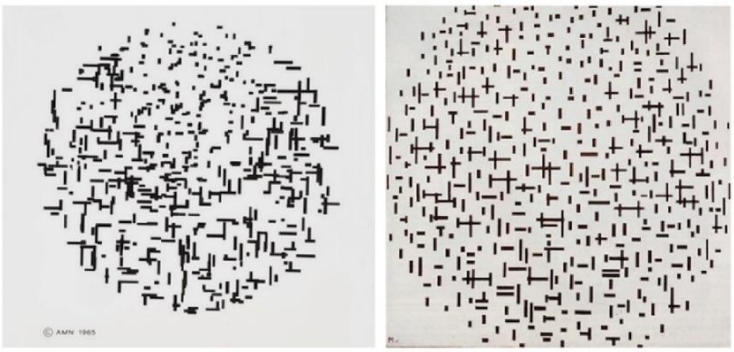
11 Frames selecionados do filme demonstrando a projeção tridimensional de um hipercubo quadridimensional (1965), por A. Michael Noll. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=M4nql28E_AE, acesso 31 de março de 2025.



Fonte: https://digitalartmuseum.org/noll/artworks_05.html

Noll seria um dos cientistas a se interessar pelo potencial artístico da computação gráfica. Além de organizar um dos primeiras exibições voltadas para a arte computacional (realizada no ano de 1965 em Nova York, na Haward Wise Gallery[24] (DIETRICH, 1986)), também desenvolveu pesquisas relacionando a computação com o campo da psicologia, da percepção humana e da análise estética. O mais conhecido de seus experimentos colocava a *Composição Com Linhas* de Mondrian (1917) e uma imagem gerada por computador seguindo os mesmos parâmetros estabelecidos pelo pintor para serem comparadas por um grupo de pessoas que deveria informar qual das imagens era a original de Mondrian e qual era a cópia realizada por códigos e parâmetros computacionais (NOLL, 1966b) (**12**)[25].

12 À esquerda a reprodução computadorizada de Michael Noll (1965), à direita a composição original de Mondrian (1917).



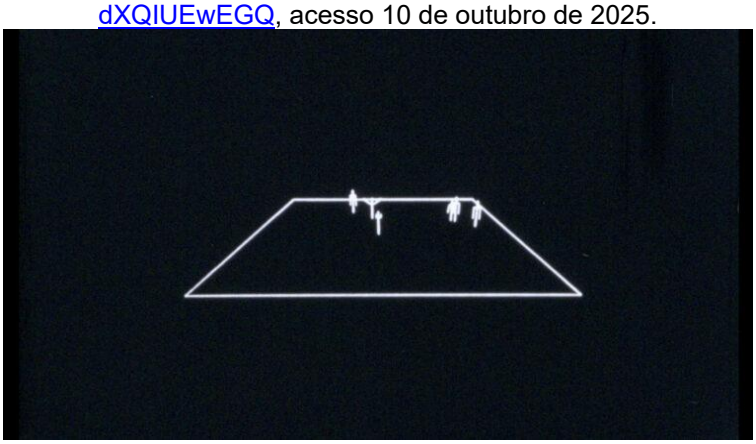
Fonte: https://mathematica.stackexchange.com/questions/301859/michael-nolls-early-computer-art-arranging-graphic-elements-in-a-circular-man

[24] Alguns meses antes a primeira exibição de arte computacional foi realizada na Europa, no Technische Hochschule em Stuttgart, Alemanha Ocidental (DIETRICH, 1986).

[25] Apesar de criar filmes educativos e ter desenvolvido alguns dos primeiros experimentos de animação computacional, Noll utilizaria a computação gráfica mais para imagens estáticas do que em movimento durante a sua carreira, desenvolvendo séries de imagens baseadas em linhas desenhadas por plotters e elementos estocásticos. Sua obra voltará a ser discutida mais para frente no subcapítulo 2.5.

Noll também estenderia suas pesquisas computacionais para a área do movimento humano, em especial a visualização e planejamento de coreografias (**13**). Buscando uma solução para a ausência de uma padronização para a notação de dança como existe para composições musicais, Noll propôs a utilização de computadores para a sua criação, manipulação e notação. No ensaio *Choreographers and Computers* (1967), uma de suas sugestões para implementar o processo envolve a utilização de uma gravação (fílmica) da performance como input para o computador[26], utilizando um setup de múltiplas câmeras para que os dados alimentados à máquina indiquem a posição dos dançarinos dentro do espaço tridimensional do palco[27]. Para que o computador identificasse os dançarinos, a performance deveria ser realizada em meia-luz e os bailarinos deveriam trajar roupas luminescentes que destacá-los-iam do cenário. Com as informações de movimento alimentadas à máquina, a coreografia poderia ser manipulada, trabalhada e, eventualmente, impressa em um suporte fílmico através do processo de captura da tela CRT por um plotter de microfilme, para que pudesse ser exibida como uma forma de notação coreográfica.

13 *A Computer-Generated Ballet* (1965). Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=-dXQIUEwEGQ, acesso 10 de outubro de 2025.



Fonte: https://computerhistory.org/exhibits/technology-art/

O ensaio de Noll deve ser visto dentro do contexto da lógica dos primórdios da computação gráfica, uma proposta que olhava para uma possível futura aplicação dos computadores dentro do universo artístico. Ainda assim, seu texto aparenta indicar algumas práticas envolvendo computadores que se tornariam comuns na indústria

[26] Como visto no subcapítulo 2.2, no final da década de 50 são desenvolvidas técnicas para escanear imagens e transformá-las em dados interpretáveis pelo computador. Noll sugere, justamente, a utilização destes processos para transformar imagens em movimento em dados interpretáveis pela máquina.

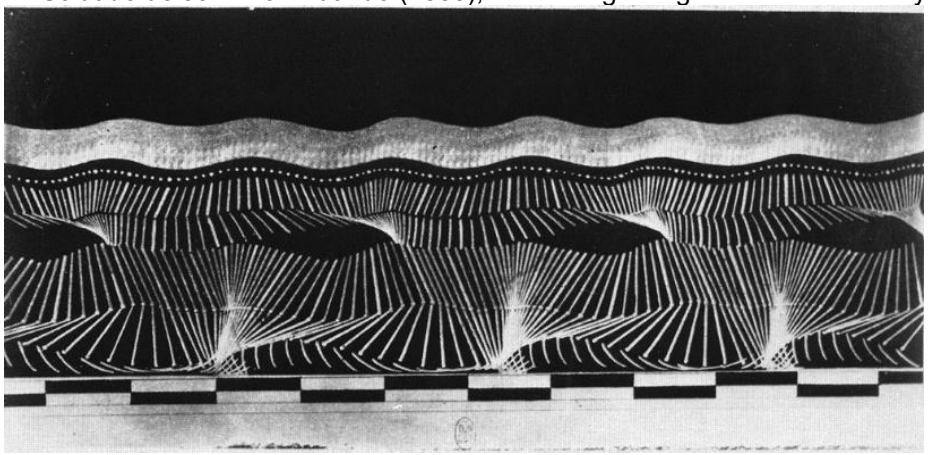
[27] Proposta que dialoga diretamente com seus trabalhos de computação gráfica estereoscópica.

cinematográfica muitos anos depois.

Na década de noventa e no início dos anos 2000, o *motion-capture* (captura de movimento) seria incorporado em diferentes filmes, sendo utilizado até os dias de hoje em franquias como *Planeta dos Macacos*. O procedimento, que consiste na captura do movimento de um ator, trajado com uma veste especial, cujos dados são alimentados ao computador para que o seu corpo físico seja substituído digitalmente por outro, bastante se aproxima da proposta de Noll: em ambos exemplos o movimento é alimentado à máquina; em ambos exemplos aquele que executa o movimento deve estar trajado com uma roupa especial para que o computador consiga transformar sua performance em informação processável e armazenável; e em ambos exemplos o corpo físico do ator é substituído por um outro eletrônico dentro da virtualidade computacional.

Antecedentes da abordagem de Noll podem ser encontrados se nos voltarmos ao passado do desenvolvimento de seu artigo, em especial ao pré-cinema. Em um nível tanto estético quanto funcional, a descrição dos trajes sugeridos por Noll se aproxima daquilo que Marey utilizou para estudar o movimento humano em suas cronofotografias. Os atores, trajados com roupas pretas que destacavam apenas algumas articulações, eram colocados na frente de um fundo negro com o intuito de que a câmera capturasse apenas as linhas brancas do traje, que ligavam articulações importantes do corpo humano (**14**). Há, tanto na cronofotografia de Marey quanto na proposta coreográfica computacional de Noll, o isolamento do corpo/movimento humano do espaço físico habitado pelo ator com o intuito de deixar mais evidente para a máquina (seja ela uma câmera ou o computador) o dado que deve ser armazenado e processado (o movimento humano).

14 *Soldado de Joinville Andando* (1883), cronofotografia geométrica de Marey.



Fonte: https://www.khanacademy.org/humanities/becoming-modern/early-photo/early-photo-

france/a/marey-joinville-soldier-walking

Para além da comparação específica, a abordagem científica de Marey, em especial o seu uso da fotografia para o estudo do movimento, bastante se assemelha ao uso de computadores pelos cientistas que criam animações computacionais. Assim como a cronofotografia geométrica era vista como um instrumento de visualização para os estudos fisiológicos e do movimento executados pelo cientista francês (BENEDETTI, 2018), a computação gráfica era, em primeira instância, um instrumento em função da ciência, das pesquisas meteorológicas e aeroespaciais (como o exemplo do satélite) e teóricas (a visualização do hipercubo). Eram estudos feitos, em um primeiro momento, com pretensão majoritariamente científica, e não artística.

Embrenhando-se no campo de contato entre ciência e entretenimento, os procedimentos de Noll também dialogavam com o pré-cinema de outras maneiras para além da cronofotografia. A estereoscopia por ele empregada para a criação de seus filmes (como o já mencionado hipercubo) é uma técnica que apresenta antecedentes em "brinquedos" ópticos do século XIX, como o estereoscópio de Charles Wheatstone e o bioscópio de Dubosq. Esses aparelhos ópticos, por sua vez, já encontravam antecedentes nos planos não concretizados de Joseph Plateau, que desejava modernizar seu Fenacistoscópio substituindo os tradicionais desenhos por fotografias ou imagens estereoscópicas (MANNONI, 2003). O estereoscópio era uma caixa óptica que criava a sensação de tridimensionalidade a partir da justaposição vertical de duas imagens planas ligeiramente distintas. Quando o espectador olhava através de duas lentes, as duas imagens se combinavam em uma, superpostas pela visão binocular (Ibid.). Os filmes estereoscópicos de Noll partem do mesmo princípio, mas a caixa óptica analógica é substituída pela projeção estereoscópica. Após a impressão da animação em películas, com os pares estereográficos lado a lado em cada frame, o filme era projetado através de um adaptador prismático especial (chamado Prism-Stereo), que requeria o uso de óculos polarizantes por parte do espectador para se atingir o efeito tridimensional almejado (NOLL, 1994).

Outro nome importante habitando a intercessão entre a arte e a ciência é Charles Csuri[28]. Csuri teve uma formação clássica em artes, tendo estudado design industrial e pintura na Ohio State University (OSU). Em 1947 começou a lecionar na Universidade, e entre 1948 e 1953 dividiu escritório com o artista de pop art Roy

[28] Informações sobre Csuri retiradas de Rosen (2006).

Lichtenstein, que se tornou um de seus amigos pessoais. Em 1955 teve início sua carreira no mundo da arte contemporânea, apresentando seu trabalho em uma exibição coletiva em Nova York. No ano seguinte teve sua primeira exibição solo, na Harry Selpeter Gallery, e a partir de então outras exibições individuais começaram a surgir.

Apesar de sua formação e carreira no mundo das artes plásticas, Csuri também se embrenhou pelo mundo das ciências. Em 1943, durante a Segunda Guerra Mundial, o exército o enviou para o Newmark College of Engeneering, onde passou um ano estudando álgebra, trigonometria, geometria analítica, cálculo, física e química. Este conhecimento prévio na área das ciências exatas facilitou o seu contato com o engenheiro industrial Jack Mitten, com quem, durante mais de uma década, teve conversas frequentes sobre computadores. Csuri e Mitten imaginavam o computador como uma "entidade" capaz de refletir logicamente sobre estética, como um "filósofo" ou "mente racional". Suas conversas, entretanto, não imaginavam o computador como uma ferramenta capaz de produzir imagens. Segundo Rosen (2006),

> Embora exista uma ligação na história da tecnologia entre o tear automatizado gerador de padrões do século XIX e o desenvolvimento do computador, naquele momento essa associação era distante. Fora dos projetos militares, até o início da década de 1960, equipamentos visuais como plotters e monitores de tubo de raios catódicos eram uma raridade. (p. 26, tradução nossa)

É apenas em 1964 que ocorre uma virada de chave em relação à maneira que Csuri pensava os computadores. Ao folhear uma publicação do Departamento de Engenharia Elétrica da OSU, Csuri se depara com uma imagem digital de um perfil feminino, semelhante a Ingrid Bergman, gerada por um computador IBM 1620 (**15**). A imagem havia sido comprimida e impressa em diferentes tons de cinza por meio de um teletipo Flexowriter, também utilizado para o input e transmissão de dados[29]. A partir de então, o artista passou a ver o computador não apenas como um cérebro eletrônico, mas também como uma ferramenta capaz de criar imagens visuais.

[29] Um teletipo (também conhecido como teleimpressor ou pelo termo em inglês teletype) é um dispositivo eletromecânico usado para enviar e receber mensagens de texto através de linhas de comunicação, como linhas telefônicas ou redes telegráficas. Ele foi amplamente utilizado no século XX, especialmente antes da popularização dos computadores e da internet. O teletipo Flexowriter era uma máquina de escrever eletromecânica avançada, desenvolvida inicialmente pela empresa Friden na década de 1930, e que podia funcionar como um sistema de entrada e saída para computadores, impressora automática, ou como um teletipo independente.

15 A imagem vista por Csuri na publicação do Departamento de Engenharia Elétrica da OSU, *Profile of a Woman*, de J. G. Raudseps (1963).



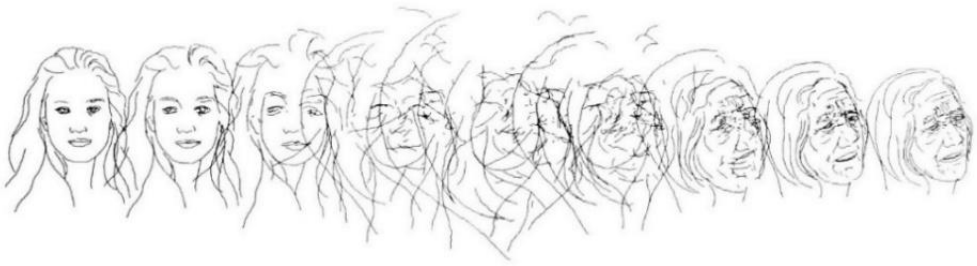
Fonte: ROSEN, 2006, p. 28.

Motivado pela nova percepção, o artista contatou o laboratório da OSU e matriculou-se em um curso de programação. No mesmo ano, ele criou suas primeiras imagens digitais, utilizando a linguagem FORTRAN e um computador IBM 7094. Trata-se do mesmo computador e linguagem que utilizaria anos mais tarde para criar em colaboração com James P. Shaffer o filme *Hummingbird*, de 1967[30]. Para realizar a animação de 11 minutos, Csuri e Shaffer escanearam o desenho de um pássaro com asas estendidas, traduzindo-o para coordenadas *xy* capazes de serem interpretadas pelo computador. A figura digitalizada é transformada por um programa escrito em FORTRAN, que a desmancha em linhas que se desconectam e formam outros desenhos, versões distorcidas do beija-flor original ou então múltiplos beija-flores. As transformações, geradas pelo computador mainframe do laboratório da OSU, foram os resultados de modificações das coordenadas de altura e comprimento da figura. As imagens individuais que compõem o filme são desenhadas diretamente na película através de um plotter de microfilme CalComp 835 (DREHER, 2020; YOUNGBLOOD, 2018)[31]. No mesmo ano, Csuri também desenvolve o quadro *Aging Process Plotter*, onde transforma o rosto de uma jovem em uma senhora idosa a partir de regras determinadas através de códigos (**16**). O processo utilizado, conhecido como *digital morphing*[32], seguiria sendo explorado e complexificado dentro do universo da computação gráfica, em especial as suas aplicações na indústria de

[30] Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=j-oX4duiFNs, acesso 31 de março de 2025.
[31] Mais informações sobre *Hummingbird* no website oficial de Charles Csuri, disponível em https://www.charlescsuri.com/historic/hummingbird, acesso 31 de março de 2025.
[32] O procedimento, também conhecido como *inbetweening*, seria utilizado alguns anos depois por Peter Foldés em dois curtas. Primeiramente *Metadata* em 1971, e posteriormente *La Faim*, indicado ao Oscar de melhor curta de animação em 1975 e ganhador do prêmio do júri de Cannes de curta em 1974. *Metadata* disponível em https://www.youtube.com/watch?v=R6FQf3Qbqa4&t=88s. *La Faim* disponível em https://youtu.be/U625vX0E4N4?si=hi3tSPIIHs2cx9Xc, acesso 9 de abril de 2025.

efeitos especiais[33].

16 *Aging Process Plotter*, Charles Csuri, 1967



Fonte: https://www.charlescsuri.com/reviews-1

Dentro da OSU, Csuri trabalhou em um centro de computação cercado por cientistas de diversas áreas e, utilizando o computador da universidade, explorou a geração e o processamento digital de imagens. Com a intenção de expandir a pesquisa da computação gráfica para além do campo das ciências exatas, Csuri buscou financiamento da National Science Foundation (NSF). Sua proposta de 1968, intitulada *A Software Requirement for Research and Education in the Visual Arts*, foi aceita, resultando em um inédito apoio de $100.000 da NSF a um artista. Com o financiamento da NSF e o apoio da OSU, Csuri começou a desenvolver um projeto de educação em computação gráfica voltado para as artes visuais, construindo uma biblioteca com programas para geração e transformação de imagens e desenvolvendo um console gráfico. Sua intenção era construir ferramentas que poderiam ser utilizadas por artistas, um caminho distinto daquele da maioria dos projetos voltados para gráficos interativos e simulações de computadores, patrocinados e movidos por interesses militares, aeroespaciais e automotivos (como já discutido no subcapítulo 2.2).

Escola de Stuttgart: Nees, Nake, Mohr

Na Europa, um dos epicentros da arte computacional se deu na Alemanha com a Escola de Stuttgart. Seu início é comumente situado entre a publicação do artigo de

[33] Filmes da década de oitenta como *Willow – Na Terra da Magia* (1988) e *Indiana Jones e a Última Cruzada* (1989) utilizam técnicas de *digital morphing* mais complexas, mas baseadas nos mesmos princípios surgidos nos trabalhos de Csuri. Os dois filmes citados tiveram seus efeitos especiais realizados pelo estúdio Industrial Light & Magic, fundado por George Lucas nos anos 70 e pioneira dos efeitos especiais digitais. Outro exemplo de *digital morphing* é o clipe de *Black or White* de Michael Jackson (1991), em que os rostos dos atores se transformam de uma pessoa para outra. Disponível em https://youtu.be/F2AitTPI5U0?si=hk7H8GC9ftd66wOT, acesso 28 de maio de 2025.

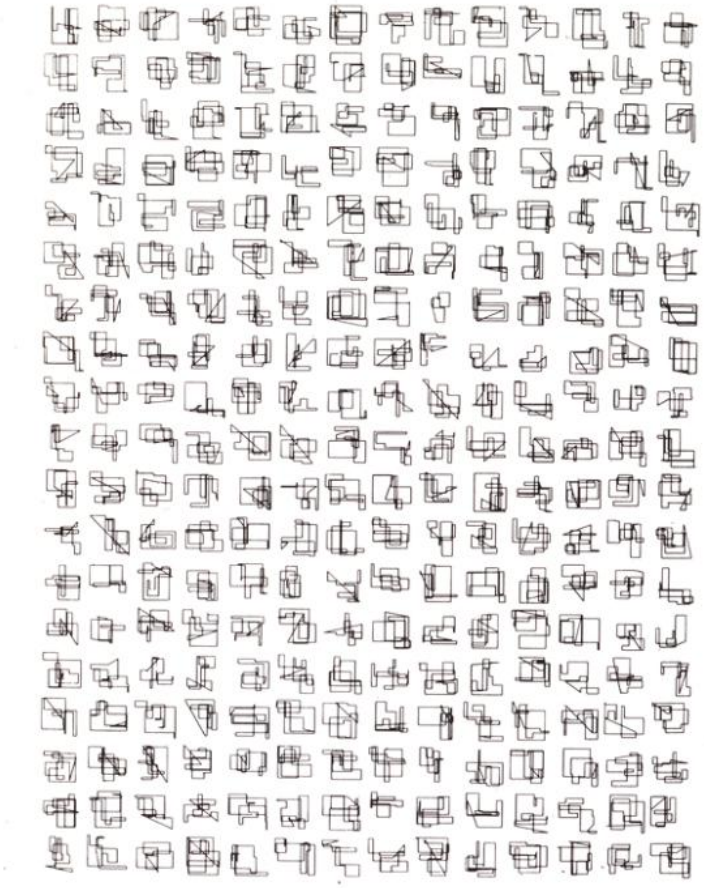
George Nees *Statistische Graphik* (Gráficos Estatísticos) em dezembro de 1964, e a primeira grande exibição de arte computacional, realizada na cidade alemã em cinco de fevereiro de 1965 (KLÜTSCH, 2012)[34]. Influenciados pela filosofia estética de Max Bense (discutida em mais detalhes no subcapítulo 2.4), artistas como Nees, Frieder Nake e Manfred Mohr criavam séries de obras computacionais a partir de diretrizes da "estética gerativa" e das ideias de Bense, que fundiam a cibernética de Norbert Weiner, a teoria semiótica de Charles Pierce e a teoria da informação de Claude Shannon (Ibid.).

George Nees, ao realizar seu primeiro trabalho computacional, utilizaria uma mesa de desenho controlada por cartões perfurados ZUSE 64 e uma máquina de calcular S&H 2002 para produzir "perturbações estéticas" a partir de parâmetros aleatórios (Ibid.; NEES, 1968) (**17**). Para ele, o princípio fundamental da arte computacional gerativa seria a variação, abordagem diretamente ligada à filosofia de Bense e à prática de implementar geradores de números pseudoaleatórios nos códigos, comum não apenas na Escola de Stuttgart, mas também dentre outros pioneiros da primeira geração de arte computacional como Noll nos EUA (visto em mais detalhes no subcapítulo 2.4).

Apesar de Nees ter sido o primeiro artista a exibir arte computacional em 1965, Frieder Nake havia criado seus primeiros gráficos computacionais um pouco antes de seu colega, iniciando em dezembro de 1963 no Instituto Computacional da Politécnica de Stuttgart um projeto para testar a linguagem de programação que desenvolveu para uma máquina de desenho Graphomat Zuse Z64 controlada por fitas perfuradas (NAKE 1968; KLÜTSCH, 2012). Nake decidiu testar sua linguagem criando imagens com objetivos estéticos ao invés de funcionais, e após a exibição de Nees em Stuttgart percebeu que suas criações poderiam ter algum valor no universo artístico. A partir de então, Nake se aprofundaria na filosofia benseana e realizaria suas próprias exibições, sendo a primeira no dia 5 de novembro de 1965 (Ibid.).

[34] Alguns meses depois, entre 6-24 de abril de 1965, aconteceria a primeira grande exibição de arte computacional dos EUA, intitulada *Computer-Generated Pictures*. Realizada na Haward Wise Gallery em Nova York, a exposição incluía ampliações fotográficas de diversas imagens geradas por computador sob as diretrizes de A. Michael Noll e Béla Julesz. Imagens estereoscópicas foram reproduzidas utilizando tecnologia polarizada e, em seguida, montadas entre folhas de plástico transparente. Óculos polarizados especiais eram fornecidos aos visitantes da exposição. A reação do público e da imprensa foi decepcionante. Houve discussões entre os organizadores sobre como dividir a receita das vendas, mas, no final, nenhuma obra foi vendida (NOLL, 1994).

17 *23-Ecken*, de Georg Nees, 1964.



Fonte: https://zellyn.com/2024/07/23-ecke/

Diferente do caso dos EUA com Noll, Csuri e Zajac, a Escola de Stuttgart não teve uma grande expansão para o universo da imagem em movimento. Seus artistas dedicaram-se quase exclusivamente a obras estáticas e à academia: Nees se voltaria à produção artística e à pesquisa, redigindo livros e artigos sobre arte computacional; já Nake se afastaria da mundo das exibições em 1970 por conta da "tentativa do mercado capitalista de se apropriar de produções computacionais" (NAKE, 1970, apud KLÜTSCH, p. 78), e em 1971 publica o artigo *There Should Be No Computer Art* (Não Deveria Existir Arte Computacional), onde defende que o uso de computadores no que tange a arte deve ser voltado para a investigação de informação estética, e não à produção de novos "objetos belos" (NAKE, 1971).

Manfred Mohr é uma exceção de Stuttgart quanto à animação, mas suas obras computacionais em movimento foram desenvolvidas na França após sua primeira exibição de 1971, realizada no Museu de Arte Moderna em Paris (KLÜTSCH, 2012). Diferente de Nake e Nees, que tinham formação em matemática e física antes de se envolverem com a estética da informação, Mohr vinha do mundo da música e da

pintura. Seu interesse por computadores surgiu durante uma palestra do músico Pierre Barbaud em 1967, quando percebeu as possibilidades de utilização da máquina em seu próprio método artístico. A partir do contato com a literatura de Bense, Mohr investigou sua própria linguagem formal, contabilizando a ocorrência de cada elemento pictórico de suas criações imagéticas e inserindo-os em um banco de dados que, por fim, foi utilizado para desenvolver programas e códigos que refletiam seu estilo pessoal (Ibid.).

Por conta da exposição computacional de Paris, Mohr conheceu o diretor executivo da C.G.M. (Companie Générale de Micromatique - uma empresa de armazenamento e preservação de dados, especializada em microfilmes) sendo convidado para criar animações computacionais para uma nova câmera desenvolvida pela companhia, a DATAGRAPHIX 4460 (MOHR, 1975).

Square Roots, elaborado entre 1972-73, foi seu primeiro experimento com animação computacional[35]. Assim como seus outros projetos para a C.G.M., o filme foi programado em FORTRAN IV, rodado em um computador CDC 6400 e transferido para películas 16mm a partir da DATAGRAPHIX 4460 (Ibid.). Mohr abandonou o projeto inacabado por considerá-lo demasiadamente narrativo: o fragmento disponível se assemelha à história de um quadrilátero tentando se desvencilhar de suas "raízes quadradas" para se tornar um círculo, mas que é constantemente cercado pela sociedade de quadrados, forçado a modificar sua forma, moldado para ter quatro lados novamente até que, por fim, é obrigado a se integrar mais uma vez à matriz quadrilátera que inicia a animação.

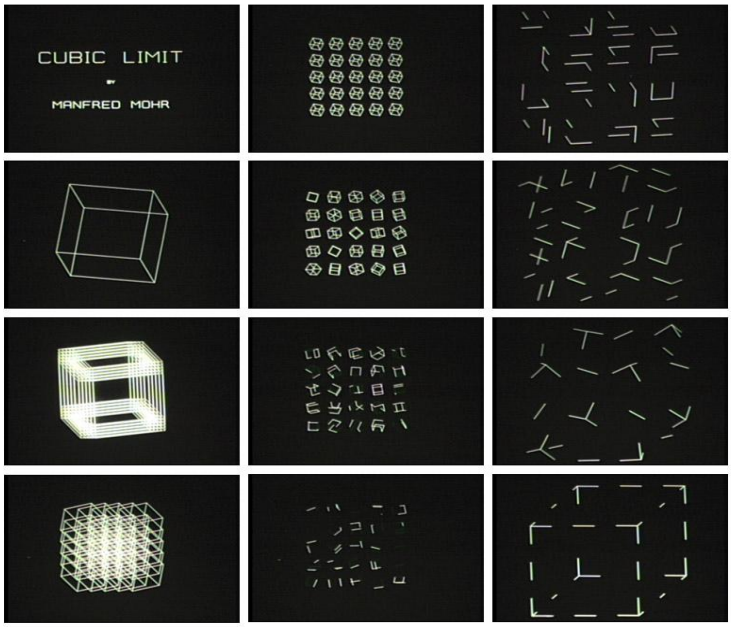
Outro projeto inicial de Mohr foi *Transformation I* (1972-1973)[36]. Um presente de inauguração para sua cidade natal de Pforzheim, o filme de apenas um minuto consiste na transformação de uma sketch da nova prefeitura de Profzheim no brasão de armas da cidade. O procedimento utilizado se assemelha visualmente ao *morphing* usado por Csuri em *Aging Process Plotter* e por Foldés em *Metadata* (1971): as linhas da sketch se desmancham e são lentamente reorganizadas no formato do brasão.

Seu trabalho mais significativo, entretanto, foi *Cubic Limit* (1973-1974) (**18**), onde explora variações da forma geométrica tridimensional do cubo (em modelo wireframe). No filme é possível observar a influência da filosofia de Bense em movimento, em especial nas grades 4x4 ou 5x5 onde diferentes cubos se

[35] Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=6OgJ6CytiLU, acesso 10 de outubro de 2025.
[36] Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=S2b0jPKWX-w, acesso 10 de outubro de 2025.

transformam, morfam e rotacionam de maneiras levemente distintas entre si, dialogando com o princípio de variabilidade fundamental da arte gerativa (KLÜTSCH, 2012). Mohr se aprofundaria em representações de hipercubos de múltiplas dimensões em obras futuras, mas o tema não se estenderia para o mundo da animação[37], que acabou sendo mais um desvio de sua trajetória na arte estática.

18 Fragmentos de *Cubic Limit* (1973-1974), de Manfred Mohr. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=j4M28FEJFF8, acesso 10 de outubro de 2025.



Fonte: https://dam.org/museum/artists_ui/artists/mohr-manfred/cubic-limit-i/

Herbert W. Franke

Influenciado por Bense mas não diretamente ligado à Escola de Stuttgart, o cientista e escritor de ficção-científica austríaco Herbert W. Franke experimentou com computadores analógicos e osciloscópios já no final da década de cinquenta, desenvolvendo oscilogramas entre 1954-1959 e criando a série *Dança dos Elétrons* entre 1958-1959[38]. Utilizando um computador desenvolvido pelo físico austríaco Franz Raimann para criar ondas eletrônicas, Franke fotografou as imagens de osciloscópio geradas pelo computador em experimentos que chamava de “fotografia gerativa”: em oposição à fotografia descritiva, a fotografia gerativa, segundo Franke, consiste na materialização de ideias pictóricas abstratas, invenções visuais que mostram formas

[37] É válido lembrar que o tema do hipercubo foi explorado de forma animada por Noll, em 1965.
[38] Mais informações em https://art-meets-science.io/en/herbert-w-franke-oscillograms/ e https://art-meets-science.io/en/herbert-w-franke-dance-of-the-electrons/, acesso 9 de outubro 2025.

e estruturas que ainda não existem, mas que são criadas ou tornadas visíveis apenas por meios técnicos especiais (TEPE, 2020).

Com o surgimento dos computadores mainframe Franke migraria para a computação digital, criando sua (incompleta) série de imagens *Quadrate* no computador do Instituto Max Planck de Psiquiatria em 1967 (Ibid.). O artista teria a oportunidade de experimentar com a animação computacional no início da década de setenta, ao associar-se ao Laboratório de Pesquisa de Siemens, em Munique. Lá, teve acesso a uma instalação que permitiu que realizasse improvisações gráficas livres através de um dos primeiros sistemas tridimensionais interativos, que também contava com um monitor em preto e branco em tempo real (FRANKE, 1976; KENT, 2022)[39].

O sistema, originalmente desenvolvido para que engenheiros modelassem tecnologias de microchip de múltiplas camadas, foi utilizado por Franke para criar duas animações de dez minutos, *Rotationen* e *Projektionen*. Os elementos sonoros seriam adicionados posteriormente, realizados ao vivo durante projeções dos filmes: para *Rotationen*, por exemplo, músicos improvisaram livremente com instrumentos eletrônicos durante um workshop de computação realizado em julho de 1974, em Bonn (Alemanha). Para *Projektionen*, o som foi adicionado por um grupo de dez músicos de free jazz improvisando durante o International Musicforum 1974, em Breitenbrunn, Burgenland, Áustria (FRANKE, 1976). Cenas de *Projektionen* também seriam utilizadas como cenário projetado em um telão para uma performance de dança experimental em 1974, no Bavarian State Opera House (KENT, 2022)[40].

---

[39] “Os dois filmes [...] utilizaram um dos primeiros programas tridimensionais para a geração gráfica em tempo real [...], projetadas em uma tela bidimensional. Eles foram calculados e exibidos em um monitor gráfico [...], em conexão com uma unidade de processamento de dados digitais. A unidade permitia operação interativa — trabalho sob controle visual com possibilidade de intervenção na sequência; um teclado era utilizado para determinar como a estrutura básica fornecida pelo programa seria realizada — por exemplo, especificando o número de elementos da imagem, o ângulo de interseção, a velocidade da sequência, entre outros. O movimento poderia ser interrompido a qualquer momento para gerar uma imagem estática. A sequência foi registrada em tempo real em um filme de 16 mm. Isso ocasionalmente causava um leve cintilamento das imagens devido a pequenas diferenças de frequência entre a câmera de filme e o monitor, especialmente em estruturas de imagem mais complexas. O programa, originalmente desenvolvido para fins científicos [...], foi codificado por Gerhard Geitz, Monika Gonauser, Egon Hoerbst e Peter Schinner. No entanto, Franke foi responsável pela criação do design visual da obra e também controlou os movimentos em tempo real no computador.” – Tradução nossa. Disponível em https://art-meets-science.io/en/series-rotations-projections/, acesso 10 de outubro de 2025.

[40] Os irmãos Mark, Michael e John Whitney Jr., que seguiram os passos da arte computacional de seu pai John Whitney, já haviam exibido várias de suas produções em contextos parecidos no final da década de 60. Entre setembro de 1966 e setembro de 1967 organizaram vários espetáculos audiovisuais multitelas em diferentes locais dos EUA, como um show do Grateful Dead em São Francisco (onde colaboraram com Tom DeWitt e Scott Bartlett); uma instalação ambiental com cerca de dez projetores e dezenas de loops de filme projetados em cinco telas construídas no Center for the

Japão: Hiroshi Kawano, Computer Technique Group

A filosofia de Bense e da Escola de Stuttgart influencia diversos artistas ao redor do mundo, como Waldemar Cordeiro no Brasil, e a húngara Vera Molnár, atuante na França. No Japão, seu pensamento também tem grande impacto, em especial no artista Hiroshi Kawano e no coletivo Computer Technique Group (KLÜTSCH, 2012).

De maneira similar aos alunos de Stuttgart, Kawano via o computador como um dispositivo com o potencial de “vencer os mistérios da arte”, revelando sua lógica interna a partir da combinação do dispositivo com a cibernética e a teoria da informação (TAYLOR, 2014). Para ele, o artista computacional deveria ser um “cientista da arte”, sempre em busca de suas regras escondidas: uma abordagem próxima à “investigação de informação estética” defendida por Nake (1971). A função do artista/programador seria simplesmente ensinar ao computador como fazer arte a partir da criação de algoritmos, tornando-se uma espécie de “meta-artista” (DIETRICH, 1986). Dentro de sua abordagem, Kawano compara a relação artista/computador com a relação pai/filho:

> Um pai ensina seu filho a desenhar, por exemplo, e tenta deixá-lo crescer e conseguir fazê-lo sozinho. Esse "como desenhar" é o procedimento algorítmico do desenho de figuras. Para isso, o pai deve conhecer previamente o algoritmo de desenho de figuras que está tentando ensinar ao filho. Quanto mais explicitamente ele souber e puder ensinar o algoritmo, melhor será o desenho do filho; ou seja, a qualidade do desenho que o filho fez depende apenas da qualidade do algoritmo que o pai já possuía e ensinou ao filho. O papel de um programador em arte computacional parece ser semelhante ao papel desse pai. (KAWANO, 1976, p. 112)

Portanto, não seria o artista o criador da obra, mas sim o computador. Kawano entretanto faz uma diferenciação entre arte computacional (computer art) e o “computador artístico” (art computer): aquele se dá quando um artista, cansado das técnicas tradicionais de arte, utiliza o computador como uma ferramenta inovadora; já este consiste em uma máquina capaz de criar obras de arte de forma autônoma, seguindo regras e procedimentos algorítmicos que traduzem a lógica estética (o algoritmo da arte) em linguagem computacional. O “computador artístico” teria um comportamento criativo próprio, gerando e selecionando composições segundo princípios programados, tendo um tipo de criatividade artificial baseada em uma

---

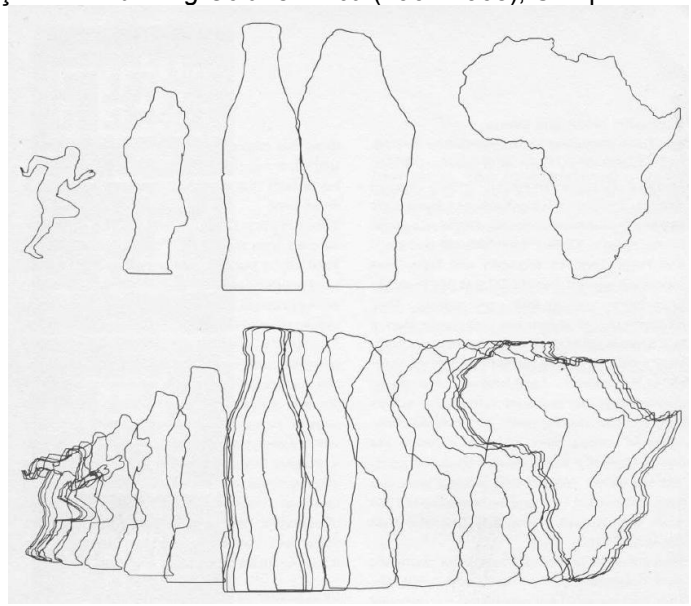
Study of Democratic Institutions em Santa Barbara; e no Monterey Pop Festival de 1967, onde projetaram seus filmes computacionais em três telas com nove projetores (YOUNGBLOOD, 2018). Destes mais de 5000 pés de filmes computadorizados surgiria o filme em três telas não titulado de John Whitney Jr., que estrearia na Expo ’67 em Montreal e seria posteriormente exibido no Museu de Arte Moderna de Nova York (Ibid.).

estética científica e racional. O humano nada mais seria que um professor, ou um meta-artista que ensina os códigos algorítmicos a computador para que possa desenvolver suas obras (Ibid.).

Outro destaque da arte computacional japonesa foi o Computer Techinque Group (C.T.G.), que se estabeleceu na cidade de Tóquio em 1966. Formado por engenheiros de especialidades distintas (arquitetura, engenharia aeroespacial, engenharia de sistemas e engenharia eletrônica), o grupo contou com o apoio da IBM Japão para desenvolver projetos de arte computacional que seriam exibidos em 1968 na exposição *Cybernetic Serendipity* (REICHARDT, 1968). A abordagem do C.T.G. apresentava certas diferenças da arte computacional europeia, sendo predominantemente figurativa ao invés de abstrata (TAYLOR, 2014). Alguns de seus trabalhos, como *Running Cola Is Africa* (**19**), exploram transformações de uma imagem em outras através de manipulações algorítmicas (um homem correndo torna-se uma garrafa de Coca-Cola, que por sua vez transforma-se no formato do continente Africano), enquanto outros como *Deformation of Sharaku* (**20**) utilizam códigos para distorcer objetos (neste caso um rosto) a partir de modificações nas coordenadas de determinados pontos da ilustração. As duas abordagens são próximas daquilo que Csuri explorava nos EUA neste mesmo período (**16**), mas com uma possível influência adicional da iconografia da Pop Art e do movimento japonês Neo-Dada (Ibid.).

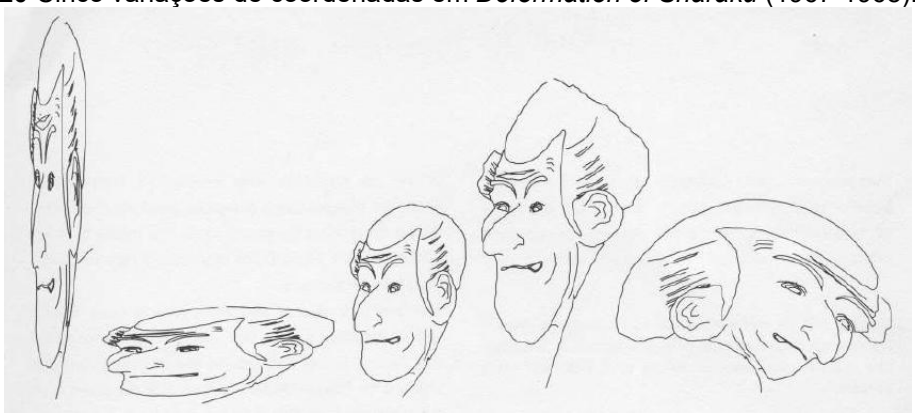
Apesar de se distanciar da arte computacional europeia por afastar-se do abstracionismo, a filosofia e processo de produção do C.T.G. apresentava claras semelhanças com a Escola de Stuttgart: sua defesa de que uma das potencialidades possibilitadas pelo computador era a de que os artistas poderiam desenvolver sistemas capazes de produzir um dado repertório de formas e padrões gerativos ao invés de obras individuais (REICHARDT, 1971) bastante se assemelha à noção da arte gerativa de que um objeto estético não é um objeto fixo, mas sim um membro de uma classe de possibilidades geradas por algoritmos, onde variações se mantém dentro de um conjunto definido de resultados estéticos (KLÜTSCH, 2012). Assim, a obra de arte na realidade seria o código (REICHARDT, 1971), e não o resultado visual, sentimento também compartilhado pelo cientista/artista A. Michael Noll (GOODMAN, 1987).

19 Duas variações de *Running Cola Is Africa* (1967-1968), Computer Technique Group.



Fonte: REICHARDT, 1971, p. 82.

20 Cinco variações de coordenadas em *Deformation of Sharaku* (1967-1968).



Fonte: REICHARDT, 1971, p. 83.

O C.T.G. se dedicaria majoritariamente à produção de desenhos e automações durante sua existência[41], que terminaria em 1969. Entretanto, o grupo chegou a desenvolver uma animação computacional intitulada *Computer Movie No. 2* (1969). Com gráficos programados em um computador IBM cuja tela foi posteriormente

[41] "O *Automatic Painting Machine 1* consistia em um mecanismo de pintura, unidade de controle, leitor de fita perfurada e uma "zona de acontecimento" (*happening zone*). Ele podia ser controlado de quatro maneiras: por controle manual; com fita perfurada de um computador digital; por entrada de som da zona de acontecimento; e por entrada de luz da zona de acontecimento. [...] O instrumento de pintura em si consistia em quatro sprays de cores operados por ar comprimido através de válvulas eletromagnéticas. [...] Quando a máquina era controlada manualmente, ela podia ser "tocada" como um piano para produzir uma pintura. Quando controlada por fita perfurada, o resultado não diferia de uma imagem gerada por computador, executada em quatro cores. O som ambiente e a interferência de luz, gerados dentro da zona de acontecimento, afetavam a imagem sendo pintada na tela. Assim, os visitantes da Tokyo Gallery, onde a máquina foi demonstrada, sem perceber, influenciavam as imagens produzidas ao passar pela zona de acontecimento" (REICHARDT, 1971, p. 84, tradução nossa).

gravada com uma câmera 16mm[42], a animação de oito minutos transporta as transformações e variações características da arte estática do grupo para o mundo da imagem em movimento. Rostos são distorcidos e contorcidos, espremidos e esticados a partir da modificação de coordenadas *xy* em uma maneira similar a *Hummingbird* de Csuri; silhuetas se transformam em retângulos e o continente Africano se transforma em uma garrafa de Coca Cola em uma versão de *Running Cola Is Africa* onde a metamorfose é dispersa no tempo ao invés de apenas no espaço. Há momentos em que a mão do artista é vista utilizando estênceis de luz sobre uma tela de computador pixelada, mas a maior parte do filme consiste em transformações e distorções visuais acompanhadas por sons digitais distorcidos e monótonos. Boa parte do filme é figurativo, baseado na modificação de sketches de corpos e rostos humanos que eventualmente são distorcidos ou se transformam em formas geométricas como retângulos e triângulos. Ao mesmo tempo, outros fragmentos de *Computer Movie No. 2* são totalmente não representacionais, com linhas se desenhando pela tela ou multiplicando-se e vibrando à medida que os sons digitais que compõem a trilha sonora se intensificam. A adoção das duas abordagens de maneira não discriminatória tornam o C.T.G. único, não sendo nem totalmente figurativo como Csuri, nem totalmente abstrato e geométrico como os artistas de Stuttgart ou Franke.

Processo Criativo e Procedimentos Técnicos

Como pode ser observado através da descrição dos equipamentos necessários para a realização dos filmes acima, a animação em computadores envolvia um processo laborioso que incluía etapas para além do computador. Para se chegar ao suporte final, era necessária a transmissão da animação computacional para película ou vídeo. O processo era procedimento padrão do primeiro cinema computacional e das primeiras gerações de arte computacional como um todo. O já citado Kenneth C. Knowlton, que desenvolveu a linguagem gráfica BEFLIX, passava pelos mesmos procedimentos para realizar seus filmes com Stan VanDerBeek. A linguagem baseada no FORTRAN IV tornou possível construir filmes abstratos com padrões de mosaico usando um computador mainframe IBM 7094, e necessitava de um plotter de microfilme Stromberg-Carlson 4020 para passar a animação do computador para a

[42] Disponível em https://www.eai.org/titles/computer-movie-no-2#:~:text=Description-,Computer%20Movie%20No.,frames%20as%20an%20animated%20film., acesso 13 de outubro de 2025.

película (DREHER, 2020, YOUNGBLOOD, 2018)[43].

No entanto, o processo de transferência de imagens da máquina eletrônicas para o suporte fílmico com o intuito de armazenamento não se inicia com os computadores, mas com os osciloscópios. Como visto no início do subcapítulo, Ben Laposky já realizava o mesmo processo com seus *oscillons*, colocando as figuras para passar por uma transferência de suportes: do osciloscópio, onde a onda eletrônica ainda podia ser modificada; para a película, o seu estado de armazenamento final que seria utilizado para exibir e distribuir o material. Na arte computacional o mesmo processo ocorre, mas ao invés de um osciloscópio como fonte da figura (ou animação) a ser armazenada, temos um monitor CRT exibindo o output visual de um código interpretado por um computador. Há, tanto no caso analógico quanto no caso digital, uma diferenciação entre dois estados da obra de arte eletrônica, cada um em um distinto suporte: a obra passível de alteração que ainda se encontra "dentro" do computador ou do objeto de geração da imagem eletrônica, onde o código ou fórmula matemática pode ser alterada e os cartões perfurados podem ser revisados com o fim de modificar elementos do produto computacional final; e a obra já em um suporte fílmico, onde o código, o material computacional está finalizado, inalterável em um suporte que não permite a modificação algorítmica. Esses dois distintos estados são nomeados pela pesquisadora Cynthia Goodman respectivamente como 'soft copy' e 'hard copy' (1987).

Voltemos para a questão do processo de criação. Como observado por Zajac (1966), no contexto das animações e imagens científicas predominantes no primeiro momento da computação gráfica, para gerar animações ou imagens computacionais era necessária a aplicação de linguagens de programação feitas para procedimentos científicos e matemáticos. Mas quando cientistas como Noll, Georg Nees e Frieder Nake começam a explorar os potenciais artísticos da computação gráfica, inicia-se um movimento de reflexão: como os computadores podem ser usados como ferramentas artísticas, e como mediar essa interação entre o artista e a máquina de uma maneira menos cientificamente rígida? A 'linguagem matemática' necessária para que o usuário do programa seja capaz de gerar suas animações é, justamente, o que motiva

[43] O filme *A Computer Technique For the Production of Animated Movies*, realizado por Knowlton em 1964 para o Bell Labs, mostra em detalhes o processo necessário para a criação de filmes de animação computacional. O filme em si é feito através do processo que ele mesmo está descrevendo. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=_Lmi6cmrq0w, acesso 31 de março de 2025.

o desenvolvimento de linguagens de mais alto nível[44] voltadas exclusivamente para a animação, como a já mencionada BEFLIX de Ken C. Knowlton ou o GRAF de Citron, e as parcerias cientista/artista que surgiriam a partir do meio da década de sessenta. Com essas novas interfaces, o artista pode se comunicar com o computador sem a necessidade de ser 'proficiente' em matemática como os cientistas, mesmo que algum conhecimento básico sobre programação e computação ainda seja necessário (como observado no subcapítulo 2.1).

Youngblood, escrevendo no final da década de sessenta, via esta mudança vindo da relação do indivíduo com a tecnologia, e não apenas de mudanças na tecnologia. O autor apontava para um possível novo artista que estaria por surgir, versado tanto em ciência como em arte, e que seria capaz de manipular o computador sem a necessidade de um cientista como intermediário: ele mesmo seria o cientista/artista – John Whitney e VanDerBeek seriam os primeiros passos nessa direção, enquanto os filhos de John, nascidos já em meio à tecnologia, representariam uma primeira "segunda geração" de artistas computacionais, mais íntimos das máquinas e da computação do que seus antecessores (YOUNGBLOOD, 2018)[45].

Portanto, a questão do processo criativo nos primórdios da arte eletrônica é um que, intrinsecamente, envolvia tanto uma dimensão tecnológica quanto uma dimensão conceitual/artística. À medida que linguagens de programação mais aptas à expressão artística eram desenvolvidas para os fins específicos de criadores seletos, novas possibilidades estéticas surgiam extrapolando a mera experimentação e visualização científica que dominou a animação computacional dos primeiros anos da década de sessenta. É nesse contexto que se configuram diferentes abordagens da arte computacional, algumas voltadas à exploração formal dos algoritmos, estruturas matemáticas e variações; outras preocupadas com questões perceptivas, simbólicas e poéticas; umas que adotam o computador como entidade criativa; outras que o adotam como instrumento de trabalho.

---

[44] Em ciência da computação, uma linguagem de alto nível é uma linguagem com um nível de abstração relativamente elevado, longe do código de máquina e mais próximo à linguagem humana. No campo oposto estão as linguagens de baixo nível, com menor nível de abstração e mais próximos à linguagem da máquina.

[45] É importante apontar que o termo "segunda geração" utilizado por Youngblood não tem o mesmo significado que o termo utilizado por Goodman. Aqui, Youngblood refere-se ao fato de os irmãos Mark, Michael e John Jr. terem crescido em um ambiente de constante interseção entre arte, ciência e tecnologia, resultado de serem filhos de um artista pioneiro no universo da computação gráfica. Portanto, "segunda geração", quando usado por Youngblood, não se refere à questão de interfaces interativas e computadores pessoais, como quando usado por Goodman.

2.4. Abordagens estéticas: estética da informação, música visual e harmonia digital

Estética da Informação

No campo da estética, uma das principais influências teóricas para a primeira geração da arte computacional (em especial no mundo das artes plásticas) foi o filósofo Max Bense. Ao longo das décadas de 1950 e 1960, os Europeus Bense e Abraham Moles buscaram estabelecer novos fundamentos para a estética por meio da teoria da informação[46]. Influenciado pela medida estética de Birkhoff[47], Bense desenvolveu uma teoria mais geral que incorporava a teoria matemática da comunicação de Weaver e Shannon[48]. Assim surgiu a chamada "estética da informação", modelo que se tornou influente em diversas disciplinas e centros de pesquisa, em especial na Europa (TAYLOR, 2014, p. 88)[49]. Encabeçada na Alemanha por Bense e na França por Moles, a abordagem visava estabelecer uma teoria racional e objetiva da estética, utilizando o conceito de informação estatística desenvolvido por Claude E. Shannon como sua base matemática (NAKE, 2012). Em suma, “[...] o pressuposto básico da estética da informação é que existem características gerais e objetivas que caracterizam um objeto como um objeto estético”, e que “[...] um tipo particular de informação é transmitido pelo estado estético do objeto (ou processo). Essa informação é chamada de informação estética [...].” (Ibid, p. 4, tradução nossa). Assim, a estética da informação se distingue de uma estética tradicional, baseada em interpretação; sendo por sua vez uma estética moderna, baseada em um 'sistema de

[46] “[...] Enquanto Moles se interessava mais por sequências temporais (música, linguagem), Bense favorecia arranjos de signos no espaço (imagens, texto)” (NAKE, 2012, p. 7).

[47] A “medida estética” foi um conceito introduzido pelo matemático George David Birkhoff, e discutido especialmente em seu livro de mesmo nome, publicado em 1933. Nele, o autor define um modelo de medição estética formal e aplica-o a diversos tipos de objetos visuais (incluindo objetos tridimensionais), e auditivos (como música ou poesia). A medida é definida em relação ao esforço que o objeto exige de quem o percebe (complexidade) e às características agradáveis ou desagradáveis que podem ser reconhecidas no objeto (ordem) (DOUCHOVÁ, 2015).

[48] A teoria matemática da comunicação foi um influente modelo introduzido em 1948 pelo engenheiro e matemático da AT&T Claude Shannon com o intuito de quantificar a informação e entender como ela pode ser transmitida de forma eficiente e confiável por meio de canais de comunicação. Existem cinco elementos interligados neste sistema de comunicação (Shannon; Weaver, 1964): uma fonte de dados que emite a mensagem, um ou vários transmissores que traduzem a mensagem, um canal que executa a transmissão, um ou vários receptores que processam o sinal e um ou vários destinatários. A isso soma-se o ruído, a possível perda de informação que se dá durante o processo. Para este sistema, não importa a natureza dos seres que transmitem ou recebem a mensagem: é um modelo que “[...] ignora sentido e significado, tentando, em vez disso, esclarecer o mecanismo interno da comunicação” (KITTLER, 2016, p. 52-3).

[49] No Brasil, o pensamento de Bense influencia a poesia concreta, em especial os irmãos Haroldo e Augusto de Campos, assim como o artista plástico Waldemar Cordeiro (KLÜTSCH, 2012).

pesquisa' e apta à verificação de 'estados estéticos' (CAMPOS, 2003).

Junto de vários semiólogos com ideias semelhantes, Bense cofundou a Escola de Stuttgart na Universidade Técnica, que se tornou um dos principais centros europeus de pesquisa em estética (local que, por sugestão de Bense, sediou a primeira exposição de arte computacional da Europa[50]). Artistas como George Nees e Frieder Nake foram pioneiros da arte computacional Europeia utilizando seu modelo teórico, que fornecia regras para computar a complexidade e ordem de determinada imagem[51] através de análises estatísticas e leis estéticas (TAYLOR, 2014). Como base de sua estética estruturalista, Bense adotou a medição matemática proposta por Birkhoff, onde a medida estética (M) seria definida como a razão entre ordem (O) e complexidade (C) (M = O / C) (DOUCHOVÁ, 2015). Desta forma, um objeto estético com baixa ordem (O) e baixa complexidade (C), resulta em uma medida (M) que pode ser alta, e se ambos os valores C e O forem altos, Bense obtém uma medida estética (M) relativamente baixa (KLÜTSCH, 2012).

Para entender esta abordagem tão racionalista da estética é preciso compreender o contexto histórico em que Bense a desenvolveu, na Alemanha da década de cinquenta. Segundo Nake,

> Um programa estético tão radicalmente antissubjetivo deve ser entendido como uma reação contra os horrores da Alemanha nazista. Para muitos intelectuais, parecia impossível permitir quaisquer aspectos irracionais ou emocionais na estética. O regime nazista havia utilizado com muito sucesso a estética (cognição sensorial) em suas manifestações de supremacia e poder. (NAKE, 2012, p. 11, tradução nossa)

A estética da informação não era apenas uma abordagem desmotivada tecnicista e mecanizada da estética, mas também uma resposta à estética romântica nazista que havia marcado a história recente da Alemanha[52]. Adotar uma abordagem científica ao lidar com estética era uma maneira de se afastar desse passado.

Dentre as ideias mais importantes desenvolvidas por Bense estão os termos “arte artificial” (utilizado para distinguir arte produzida mecanicamente daquela derivada apenas da produtividade humana, “arte natural”) e “arte gerativa” (usado para descrever arte criada a partir de regras e diretivas bem determinadas, podendo muitas

---

[50] Ver nota de rodapé 24.
[51] Ver nota de rodapé 47.
[52] Segundo Wells (2018), a ideologia nazista apropriava partes do Romantismo germânico que se alinhavam à sua visão de mundo, ao mesmo tempo que construía novas partes para substituir as ideias que não se adequavam. Desta maneira, construíam uma retórica consciente de legitimidade histórica, usando autores, mitos e símbolos do passado romântico para dar profundidade simbólica ao regime e conectá-lo com uma tradição cultural supostamente autêntica.

vezes incluir elementos estocásticos incorporados ao algoritmo). Nas palavras do próprio autor,

> [...] por estética gerativa, se deve conceber uma teoria matemático-tecnológica da transformação de um *repertório* em *diretivas*, das *diretivas* em *procedimentos* e dos *procedimentos* em *realizações*.
> O *processo criativo* possui portanto, no sentido da *estética gerativa*, uma fase de *concepção* e uma fase de *realização*. A fase concepcional trabalha no campo ideal intencional; a fase realizadora, no campo material técnico. A obra não é mais imediata em relação ao criador. É *mediada* por um sistema de agregados [*Aggregate*] *semióticos* e *maquinais*. (2003, p. 136)

A estética gerativa, portanto, explora (ou descreve) as possibilidades estéticas decorrentes do distanciamento entre o artista e o "produto final" a partir da mediação algorítmica e computacional, colocando a conceptualização e a realização como momentos distintos da criação. É um paradigma apto para descrever a primeira geração de arte computacional, considerando a realidade material técnica da computação da década de sessenta e setenta (como discutido no subcapítulo 2.1). Esta maneira matemática e científica de se pensar a valoração estética de determinado objeto artístico encontra paralelos nos Estados Unidos com a proposta de pesquisa de Csuri[53], que em 1967 sugere a utilização do computador como uma ferramenta de análise estética e identificação artística a partir da construção de uma descrição matemática ou perfil do trabalho de determinado artista. Segundo Csuri (1968, p. 5, apud ROSEN, 2006, p. 36), a descrição poderia ser definida como "[...] um tipo de caligrafia matemática. Seu estilo [do artista] poderia ser analisado. Pode ser interessante comparar esses padrões matemáticos em obras autenticadas de um artista e nas obras cuja autoria é questionável" (tradução nossa).

Apesar das aparentes semelhanças, há uma diferença crucial entre as abordagens de Bense e Csuri:

> Enquanto Bense analisava obras de arte, pinturas e textos concluídos, Csuri buscava observar e analisar o processo de criação. Ele imaginou usar um console gráfico para registrar automaticamente as etapas individuais da criação de imagens: os inputs da caneta óptica, bem como os programas utilizados e os parâmetros escolhidos. (ROSEN, p.36, tradução nossa)

É uma distinção que aponta para uma das características principais do conceito de arte computacional para Csuri: ao analisar o processo de criação, o foco principal da análise está na intencionalidade humana. Como já mencionado anteriormente, ao longo da década de 60 pesquisadores e artistas como ele, Noll e Nake buscavam

[53] É importante ressaltar que Bense vinha desenvolvendo sua teoria estética desde a década de 50 na sua série de livros *Aesthetica*, cujo primeiro volume foi publicado na Alemanha em 1954, anos antes de Csuri se interessar por computadores como uma ferramenta de criação imagética.

entender a relação do computador com o artista e com o próprio processo criativo e de geração de imagens.

> Nake sugeriu, seguindo o pensamento de Bense, que se o processo de geração de imagens pudesse ser formalizado matematicamente, ele poderia ser mecanizado. Ou seja, uma imagem poderia ser composta e desenhada automaticamente por um computador. No entanto, ele enfatizou que certos aspectos do processo criativo estão além desse tipo de formalização. Esse ponto era central para o conceito de arte computacional de Charles Csuri: decisões de um certo nível podem ser delegadas ao computador. A busca por formalizar e mecanizar certos processos revelou a Csuri um nível de controle e tomada de decisão que escapa desse escopo: a intenção do artista, o objetivo estético abrangente. (ROSE, p. 36-7, tradução nossa)

Para Nake e Csuri, intencionalidade tem um papel central na criação da arte computacional, e é algo que o computador não é capaz de substituir. É por isso que, segundo Ruth Leavitt (1976), não existiria de fato uma "arte computacional": o computador não é nada mais que um instrumento para o artista, uma ferramenta que possibilita a concretização de sua ideia. Segundo ela, diferentes artistas utilizam o computador de diferentes maneiras: enquanto alguns desejam explorar as questões procedurais e algorítmicas (como as levantadas por Bense em sua estética da informação), outros se interessam pelas potencialidades estocásticas da máquina[54]. Enquanto uns se interessam pelo distanciamento entre a fase concepcional e a fase realizadora inerente da realidade material da primeira geração de arte computacional, outros estão mais interessados na capacidade do computador de realizar de maneira exata aquelas imagens idealizadas durante a concepção, muitas vezes até vendo esse "distanciamento" entre artista e máquina como um problema a ser resolvido.

Música Visual e Harmonia Digital

Um excelente representante da abordagem voltada para a exatidão do computador é John Whitney. Tendo começado tão cedo a explorar as possibilidades do computador para criar imagens em movimento, o artista é considerado um dos principais pioneiros da computação gráfica (SITO, 2013). *Digital Harmony: On the Complementarity of Music and Visual Art*, publicado originalmente em 1980, é o livro em que entra em mais detalhes sobre sua abordagem artística. Nele, Whitney discorre sobre as potencialidades da computação para explorar territórios (segundo ele) até

[54] É pertinente apontar que, ainda que Leavitt aponte diferentes abordagens para a criação de arte através do computador, o paradigma "bensiano" que separa conceptualização de realização ainda está presente, muito por conta da realidade material da interação humano-máquina no momento de publicação de seu livro, em 1976: nos anos finais do que Goodman chama de primeira geração da arte computacional.

então inexplorados pelo cinema e pela chamada ‘música visual’. O elogio ao computador é evidente em seu discurso, que aponta para a tecnologia como a potencializadora para uma nova forma de arte que, até então, existia apenas no imaginário. Essa maneira de pensar já brotava décadas antes, ainda no final dos anos 60, nas entrevistas concedidas à Gene Youngblood para seu livro *Expanded Cinema*.

Influenciado pelo pensamento da contracultura do final da década de 60, Youngblood se opunha ao cinema tradicional, que “impunha” seu significado ao espectador através de fórmulas que condicionavam respostas planejadas. O autor acreditava (ao menos no período em que o livro foi redigido) em um cinema capaz de expandir a consciência humana, um cinema apropriado para o novo humano ainda por vir, e que se encontraria então no limiar entre a Era Industrial e a Era Cibernética (o que chama de Era Paleocibernética). Para Youngblood (2018), a aplicação estética da tecnologia seria a única maneira de atingir uma nova consciência em sintonia com essa nova era para a qual caminhava a humanidade, e um cinema preso à narrativa e ao drama não traria a experiência necessária para o desenvolvimento desse novo humano ainda embrionário. Obras de artistas como Whitney e VanDerBeek, analisadas a fundo em seu livro, seriam exemplos do tipo de cinema expandido apropriado para essa nova forma de consciência.

Em uma das entrevistas concedidas à Youngblood em *Expanded Cinema*, Whitney entra em detalhes sobre sua busca artística e os paralelos que traça com a música:

> As pessoas falam sobre abstração gráfica como sendo fria ou desumana. Eu simplesmente não vejo isso de maneira alguma. O que é uma nota musical? É algo totalmente abstrato [...]. O problema essencial com meu tipo de gráficos deve se assemelhar ao problema criativo da escrita de melodias. Essa talvez seja a tarefa mais altamente sensível da arte, envolvendo equilíbrio, contraste, tensão e resolução [...]. Alguém disse uma vez sobre composições musicais: "Tempo e tom se preenchem completamente... o que o ouvinte percebe nos tons e pausas de uma obra musical não é simplesmente tempo, mas tempo moldado e organizado... [...] a música é uma arte temporal porque, moldando a matéria do tempo, cria uma imagem do tempo." Gosto muito dessa ideia, então me pergunto, o que pode ser essencialmente a imagem do tempo para o olho perceber? (YOUNGBLOOD., p. 220-221, tradução nossa)[55]

Whitney entraria em mais detalhes acerca da arte computacional em um artigo

[55] Segundo Taylor (2014), até a década de 70 a arte computacional era vista como desinteressante por parte majoritária da crítica, que descrevia as exibições e resultados artísticos como "frios", técnicos e cientificistas.

escrito em 1975[56], onde discorre sobre o termo *computational periodics*. O termo criado por Whitney é usado para descrever o campo das artes que surge na era dos computadores, e que se preocupa com parâmetros paralelos à música como ritmo, métrica, frequência, tonalidade e intensidade:

> [...] 'periódicos computacionais' é um termo proposicional e provisório que pode ajudar a designar um novo campo unificado para uma arte heterodimensional, um campo cuja dimensão especial é o tempo, portanto uma arte que é temporal como a música, mas além disso, espaço-temporal, uma arte cuja hora chegou por causa da tecnologia da computação e uma arte que não poderia existir antes do computador. Embora essa arte seja encontrada nos cadernos de Leonardo e tenha estado no imaginário coletivo, [...] era uma impossibilidade tecnológica até o desenvolvimento da computação gráfica. (WHITNEY, p. 210, tradução nossa)

Apesar dessas declarações, é importante apontar que, antes da computação gráfica, outros artistas já haviam explorado ideias musicais como estruturantes para suas obras cinematográficas (fato que, obviamente, não era desconhecido para o artista[57]). Afinal, como uma abordagem intermidiática e arqueológica torna evidente, mídias raramente surgem ou morrem, mas, em vez disso, recuam e reaparecem sob novos disfarces (NAGIB, 2022). Oskar Fischinger e suas formas geométricas ritmadas buscavam representar visualmente as sensações de se ouvir a música de Liszt ou Bach (**21**). A mesma abordagem também norteou boa parte do trabalho de Mary Ellen Bute, antes mesmo dela se voltar para os osciloscópios e se tornar uma pioneira da imagem cinematográfica gerada eletronicamente na década de 50. Em seus filmes dos anos 30 e 40, a diretora capturava imagens do cotidiano, esculturas e objetos com a intenção de criar uma experiência musical, rítmica, através da visão[58]. Nos anos 50, quando se volta ao osciloscópio, suas intenções eram similares às de Fischinger, Ruttmann e Hans Richter no início do século XX: criar experiências musicais através

---

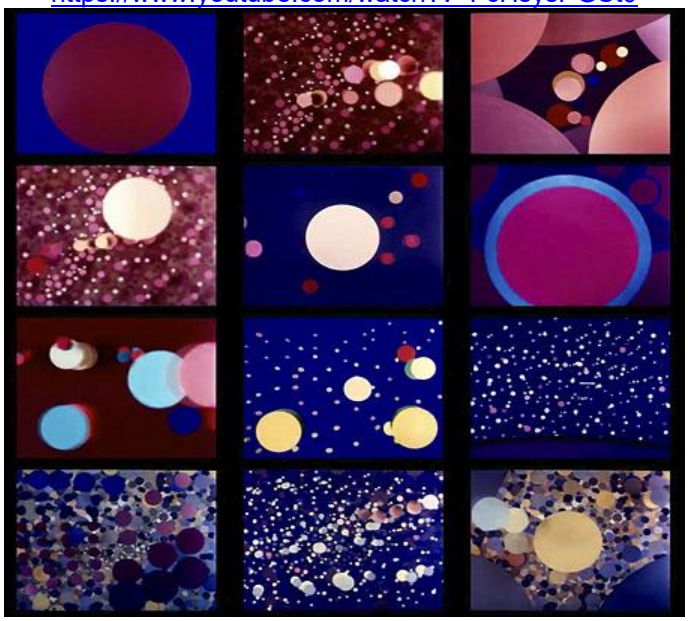
[56] O artigo foi escrito em resposta a um questionário que Ruth Leavitt circulou na preparação de sua antologia *Artist and Computer*, publicado em 1976.

[57] Whitney afirma que sua busca, na primeira metade dos anos 40, por uma imagem em movimento capaz de evocar as sensações da música, se iniciou antes dele tomar conhecimento de toda a tradição da música visual das vanguardas do início do século XX, algo que aconteceria quando retorna à Califórnia após passar alguns anos em Paris (WHITNEY, 1980). Após tomar conhecimento de tais artistas, Whitney os creditaria como pioneiros e visionários, como pode ser visto no seu discurso na Catalina Design Conference de 1962: "Len Lye, McLaren e Fischinger são talvez os grandes inovadores, e cada um deles pode mostrar filmes que representam pelo menos duas, possivelmente três gerações à frente de suas invenções fílmicas originais" (Ibid., p. 163, tradução nossa).

[58] É o caso por exemplo de *Rhythm in Light* (1934), em que Bute coloca em película as suas impressões daquilo que se passa em sua cabeça enquanto escuta uma música. Para criar as imagens abstratas, Bute utilizou objetos como bolas de pingue-pongue, braceletes e batedeiras. Ela e seu diretor de fotografia Ted Nemeth construíram um equipamento de animação horizontal com trilhos, luzes móveis e efeitos de vidro refratado. A trilha sonora havia sido criada antes das imagens, e a filmagem seguiu sua estrutura rítmica, analisada quadro a quadro com uma Moviola (NEMETH, 1984, apud BASQUIN, 2024). Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=850AmGWI-Ko, aceso 1 de junho de 2025.

de formas geométricas ou abstratas.

21 Fragmentos de *An Optical Poem* (1938), de Oskar Fischinger. No filme, Fischinger anima diversos círculos ao ritmo da Segunda Rapsódia Húngara de Liszt. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=FcHsysPGSt0



Fonte: https://www.johncoulthart.com/feuilleton/2016/02/12/an-optical-poem-by-oskar-fischinger/

Considerando esses artistas, fica claro que essa abordagem musical não é única à computação gráfica. E, na realidade, nem mesmo do cinema. Suas origens performáticas e conceituais podem ser identificadas nas primeiras tecnologias a combinarem a geração de sons e imagens, dialogando com as pesquisas de Goethe, Da Vinci e Arcimboldo, além de instrumentos experimentais como o cravo ocular de Louis-Bertrand Castel (1725), o farbenklavier de W. F Philippy (1863) e o teclado desenvolvido por Alexander Mozer especialmente para a composição *Prometeus, O poema do fogo* (1911) de Alexander Scriabin (Bastos; Moran, 2020)[59]. Experiências que relacionam música e cores/imagens se estendem dentro do campo das artes e do entretenimento para muitos séculos antes do cinema, e consequentemente muito antes dos computadores. Qual seria, então, o diferencial da computação gráfica para Whitney, o ponto que a tornava tão especial mesmo quando comparada às tentativas anteriores de criar para os olhos aquilo que sentimos com os ouvidos?

[59] Inseridas na tradição da música visual, as práticas de VJs dos anos 1990 e 2000 também estabelecem diálogos com a primeira geração da arte computacional - ao desenvolverem hardware próprio ou utilizarem softwares criados para atender "[...] às necessidades específicas de cada realizador ou espetáculo" (Bastos; Moran, p. 142), essas performances remetem à lógica dos primórdios da arte computacional, quando ferramentas eram concebidas segundo demandas estéticas particulares. Do mesmo modo, propostas que buscam "[...] produzir situações de instabilidade, lidar com o descontrole a partir de alguns parâmetros previamente estabelecidos" (Ibid., p. 143) dialogam com a abordagem de artistas como Larry Cuba e A. Michael Noll, que combinavam parâmetros fixos e elementos estocásticos para explorar a imprevisibilidade estética.

Para ele, a questão central era a automação de procedimentos complexos: através da programação em um computador, é possível criar de maneira mais eficiente padrões que levariam muito tempo e demandariam extremo esforço para serem executados manualmente. Este pensamento também é corroborado por Gene Youngblood e pelo cientista Ken Knowlton, como visto no fragmento abaixo discutindo os *Poemfields* de VanDerBeek:

> É imediatamente óbvio que esses filmes seriam extremamente tediosos e demorados de produzir usando técnicas convencionais de animação. "Devido às suas altas velocidades de cálculo e exibição", escreve Knowlton, "o computador e o gravador automático de filmes tornam viável a produção de certos tipos de filmes que anteriormente seriam excessivamente caros ou difíceis". (YOUNGBLOOD, 2018, p. 249, tradução nossa)[60].

Como exemplo desta complexidade, Whitney (1980) cita seu filme *Permutations*, de 1966 (**22**), descrevendo o procedimento utilizado para sua criação: 281 pontos são animados de maneira independente por instruções algorítmicas que determinam seus deslocamentos orbitais a cada quadro - um processo que o computador executa em poucos segundos, mas que seria extremamente laborioso manualmente. Ao longo da animação, esses pontos alternam entre distribuições aparentemente aleatórias e alinhamentos que formam figuras simétricas, como rosas, círculos e espirais. Essa oscilação entre ordem e desordem, segundo o artista, produz efeitos tensionais análogos à consonância e dissonância na música, estabelecendo um paralelo direto entre organização visual algorítmica e princípios harmônicos da composição musical.

Considerando a descrição acima, é evidente que para Whitney a automação não significa uma permissão descabida para o computador criar por conta própria: no desenvolvimento de seus filmes, o artista possuía um vocabulário claro e uma lógica evidente sendo aplicada para que a máquina realizasse aquilo que almejava. Aplicando princípios análogos à teoria musical à computação gráfica, o artista utiliza formas básicas como centros tonais (círculos, linhas e nós) e modifica-as com vários parâmetros para alcançar uma escala visual capaz de criar sensações semelhantes à atração gravitacional (tensão e relaxamento) de certas notas musicais dentro do

[60] Para o artista computacional Gary William Smith, as obras da geração inicial da década de 60, como de Noll e Nake, não apresentavam inovações, já que poderiam ser realizadas com instrumentos comuns sem a necessidade do computador (TAYLOR, 2014). A potencialidade artística desta nova máquina estaria justamente em realizar processos difíceis ou impossíveis de serem realizados sem seu auxílio, o que corrobora justamente com a defesa de Whitney acerca do caráter único da arte computacional e de suas obras.

contexto de um tom ou melodia. Essas escalas são então tocadas polifonicamente e combinadas com diferentes cores, trabalhando o conceito que Whitney chama de harmonia digital[61].

22 Fragmento de *Permutations* (1966). Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=nwsYII4QtGo



Fonte: https://digitalartarchive.siggraph.org/artwork/john-whitney-permutations/

No processo de criação, Whitney realizava a curadoria dos visuais gerados pela máquina, já que havia um grande delay entre o input do código e output do resultado visual[62]. O problema era central para John, que o comparava a "um pianista que apenas ouvia a nota musical horas depois de pressionar a tecla". A frase foi dita por Whitney no curta documental *Experiments In Motion Graphics*, produzido pela IBM e pelo *MoMA* em 1968[63], mas o sentimento que expressa já se encontrava na mente do artista muitos anos antes. Em 1946, no texto redigido para o catálogo do festival *Art In Cinema* discutindo os já mencionados cinco exercícios fílmicos realizados em parceria com seu irmão James, John já afirmava que seus "[...] dispositivos de animação e produção de som não respondem ao toque da mesma maneira que um instrumento musical responde ao virtuoso" (WHITNEY, p. 148, tradução nossa).

Essas declarações demonstram o desejo de Whitney por uma computação gráfica capaz de gerar uma resposta instantânea ao input do artista, por um instrumento visual análogo ao sintetizador sonoro que, ainda que siga a lógica de um piano, dá a liberdade para o músico manipular diferentes ondas fundamentais

[61] Para mais detalhes sobre o processo de criação de John Whitney e as relações que estabelecia entre visuais e conceitos musicais, ver o livro *Digital Harmony: On the Complementarity of Music and Visual Art*, em especial sua análise do filme *Arabesque* (1975).
[62] Mesmo em uma abordagem como a de Whitney, em que o computador é utilizado por sua capacidade de precisão, a separação temporal entre conceituação e realização discutida por Bense se faz presente por conta da realidade material e tecnológica da primeira geração de arte computacional.
[63] Disponível em https://youtu.be/jIv-EcX9tUs?si=Qq-DpFOfPHTrArS2, acesso 29 de maio de 2025.

(senoides, quadradas, dente de serra) e combiná-las para criar timbres distintos[64]. Essa lógica de seleção e combinação aproxima a busca de Whitney àquilo que, anos depois, Manovich apontaria como algumas das principais características das novas mídias: seleção e banco de dados.

De acordo com o autor, muitas das características das novas mídias já existiam em estado embrionário nas primeiras obras de arte eletrônicas, baseadas na modificação de sinais pré-existentes[65]. Para Manovich (2001), com a arte eletrônica o artista não seria mais alguém que criava novos mundos puramente a partir de sua imaginação, mas um técnico que girava botões e apertava interruptores, acessório à máquina.

A lógica de modificação de parâmetros das primeiras artes eletrônicas também é aplicável à primeira geração de arte computacional, visto que os artistas que trabalhavam com a tecnologia na década de 60

> [...] escreviam programas para explorar sistematicamente as combinações de diferentes elementos visuais. Em parte, eles estavam seguindo tendências do mundo da arte, como o minimalismo. Artistas minimalistas executavam obras de arte de acordo com planos preexistentes; eles também criavam séries de imagens ou objetos variando sistematicamente um único parâmetro. [...] Portanto, para artistas como Frieder Nake, o computador era um "Gerador Universal de Imagens", capaz de produzir todas as imagens possíveis a partir de uma combinação de elementos de imagem e cores disponíveis. (MANOVICH, p. 235, tradução nossa)

Ao discutir a obra de John Whitney, Manovich afirma que seus filmes computacionais, ao explorarem sistematicamente as transformações de formas geométricas através da manipulação de fórmulas matemáticas, substitui elementos mais tradicionais do cinema como narrativa, figuração e desenvolvimento formal por uma acumulação sucessiva de efeitos visuais, apresentando ao espectador um banco de dados de efeitos distintos. A cultura visual computadorizada seria, nesse primeiro momento, majoritariamente orientada a efeitos. E se características como seleção e bancos de dados já estavam presentes durante a primeira geração de artistas computacionais abstratos, seriam ainda mais comuns na segunda, após a introdução de softwares e interfaces gráficas com comandos e plug-ins pré-instalados,

---

[64] Robert E. Mueller, crítico com formação em estética e engenharia, também acreditava que o potencial da arte computacional estaria no processo de manipulação em tempo real, o que se tornaria possível a partir da década de oitenta com os computadores pessoais (TAYLOR, 2014). Há na crítica de Mueller uma análise similar à de Whitney, que olhava para as potencialidades do futuro da tecnologia e se incomodava com a distância entre o artista e a máquina durante o processo de criação.

[65] O Theremin, instrumento criado na década de vinte e que é tocado pelo músico a partir das mudanças de frequência e amplitude geradas pela interferências que suas mãos causam no campo magnético emitido pelo instrumento, já seria um exemplo desses princípios.

previamente disponíveis nos programas de criação e manipulação de imagens.

2.5. Da computação analógica à computação digital: curadoria como processo de criação

Como mencionado anteriormente, *Catalog* foi o único “filme” realizado por Whitney em seu computador analógico. A questão essencial que diferencia um computador analógico de um computador digital está no seu funcionamento técnico: enquanto o primeiro depende de um referencial físico, real, para realizar operações, o último armazena todos os dados como valores virtuais, realizando operações aritméticas com esses dados. Essa mesma lógica diferencia a arte computacional analógica da arte computacional digital:

> Ao contrário do computador digital, que requer apenas um código matemático como entrada, o computador analógico mecânico [...] requer alguma forma de entrada que corresponda diretamente à saída desejada. Ou seja, pelo menos um elemento básico da imagem final que vemos na tela deve primeiro ser desenhado, fotografado, colado ou montado de outra forma antes de ser alimentado no equipamento analógico para processamento. Isso significa que uma grande quantidade de trabalho artesanal ainda está envolvida, embora sua relação com a saída final seja mínima. [...] alguma forma de informação criada manualmente ou fisicamente demonstrável é necessária como entrada na ausência de um software de computador convencional. (YOUNGBLOOD, 2018, p. 213, tradução nossa)

A diferença essencial nesse contexto de produção artística está no tipo de input requerido para a criação do “produto final”, um ponto que está diretamente relacionado à maneira que o artista controla o computador. Para Larry Cuba, essa forma de controle é o ponto essencial de diferenciação entre computação analógica e digital:

> Computadores analógicos são controlados por sinais de roteamento através de módulos com cabos e por botões giratórios. Computadores digitais podem ser controlados de várias maneiras, que podem incluir botões giratórios ou desenho com uma caneta, mas são principalmente controlados digitando comandos em um terminal" (1983, p. 33, tradução nossa).

Ao iniciar sua residência na IBM em 1966, o trabalho de Whitney se distancia da artesanalidade que caracterizou sua carreira analógica. O processo de criação passa a ocorrer através de códigos que serão interpretados pela máquina sem a necessidade de um referencial imagético direto existente no mundo real. Mesmo assim, o caráter humano não é eliminado, apenas passa por um processo maior de abstração: a ideia precisa ser codificada em linguagem de máquina antes de se concretizar em imagem.

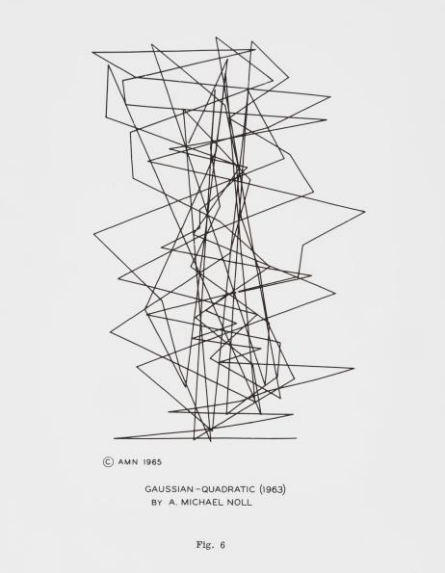
Discutindo a primeira geração de artistas computacionais, Dietrich afirma que

> Com quase nenhum meio interativo de controlar o computador, os artistas

> tinham que confiar em programas e dados predefinidos. [...] Uma vez que os dados eram alimentados ao computador, não havia mais invenção criativa. Portanto, o processo de design ocorria exclusivamente na conceituação antes de executar um programa. (1986, p. 165, tradução nossa)

Considerando esse contexto, as ideias de Michael Noll acerca do papel do código na arte computacional fazem bastante sentido. Para ele, a verdadeira obra de arte era o programa, o código, não o objeto gerado pelo computador. Por conta de sua formação como matemático, Noll tinha alguma noção de qual seria o resultado imagético das figuras por ele sendo programadas, mas o resultado final sempre trazia alguma surpresa. O próprio cientista, entretanto, explorava propositalmente essa aleatoriedade possibilitada pela máquina, utilizando variáveis aleatórias nos eixos verticais das figuras em zigue-zague que compõem sua série de imagens *Gaussian Quadratics* (GOODMAN, 1987) (**23**)[66].

23 Uma das figuras que compõem a série *Gaussian Quadratics* de Michael Noll, iniciada em 1963.



Fonte: https://www.rightclicksave.com/article/the-interview-a-michael-noll

A mesma busca pelo "elemento surpresa" possibilitado pelo computador pode ser observada no trabalho de artistas como Lillian Schwartz, que em suas primeiras obras computacionais buscou "criar efeitos imprevisíveis" de maneira gerativa, gerando "bugs" e acidentes visuais (PATTERSON, 2015, p. 92); e Larry Cuba, artista computacional que auxiliou John Whitney no desenvolvimento do código de *Arabesque*, mas que eventualmente cria animações digitais por conta própria[67]. Ao

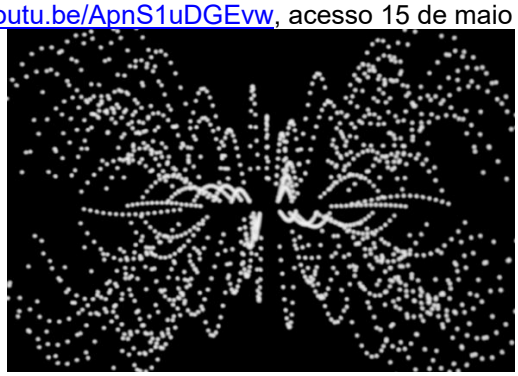
[66] Uma das figuras que compõe a série foi a primeira obra de arte computacional a ser protegida pela lei de direitos autorais dos Estados Unidos, em 1962 (TAYLOR, 2014).
[67] Cuba seria responsável por criar simulação do ataque à Estrela da Morte assistida pela Aliança Rebelde em *Guerra nas Estrelas* (1977). Um minidocumentário sobre a criação da animação

desenvolver o curta *Objects and Transformations* em 1978 (**24**), o artista explora justamente os resultados inesperados das animações geradas por um computador ao ser alimentado com um determinado código (YOUNGBLOOD, 1986). No curta, centenas de pontos movem-se ordenadamente em um balé matemático. Cuba aborda a animação computacional de um ponto de vista bem mais "lógico" do que Whitney: *Objects and Transformations* não tem os mesmos objetivos musicais do catálogo de John, interessando-se mais por padrões matemáticos do que em evocar melodias e harmonias visualmente. Enquanto Whitney reclamava constantemente do atraso entre a entrada do código e a saída visual, Cuba parece satisfeito em deixar o código falar por si, sem qualquer premeditação específica da saída. Segundo ele, seus filmes eram sobre

> [...] experimentar estruturas algébricas para gerar material visual imprevisível em sua forma. Com isso, quero dizer que [o filme] não foi projetado, imaginado ou pré-visualizado de nenhuma maneira. Os resultados só são conhecidos depois que o programa é executado, o computador executa os cálculos e produz a animação. (CARLSON, 2017, p. 278, tradução nossa)

Ao contrário de Whitney, que usa sua intuição e visão artística para selecionar o que é utilizado e o que é descartado ao montar seus filmes de computador, que decide como alterar certas funções para modificar padrões, e que estabelece uma lógica particular para as formas que escolhe utilizar a fim de criar uma sensação de tensão e relaxamento; Cuba está interessado na interpretação computacional desconhecida de um programa matemático preciso. É quase como se o humano fornecesse o código e o próprio computador criasse a arte, dialogando mais com a noção de “computador artístico” (*art computer*) do que de “arte computacional” (*computer art*) (KAWANO, 1976).

24 *3/78 (Objects and Transformations)*, de Larry Cuba (1978). Disponível em https://youtu.be/ApnS1uDGEvw, acesso 15 de maio de 2025.



Fonte: https://www.lerandom.art/editorial/larry-cuba-on-choreographing-form

computacional utilizada na cena está disponível em https://www.youtube.com/watch?v=yMeSw00n3Ac, acesso 29 de maio de 2025.

Uma certa lógica de tensão e relaxamento até pode ser aplicada à movimentação dos pixels, com as formas básicas e a concatenação de pontos funcionando como a "tônica" do movimento cacofônico de múltiplas luzes traçando as mesmas trajetórias em coordenadas diferentes, criando uma sensação de eco ou atraso visual. Mas considerando o comentário de Cuba sobre sua própria abordagem, trata-se aqui de algo que não está necessariamente ligado à intencionalidade humana. Cuba nada mais seria que o meta-artista que ensina os códigos algorítmicos ao computador (Ibid.); ou, considerando as reflexões de Michael Noll sobre suas próprias imagens geradas por computador, o próprio código de entrada seria a obra de arte criada por Cuba, e não a saída visual gerada pelo computador.

Entretanto, este elemento estocástico e aleatório presente nas obras de Cuba e Noll (assim como nos artistas da Escola de Stuttgart e aqueles influenciados pelo pensamento de Max Bense) não caracteriza toda a arte computacional do período. Como já apontado anteriormente, diferentes artistas aplicavam diferentes abordagens ao utilizar o computador. Em 1976, Ruth Leavitt é uma das pesquisadoras a realizar um levantamento dessas distintas abordagens que artistas computacionais empregavam durante o processo de criação. Distribuindo uma série de perguntas para mais de trinta artistas que utilizavam o computador como ferramenta de trabalho[68], Leavitt traça um micropanorama do estado da computação gráfica no meio da década de 70, catalogando algumas das distintas formas de pensá-la na reta final da primeira geração de arte computacional.

Whitney é um dos exemplos de artistas que não utilizam a capacidade de geração numérica aleatória dos computadores para criar seus filmes, mas sim sua capacidade de precisão. Como já mencionado anteriormente, ele tinha planos para as imagens que queria criar utilizando o computador como um instrumento. Mas, por conta do delay entre o input do programa e o output visual, um procedimento essencial no seu processo de criação era a curadoria (ou seleção). Nem toda imagem gerada pelo computador era incorporada no produto final, e o artista selecionava apenas

[68] As perguntas feitas foram: “Como ou por que você se envolveu com o computador (na produção artística)? / Qual é a sua formação artística? / Qual o papel do computador para você... simulação, ferramenta, etc.? Qual é o seu papel? / Seus trabalhos com computador estão relacionados à arte não computacional? / Você tem uma imagem final em mente quando o trabalho começa? / Seu trabalho poderia ser feito sem o auxílio de um computador? Se sim, por que usar o computador? / Até que ponto você está envolvido na produção técnica do seu trabalho, por exemplo, na programação? / Você acha que o trabalho artístico criado com um computador tem ou terá um impacto na arte como um todo no futuro? / Você pretende continuar usando o computador para criar obras de arte? / Você recomenda o uso do computador para outras pessoas na criação de obras de arte?” (1976, p. VIII, tradução nossa).

aquelas que o agradavam ou se encaixavam na visão que tinham para a obra.

A questão de uma seleção a partir do output da máquina era bastante discutida dentro do círculo acadêmico da arte computacional. Em 1970, a revista alemã Magazin Kunst realizou uma pesquisa com 41 artistas computacionais dos EUA, Alemanha, Canadá, Inglaterra, Áustria e Holanda, e uma das perguntas realizadas era justamente "Você considera o trabalho feito no computador como algo finalizado ou como um repertório do qual você seleciona as obras esteticamente relevantes?" (KLÜTSCH, p. 82-83). Como visto acima nos casos de Cuba e Whitney, diferentes artistas responderiam a esta pergunta de maneiras distintas. Ken Knowlton, discutindo o processo criativo de VanDerBeek no desenvolvimento de seus *Poemfields*, também aponta para questões de curadoria na arte computacional dos anos sessenta: “[...] a velocidade, facilidade e economia da animação por computador permitem que o cineasta tente várias vezes uma cena — produzindo toda uma família de clipes de filme — da qual ele escolhe o resultado mais atraente, um luxo nunca antes possível" (YOUNGBLOOD, 2018, p. 249).

Pode ser tentador fazer uma associação direta entre a curadoria dos artistas de computação gráfica da primeira geração com a lógica de seleção das novas mídias, mas aqui há uma diferença essencial. No caso de Whitney e de outros realizadores de sua geração, a seleção é feita a partir de fragmentos (ou efeitos) gerados por um código que foi idealizado pelo artista e/ou em parceria com um cientista ou programador. A seleção não é realizada em cima de objetos midiáticos, gráficos ou efeitos pré-existentes que são então recombinados, manipulados e recontextualizados, como na noção de colagem ou pastiche pós-moderna (JAMESON, 1997). De fato, as imagens geradas são, em geral, resultantes da manipulação e modificação de parâmetros matemáticos específicos, fórmulas que geram formas geométricas que serão então modificadas por distintas variáveis[69]. Mas as fórmulas que serão alteradas por essas distintas variáveis são criadas pelo artista, mesmo que através do intermédio de um programador.

Por outro lado, a segunda geração de artistas computacionais tem a possibilidade de selecionar efeitos pré-definidos por um software, acessando-os a

[69] Este é outro fator que aproxima a primeira geração de artistas computacionais à lógica das novas mídias. Como suas obras são geradas a partir de programas que serão interpretados por um computador, elas são essencialmente compostas por códigos digitais e podem ser descritas através de funções matemáticas (MANOVICH, 2001).

partir de uma interface gráfica intuitiva. Esses artistas estão afastados do código, e por consequência o “material bruto” por eles utilizado é oriundo de um banco de dados pré-estabelecido, ainda que seja possível implementar variabilidade e alterações em cima dos elementos gráficos selecionados, manipulando certos parâmetros fornecidos pelo programa. Assim, é a segunda geração da computação gráfica que está mais próxima da lógica pós-moderna de variabilidade e seleção que caracteriza as novas mídias, enquanto a primeira geração ainda possui mais similaridades com o estado “embrionário” das primeiras artes eletrônicas, dialogando com uma lógica mais próxima ao modernismo que ao pós-modernismo (como bem aponta Taylor em seu livro *When The Machine Made Art*). A primeira geração atua diretamente no código, enquanto a segunda em um código pré-estabelecido e, de maneira geral, inalterável.

3. Segunda Geração da Arte Computacional: Acessibilidade e Interatividade

Este capítulo discute o surgimento das interfaces interativas e seu impacto na arte computacional. Apresenta diferentes linguagens gráficas que buscavam facilitar a interação entre o artista e a máquina, dos procedimentos assíncronos que caracterizavam a primeira geração às interfaces e tempo real que marcam a segunda geração. Discute as opiniões divergentes de críticos e artistas acerca do afastamento entre artista e o código computacional, explicando a posição dos defensores da criação algorítmica a partir de uma perspectiva flusseriana. Discute os paralelos entre cada geração e as lógicas modernista e pós-modernista, exemplificando artistas que existem em uma intercessão entre as duas lógicas. Apresenta diferentes mudanças tecnológicas que levam à computação interativa, assim como à computação tridimensional e volumétrica. Por fim, apresenta a aproximação da computação gráfica à lógica da narrativa tradicional e à representação da realidade, que marca uma virada na computação gráfica dos anos noventa com o sucesso da Pixar e subsequentes animações narrativas de longa-metragem criadas em computação gráfica.

3.1. Modernismo: rupturas e continuidades

Segundo Taylor (p. 259), “Desde sua concepção, a arte computacional exaltou os principais princípios do modernismo, incluindo a inclinação para a historicização, a afirmação da abstração e do formalismo, a linguagem da futurologia e a busca por critérios estéticos”. A arte computacional, em especial da primeira geração, dialoga com princípios modernistas e seu “[...] fascínio pelas ciências puras” (Ibid., p. 6), e artistas/cientistas como Noll buscavam emular a estética modernista, em uma tentativa de “[...] encontrar as barreiras, tanto estéticas quanto epistemológicas, da imagem computacional [...]” (Ibid., p. 54). Apesar disso, o modernismo não é a única fonte de estruturação estética dos primórdios da arte computacional:

> Para localizar o fundamento estético da arte computacional, é preciso olhar além da tradição estética do modernismo inicial, para os profundos devaneios da consciência matemática da ciência ocidental. Essa maravilha elementar da estrutura e dos padrões da natureza, quintessencial para as ciências abstratas e biológicas, fornece o primeiro impulso estético para a arte computacional. Além disso, a herança da arte computacional está firmemente enraizada nos instrumentos mecânicos analógicos e nas máquinas de desenho que eram utilizados para medir e mapear fenômenos naturais. A própria afirmação de que imagens geradas por computador poderiam ser definidas como arte tem suas raízes na popularidade da visualização científica. (TAYLOR, p. 66, tradução nossa)

Laposky, pioneiro da arte eletrônica, apontava este fascínio pela representação científica como motivador para sua exploração com osciloscópios (LAPOSKY, 1976), tornando fenômenos naturais invisíveis (como o movimento dos elétrons e os campos de energia) em algo visível e tangível (TAYLOR, 2014). Nos EUA, Zajac e Noll com seus filmes científicos da década de sessenta também exploravam a demonstração de fenômenos da natureza através de simulações computacionais (como um satélite em órbita ou a projeção tridimensional de um cubo quadridimensional) e, na Europa e Japão, a Escola de Stuttgart e aqueles influenciados pelo pensamento de Max Bense exploravam sistemas racionais para o desenvolvimento de séries de objetos estéticos gerados algoritmicamente.

Essas figuras que se tornaram os primeiros praticantes da arte computacional estavam imbuídas de uma firme crença nos poderes técnicos da racionalidade, eficiência e ordem, além de influenciadas filosoficamente por ideias como a cibernética e a teoria da informação, mais comumente ligadas ao campo das ciências do que das artes (como discutido nos subcapítulos 2.3 e 2.4). O foco no automatismo mecânico (arte artificial), na pseudoaleatoriedade e na visualização matemática conferiu à primeira geração suas próprias metodologias singulares. A abstração e o formalismo dominam a arte computacional até o início da década de oitenta, e comentaristas da arte e tecnologia, seguindo a convenção modernista de historicizar novas tendências artísticas, mostram como ela evoluiu a partir de manifestações artísticas passadas: como uma maneira de legitimar a arte computacional, foram destacadas suas conexões com o modernismo (Ibid.).

Os paralelos eram claros, já que certos movimentos do início do século XX como o neoplasticismo, o construtivismo e o suprematismo preocupavam-se com a abstração pura e tinham como denominador comum um rigoroso racionalismo formal. Sua intenção fundamental era traduzir em termos visuais a consciência racional do mundo, de modo que a forma expressasse a lógica da estrutura oculta da realidade (TOMASSONI, 1970). Artistas como Malevich, Mondrian e Kandinsky libertaram-se da necessidade de representar o mundo visível e buscavam explorar a autonomia da forma, da cor e da estrutura, visando uma arte que operava em níveis de técnica, espiritualidade, ritmo ou geometria, e não mais no mundo figurativo (CHIPP, 1999). Esta tendência à abstração (ou à não-representatividade) caracteriza boa parte da primeira geração de arte computacional, e é possível apontar certas continuidades entre a abordagem de determinados artistas/programadores e determinados pintores

ou movimentos do início do século XX.

Mondrian e sua preocupação com uma linguagem absoluta e objetiva, sua busca pela estrutura interior do mundo através de um controle racional e científico da plasticidade fazendo uso de linhas, ângulos retos e divisões espaciais harmônicas (TOMASSONI, 1970) dialoga com o que viria a ser a estética racional de Max Bense, e suas composições neoplásticas desenvolvidas a partir de um sistema racional em constante desenvolvimento (Ibid.) podem trazer à mente a arte parametrizada e algorítmica da Escola de Stuttgart e Michael Noll na década de sessenta.

Já Whitney e suas animações experimentais dialoga diretamente com Kandinsky, remetendo à arte concreta e suas pinturas compostas puramente por meios pictóricos (linhas, pontos, cores) e não “objetos” (representações da realidade) (KANDINSKY, 1938). Além disso, sua abordagem de música visual e harmonia digital tem uma conexão direta com as ideias sinestésicas do pintor russo, que afirmava que “[...] parte da a busca moderna na pintura por ritmo, construção matemática abstrata, repetição de cores e uma maneira de colocar a cor em movimento” era diretamente derivada de um desejo dos artistas plásticos de conseguirem expressar-se satisfatoriamente de forma desvencilhada da representação de fenômenos naturais da mesma maneira que a arte “imaterial” da música facilmente era capaz (KANDINSKY, 1946, p. 34). Como visto anteriormente (2.4), o desejo de Whitney em suas animações era justamente trazer para o campo visual as sensações trazidas por parâmetros musicais como ritmo, harmonia e intensidade, algo bem similar ao que Kandinsky fazia em suas pinturas, comparando as propriedades psicológicas de certas cores com os timbres de determinados instrumentos (azul claro e flauta, azul escuro e cello, verde e violino) (Ibid.).

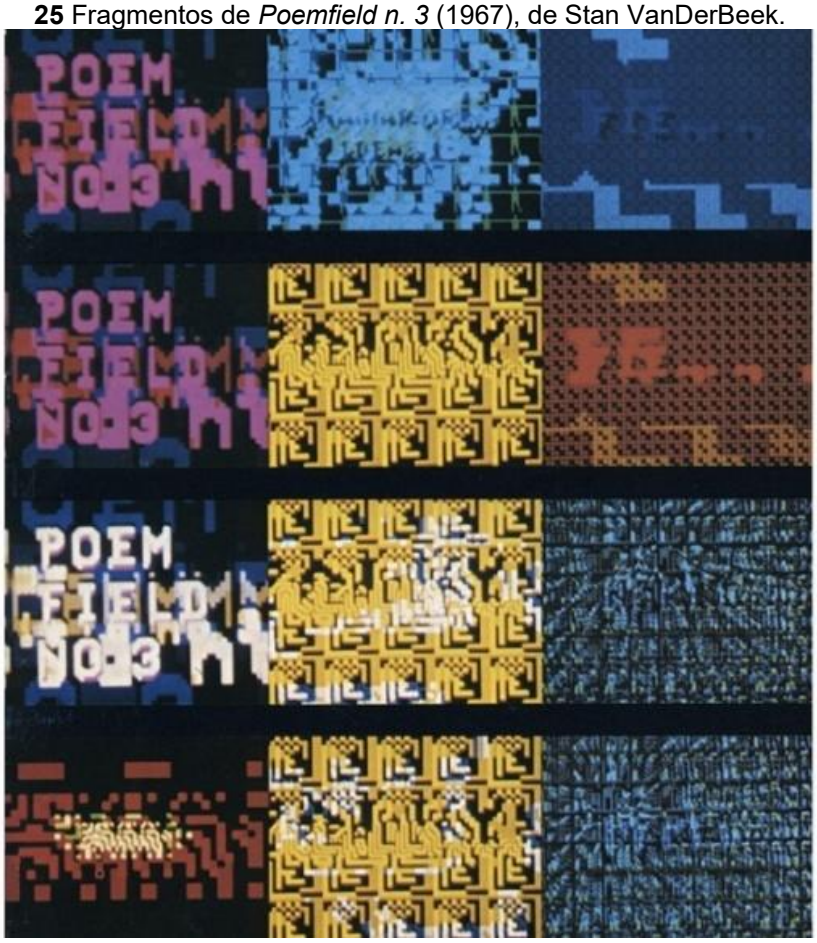
Por sua vez, os *Poemfields* desenvolvidos por Stan VanDerBeek e Ken Knowlton na década de sessenta podem ser vistos em continuidade com construtivismo russo e seu uso de palavras como blocos essenciais da composição gráfica, integrando texto e imagem dentro do universo computacional. Além disso, a série de trabalhos pode ser pensada a partir de conexões com experimentos de diversos outros percursores da arte e poesia cinética dentro do modernismo, como

> [...] a exploração do espaço na página por Mallarmé, os poemas fonovisuais de Morgenstern, a busca tipográfica dos futuristas para colocar “palavras em liberdade” [...], os caligramas de Apollinaire, as performances dadaístas aleatórias e sonoras, os filmes abstratos dos modernistas e o experimentalismo do pós-guerra envolvendo som, texto e imagem com espacialização, colagem, montagem e outras técnicas que se desdobram

com os poetas concretos e visuais. (SEIÇA, 2021, p. 174, tradução nossa)

Trabalhando dentro do meio da animação digital ao invés da tela estática, Knowlton e VanDerBeek adicionam o fator temporal ao caráter gráfico das palavras[70], fundindo a "sintaxe da poesia concreta com a mecânica de programação da computação" e gerando um novo tipo de animação que apresentava poesia no interstício entre o cinema e a computação (SUTTON, 2012, p. 313). Filmes como os da série *Poemfields* (**25**) exemplificam as complicadas fronteiras entre cinema experimental, animação computacional, artes visuais e literatura eletrônica na década de sessenta (GERRETS, 2014; WINGATE, 2016, apud SEIÇA, 2021), e indicam o caráter multimídia da arte de VanDerBeek (SUTTON, 2012).

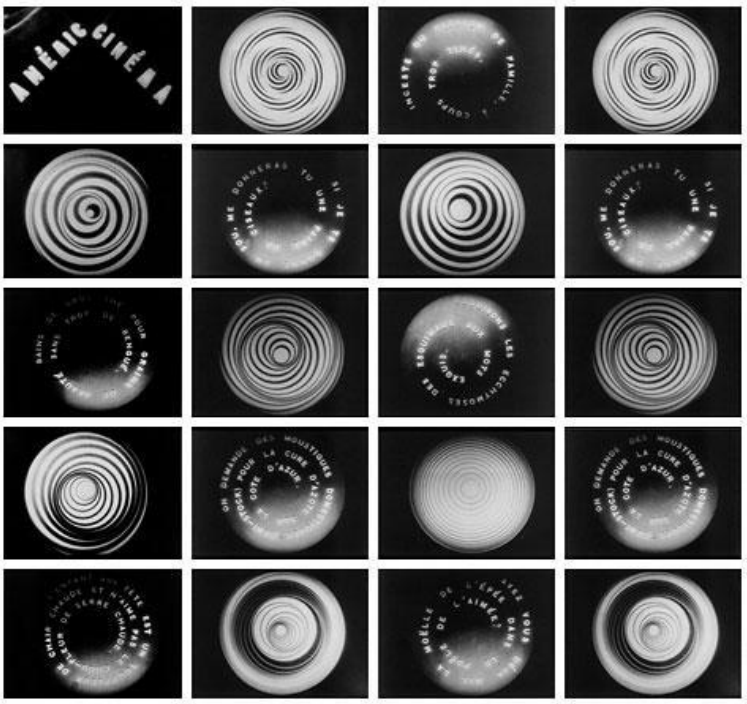
25 Fragmentos de *Poemfield n. 3* (1967), de Stan VanDerBeek.



Fonte: https://theboxla.com/show.php?id=5703

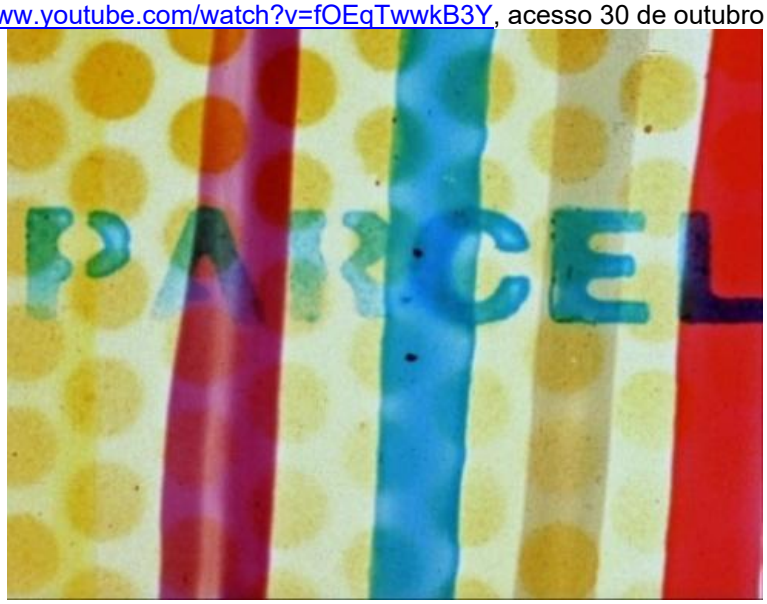
[70] No que tange o elemento de "palavra em movimento" presente nos *Poemfields*, Duchamp e seu filme dadaísta *Anémic Cinéma* (1926) (**26**), que utilizava discos dupla-face com padrões hipnóticos que combinam montagem cinematográfica, ilusão óptica tridimensional e a movimentação espiralar de textos cheios de jogos de palavras (SEIÇA, 2021) já mostra origens desta abodagem grafico-temporal para com o texto, algo também visto em experimentos de Len Lye como *A Colour Box* (1935) (**27**), que combina pintura direto na película e impressões gráfica de letras e palavras.

26 Fragmentos de *Anémic Cinéma* (1926), de Marcel Duchamp. Disponível em https://youtu.be/NA11ueb4tp4 , acesso 30 de outubro de 2025.



Fonte: https://rebeccauffindell.wordpress.com/2017/11/01/anemic-cinema/

27 Fragmento de *A Colour Box* (1935), de Len Lye. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=fOEqTwwkB3Y, acesso 30 de outubro de 2025.



Fonte: https://www.imdb.com/title/tt0026226/

Os *Poemfields* foram desenvolvidos pelo artista especificamente para o ambiente do *Movie-Drome*, uma estrutura em forma de cúpula situada perto da casa de VanDerBeek onde eventos multimídia eram projetados em múltiplas telas para um público seleto. Os filmes computacionais eram misturados com ilustrações, luzes móveis e found materials (dialogando com Duchamp), sobrepostos a montagens de imagens de cinejornais dentro da cúpula curva. Tratava-se de um protótipo para um

“[...] novo tipo de espaço de visualização que poderia ser replicado em todo o mundo e conectado por meio de satélites orbitando o globo” (Ibid., p. 323), ideia em direto diálogo com a abordagem global e conectiva de pensadores como Buckminster Fuller[71], com quem teve contato na década de cinquenta (PATTERSON, 2015), e publicações como o Whole Earth Catalogue[72].

Lillian Schwartz aproxima a arte computacional à pintura e ao modernismo em sua fala para o documentário *The Artist and the Computer* (1976). Dirigido por John K. Ball para a o AT&T, a narração de Schwartz traça paralelos entre o pixel computacional e o pontilhismo do fim do século XIX:

> Em muitos aspectos, o uso do computador para empreendimentos artísticos é paralelo ao surgimento da fotografia como meio mecânico do século XIX. A descoberta da mistura de cores em nossa percepção deu origem às técnicas de pintura dos impressionistas e também dos pontilhistas, o que nos leva a Seurat. Seurat trabalhou com pontos grandes o suficiente para que se pudesse examinar a tela e ver as várias cores, e ainda assim, à distância, você começaria a fundir essas cores em sua percepção. Se você pensar na tela como um conjunto de pontos, é a maneira como você programa esses pontos que criará uma imagem. (tradução nossa)

Segundo Patterson (2015), filmes de Schwartz como *ENIGMA* e *Googolplex* (1972) interrogavam o que um formalismo computacional poderia ser, chegando o mais próximo possível de uma concepção estritamente modernista de animação computacional. Para a autora,

> Os filmes de Schwartz [...] dialogam com as transformações substanciais que estão sendo provocadas na visão e na visualidade pela transição do analógico para o digital nesta era. Como tal, eles marcam a intrusão das condições materiais, das formas visuais e dos problemas culturais que acompanharam a ascensão da computação de massa nos anos 1970, traçando uma trajetória constante afastando-se do fotográfico. (p. 101, tradução nossa)

Schwartz tinha formação como artista plástica, tendo estudado pintura chinesa e caligrafia no Japão[73] e com Ugo Giannini (um estudante do cubista Fernand Léger)

---

[71] Buckminster Fuller foi um arquiteto, inventor e pensador norte-americano conhecido por suas ideias sobre design sustentável e sistemas integrados, como a Cúpula Geodésica. Sua visão de unir arte, ciência e tecnologia inspirou artistas dos anos 1960 envolvidos com o cinema expandido e a arte computacional, que viam na interdisciplinaridade um caminho para novas formas de percepção e interação. Escreveu o prefácio do livro *Expanded Cinema*, de Gene Youngblood.

[72] O Whole Earth Catalogue (1968–1972) foi uma publicação contracultural criada por Stewart Brand e que reunia ferramentas, livros e ideias para a autossuficiência e o uso criativo da tecnologia. Inspirado por pensadores como Buckminster Fuller, o catálogo funcionou como uma rede de conhecimento colaborativo antes da internet.

[73] Schwartz foi hospitalizada com poliomielite no Japão em 1949. Como uma abordagem para lidar com sua paralisia, um professor zen-budista ensinou-a caligrafia como uma forma de meditação. Lá, aprendeu a pintar mentalmente antes de pincelar o papel. Schwartz aponta esse período como a origem de seu cinema no Bell Labs: a capacidade de imaginar linhas se desdobrando antes de encontrarem forma material permitiu-lhe imaginar filmes inteiros, habilidade bastante útil no contexto tecnológico

na década de cinquenta (RUTKOFF, 2016; SCHWARTZ, 1992). No início dos anos sessenta começou a infundir sua escultura, usualmente feita de bronze, cimento ou gesso, com luzes coloridas e líquidos (RUTKOFF, 2016). A artista, entretanto, não parecia satisfeita com esta abordagem, desejando explorar a animação e o movimento como uma forma de se aproximar da pintura, buscando "[...] obter superfícies cintilantes como as dos cubistas e capturar a sensação de objetos em movimento como [Giacomo] Balla, como os futuristas." (SCHWARTZ apud RUTKOFF, 2016).

Schwartz foi convidada a associar-se ao Bell Labs do AT&T por Leon Harmon, após exibir sua escultura interativa *Proxima Centauri* na mostra *The Machine as Seen at the End of the Mechanical Age*, organizada no MoMA pelo EAT[74] em 1968 (BROCK, 2021; FORSBERG, 2005). No laboratório a artista colaborou com Ken Knowlton, desenvolvendo imagens estáticas compostas por letras e números programados na linguagem BEFLIX e impressas por um gravador de microfilmes Stromberg-Carlson 4020 (PATTERSON, 2015). O contato com Schwartz fez Knowlton chegar à conclusão de que a BEFLIX ainda era muito "cientificamente orientada", motivando-o a desenvolver uma nova linguagem mais "artística".

Em 1970 a AT&T encomendou o filme *Pixillation* (**28**), que deveria ser desenvolvido utilizando a nova linguagem de Knowlton, EXPLOR. A linguagem permitia a manipulação de retângulos e quadrados bidimensionais em tons de preto, cinza e branco em uma estruturação em grade similar à BEFLIX; entretanto, ainda não estava totalmente finalizada durante a realização do filme, fazendo com que Schwartz precisasse aprender processos tradicionais de animação para finalizá-lo até o prazo. O resultado é uma fusão de imagens digitais e orgânicas, formas geométricas computacionais pulsando em contraposição a pinturas em óleo e microfotografias de padrões de cristalização (Ibid.).

Na visão de Schwartz, a EXPLOR era uma reformulação moderna das filosofias da vanguarda dos anos 20 de cineastas como Viking Eggeling e Hans Richter, permitindo a criação e sobreposição de formas geométricas animadas combinadas a elementos estocásticos (SCHWARTZ, 1992). *UFO* (**29**), realizado em 1971, seria seu primeiro filme totalmente computacional, contando com pós-processamento apenas

---

onde não havia "nenhuma interação imediata entre a entrada, a imagem que aparece no monitor, a manipulação da imagem e a saída" (SCHWARTZ, apud RUTKOFF, 2016).

[74] Experiments in Art and Technology, organização artística fundada por Billy Klüver, Fred Waldhauer, Robert Whitman e Robert Rauschenberg (SUTTON, 2012, p. 314), e que juntava engenheiros a artistas visuais interessados em experimentar com as interseções entre arte e tecnologia.

para colorir as imagens. Com a intenção de manter a percepção de saturação de cor, Schwartz editou o filme para que um frame preto fosse introduzido a cada quatro frames do filme (Ibid.), gerando um efeito estroboscópico similar ao explorado nos anos sessenta por Peter Kubelka e Tony Conrad (PATTERSON, 2015). Outros filmes por ela desenvolvidos em EXPLOR, como *Enigma* (**30**) e *Googolplex* (**31**), também exploravam elementos relacionados à percepção humana, buscando criar a ilusão de cor em filmes em preto e branco (Ibid.; SCHWARTZ, 1992).

28 Fragmentos de *Pixillation* (1970), de Lillian Schwartz. Disponível em https://www.thehenryford.org/collections-and-research/digital-collections/artifact/519817#slide=gs-566565, acesso 30 de outubro de 2025.



Fonte: https://www.johncoulthart.com/feuilleton/2022/12/21/pixillation-a-film-by-lillian-schwartz/

29 Fragmento de *UFO* (1971), de Lillian Schwartz. Disponível em https://www.thehenryford.org/collections-and-research/digital-collections/artifact/519816#slide=gs-566566, acesso 30 de outubro de 2025.



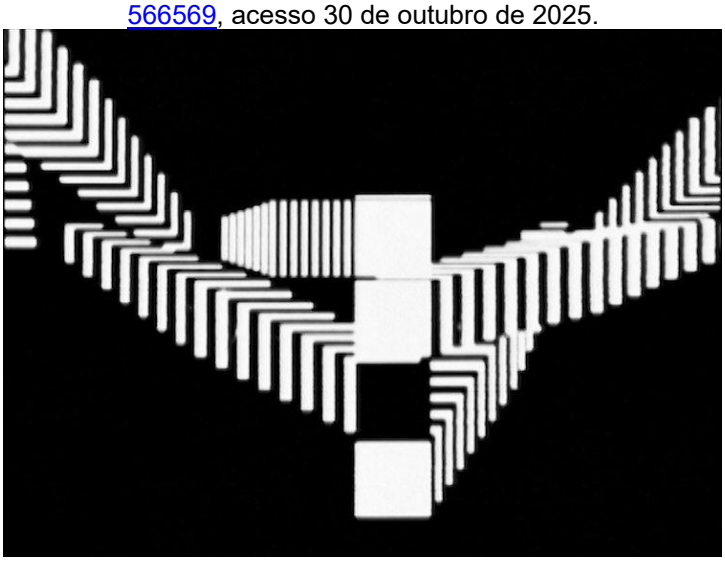
Fonte: https://www.25fps.hr/en/film/ufos

30 Fragmento de *Enigma* (1972), de Lillian Schwartz. Disponível em https://www.thehenryford.org/collections-and-research/digital-collections/artifact/521054#slide=gs-566574, acesso 30 de outubro de 2025.



Fonte: https://archive.transmediale.de/content/enigma

31 Fragmento de *Googolplex* (1972), de Lillian Schwartz. Disponível em https://www.thehenryford.org/collections-and-research/digital-collections/artifact/519813#slide=gs-566569, acesso 30 de outubro de 2025.



Fonte: https://bonner-kunstverein.de/en/exhibitions/the-policeman-s-beard-is-half-constructed-art-in-the-age-of-artificial-intelligence/

3.2. Linguagens, sistemas e interfaces: a busca pela interatividade

Como já observado anteriormente (2.1, 2.2), pesquisas em tecnologias de interação entre humano e máquina se desenvolveram tanto nas artes como na ciência, na indústria bélica e aeroespacial. No campo das artes, a busca se deu principalmente a partir de diferentes linguagens gráficas.

Uma das pioneiras foi a BEFLIX de Ken Knowlton, uma das primeiras linguagens de alto nível criadas especificamente para a produção de animação computacional. Mas, diferente do Sketchpad de Sutherland, a BEFLIX não incorporava um estêncil de luz que permitia ao artista desenhar diretamente na tela,

funcionando a partir de cartões perfurados. Em vez de exigir a definição manual de cada ponto ou quadro da matriz visual, a BEFLIX permitia que o programador descrevesse operações visuais abstratas (desenhar linhas e arcos, preencher áreas, copiar e deslocar regiões da imagem, ampliar figuras ou realizar dissolvências) que eram então traduzidas automaticamente em instruções de baixo nível para o plotter de microfilme controlado pelo computador. As instruções incluíam parâmetros como coordenadas, espessura de linha, intensidade luminosa e número de unidades de deslocamento entre quadros, o que permitia um controle preciso sobre a composição e a animação (KNOWLTON, 1965).

Baseando-se totalmente em um "procedimento às cegas" sem feedback visual antes do processamento do código, o desenho computacional a partir da BEFLIX apresentava certas limitações para artistas sem background em ciências. Como observa Sutton (p. 315),

> [...] o uso de computadores e programas parecia oferecer a perspectiva de acelerar e até mesmo automatizar certos procedimentos repetitivos, economizando assim significativamente o tempo e os recursos necessários para produzir filmes de animação. No entanto, a curva de aprendizado acentuada e o processo desajeitado de usar um programa recém-desenvolvido provaram ser grandes obstáculos a serem superados, como evidenciado pela experiência de VanDerBeek confrontando o que ele rotulou como problemas, complexidades e frustrações da linguagem e da lógica computacionais. (tradução nossa)

Estes "problemas, complexidades e frustrações da linguagem e da lógica computacionais" estão diretamente ligados à necessidade de comunicar-se com a máquina a partir de códigos: cada filme da série *Poemfield* era produzido a partir da programação de um mainframe IBM 7094. Por meio do BEFLIX, as palavras eram gradualmente dissolvidas em padrões geométricos. As instruções geradas pelo computador eram então enviadas a um gravador de microfilme Stromberg-Carlson 4020, que registrava as imagens em filme de 35 mm, posteriormente montado manualmente e convertido para 16 mm para projeção (Ibid.).

Assim como VanDerBeek, Schwartz também apresentava muitas frustrações com a linguagem computacional. Com formação artística, ela não estava familiarizada com lógica de programação e matemática. Como observa Patterson (2015), a artista desejava um feedback imediato, uma interatividade que emulasse o controle material que ela possuía ao pintar e esculpir. No entanto, ela "se deparou com um dispositivo que, ao menos inicialmente, oferecia possibilidades e limitações quase totalmente descompassadas com seu treinamento prévio", sendo "forçada a explorar o aparelho, revisando constantemente seus hábitos e afinidades". Em vez de respostas

instantâneas e controle gráfico direto, Schwartz encontrou “uma temporalidade retardada e efeitos inesperados”, o que a levou a explorar “as possibilidades gráficas e representacionais do computador IBM e de seu plotter de microfilme ao limite e além” (p. 91, tradução nossa).

A linguagem EXPLOR, desenvolvida por Knowlton após seu contato com Schwartz, foi uma tentativa de melhorar a experiência de artistas que buscavam utilizar o computador como ferramenta de trabalho. Ainda assim, baseava-se totalmente em uma criação “às cegas”, em código, sem feedback interativo ou instantâneo. Sua principal diferença em relação à BEFLIX estava no seu funcionamento interno e resultado visual: enquanto a BEFLIX realizava procedimentos precisos e exatos seguindo o código fornecido pelos cartões perfurados, a EXPLOR incorporava elementos estocásticos em seu funcionamento, introduzindo maior flexibilidade algorítmica e possibilitando regras generativas e transformações condicionais entre pixels a partir da inserção de parâmetros específicos (KNOWLTON, 1970). Segundo Patterson (p. 93) o EXPLOR

> [...] permitia um elemento de aleatoriedade que era totalmente diferente da aleatoriedade da BEFLIX. Na BEFLIX, a aleatoriedade estava totalmente contida dentro do quadro, de modo que os caracteres podiam ser selecionados aleatoriamente para exibição em uma superfície específica. No EXPLOR, a aleatoriedade surgia durante operações sequenciais — de quadro em quadro. O EXPLOR funcionava, portanto, de forma generativa, diferente da BEFLIX. Um comando chamado “twinkle”, que Knowlton adicionou, exemplifica esse aspecto. Como Knowlton descreveu, o computador armazena informações posicionais para cada ponto, e o programador “especifica quais desses caracteres devem ser exibidos como pontos pretos e quais como pontos brancos, e quais devem ‘piscar’, ou seja, serem escolhidos aleatoriamente (probabilidade = 1/2) quadro a quadro, para serem pretos ou brancos. (tradução nossa)

Citron e seu GRAF, outra importante linguagem computacional dos anos sessenta, utilizada por John Whitney durante sua residência na IBM, funcionava a partir de uma caneta óptica que selecionava valores numéricos para vinte parâmetros distintos em um monitor gráfico IBM 2050 (YOUNGBLOOD, 2018). Diferente das linguagens de Knowlton, o GRAF exibia as formas geométricas geradas pelas variáveis selecionadas pelo artista no monitor (**32**). O programa, entretanto, mostrava apenas frames estáticos. Para ver o resultado em movimento era necessário capturar cada imagem individual em filme a partir de uma câmera modificada para ser controlada pelo computador. Neste estágio da produção, a programação era novamente realizada com cartões perfurados.

32 Jack Citron demonstrando a utilização da linguagem GRAF em um monitor IBM 2250 no documentário *Experiments in Motion Graphics* (1968). Disponível em https://youtu.be/jlv-EcX9tUs, acesso 30 de outubro de 2025.



Fonte: https://youtu.be/jlv-EcX9tUs

Os exemplos de linguagens acima foram paradigmáticos para a interação humano-computador na geração artística, mas ainda estavam distantes daquilo que viria a ser o padrão das interfaces gráficas que marcariam a segunda geração. As linguagens de Knowlton não contavam com nenhum feedback visual antes do processamento; e o GRAF de Citron, apesar do monitor gráfico, exibia apenas imagens estáticas não interativas.

A interatividade, segundo Sutherland (1975), era um dos muitos problemas que ainda não estavam “resolvidos” no meio da computação gráfica, que seguiria sendo bastante excludente até ainda meados dos anos setenta por questões de custo de hardware/software e incompreensibilidade para não iniciados em lógica computacional. Isto não significa, entretanto, que avanços em direção à interatividade e acessibilidade que caracterizaria a segunda geração não estavam sendo estudados nos anos sessenta. Na realidade, muitos dos paradigmas de interatividade em tempo real tiveram seus primeiros passos, justamente, dentro do contexto da primeira geração da arte computacional, nas pesquisas de Ivan Sutherland e Charles Csuri.

No final da década de sessenta, Csuri examinava outros caminhos para a animação computacional: sua pesquisa desenvolvida na OSU voltava-se, justamente, para a interação em tempo real com objetos virtuais. O sistema por ele desenvolvido permitia a geração e manipulação de diferentes objetos como andorinhas de origami, peixinhos dourados, borboletas, tartarugas, violinos e helicópteros. Estes objetos virtuais podiam ser girados e movidos por meio de uma tabela de dados tridimensional, uma caneta óptica, um joystick e um terminal de exibição alfanumérica. Da pesquisa surgiu a exposição *Interactive Systems*, inaugurada no dia 1º de abril de 1970

(ROSEN, 2006). Nela, os objetos e sistemas apresentados serviam para demonstrar ideias e conceitos voltados à interação entre humano e computador (CSURI, 1970)[75]. Uma destas ideias era a possibilidade de interação em tempo real na animação computacional:

> Durante esta exposição, foi instalado um sistema de computador para demonstrar um processo interativo para filmes animados. Estudantes de arte foram escalados para ilustrar ao público em geral as técnicas de gráficos artísticos e de animação cinematográfica. É possível ver os resultados — em movimento — em um aparelho de televisão de vinte e uma polegadas, antes que sejam transferidos para o filme. Nesse ambiente "em tempo real", muitas soluções alternativas para um mesmo problema podem ser examinadas de forma fácil e eficiente. Dois minutos de filme de animação de qualidade podem ser produzidos em cerca de duas horas nesse sistema, incluindo o tempo destinado à experimentação e à filmagem da imagem exibida na tela. (CSURI, 1970, p. 4, tradução nossa)

O sistema continha programas com funções distintas, como permitir a alteração do input gráfico do computador por uma caneta de luz; permitir a realização de um "zoom" na animação; permitir a manipulação de diferentes desenhos, determinando o caminho e velocidade de movimentação e/ou rotação de cada um individualmente; permitir permutações de desenhos em duas e três dimensões; e permitir a visualização de desenhos em três dimensões enquanto se movem no espaço, incluindo opções para alterar o eixo de rotação, um "zoom" tridimensional, mudanças na perspectiva e no ângulo de visão do desenho, controle sobre a velocidade e a rotação dos desenhos, permutações de desenhos enquanto se movem pelo espaço e a visualização simultânea de vários desenhos (CSURI, 1970).

Estes elementos pioneiros foram desenvolvidos por Csuri e cientistas associados como Manfred Knemeyer a partir de 1968 com o financiamento da NSF (discutido no subcapítulo 2.3). A pesquisa de Csuri foi um passo em direção à interatividade que marcaria a segunda geração de arte computacional. Csuri estava interessado justamente em desenvolver uma interface que fosse intuitiva o suficiente para ser utilizada por artistas sem contato prévio com as ciências e a matemática, algo que motivou a escolha dos "sujeitos" selecionados para testarem o sistema,

[75] No mesmo ano Jack Burnham foi curador da importante mostra de arte eletrônica *Software* no Museu Judaico de Nova York, uma exibição "anicônica" onde as imagens eram secundárias ou apenas instrutivas à informação e aos processos computacionais (BURNHAM, 1970). Assim como a mostra de Csuri, Software se concentrou na "interação entre as pessoas e seus arredores eletromecânicos" (CHAPIN JR., 1970, p. 3), exibindo obras interativas, processuais e conceituais que exploravam a noção de software como metáfora para o processo artístico e para o pensamento. A interatividade na exposição organizada por Burnham, entretanto, estava mais ligada à noção de instalação, onde o processo de interação com a tecnologia faz parte da experiência desenvolvida pelo artista como integral à obra de arte.

estudantes de arte interessados nas relações entre arte e tecnologia, mas sem formação especial em matemática ou programação de computadores (Ibid.). Ainda assim, um intenso treinamento foi necessário para que os estudantes de arte conseguissem utilizar o sistema e criassem arte nele:

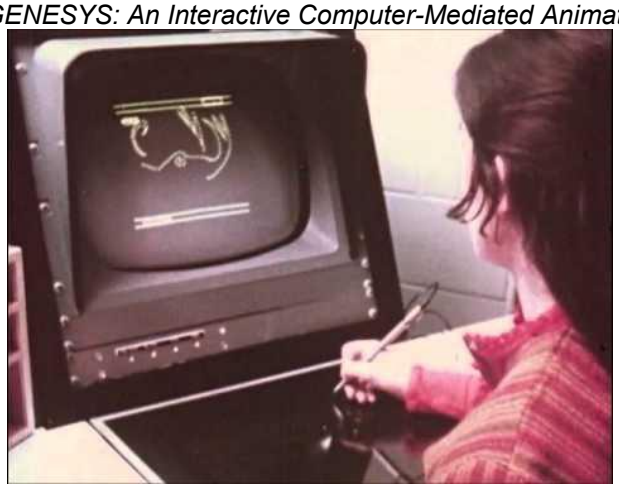
> No primeiro curso, foi oferecida experiência em manipulação de imagens por computador, com ênfase moderada em conceitos básicos sobre computadores e programação. Um pacote de software (programas de computador) foi disponibilizado para eles, e receberam instruções sobre seu uso. Os estudantes de arte aprenderam a operação geral de um console gráfico de computador IBM 1130/2250 modelo IV, como carregar os discos e acessar vários programas, como utilizar um plotter de tambor “on line” e o perfurador de cartões. Instruções também foram fornecidas sobre a operação do keypunch e outros equipamentos relacionados. Ideias matemáticas incorporadas nos programas de computador eram explicadas de forma que as várias opções e parâmetros de controle no software pudessem ser compreendidas. (Ibid., tradução nossa)

Os estudantes tiveram oito semanas de orientação antes de conseguirem produzir algumas artes gráficas no computador, e apenas em um segundo curso a animação computacional foi introduzida.

Assim como o Sketchpad de Sutherland, Csuri e sua pesquisa estabeleciam novos paradigmas para o futuro da interação humano-máquina, não mais baseado em cartões perfurados e plotters de microfilme, mas em interação em tempo real com objetos virtuais exibidos em um monitor. Mais pesquisas neste caminho seguiriam sendo realizadas ao longo da década de setenta, afastando cada vez mais o artista do código sendo rodado dentro da máquina e aproximando-o da experiência tátil de um produção artística tradicional e não-virtual. Dois sistemas pioneiros de linguagem interativa para animação foram o Genesys (digital), desenvolvido por Ron Backer no Lincoln Laboratory do MIT, e Scanimate (analógico), projetado pela Computer Image Corporation (LUCENA JUNIOR, 2019).

O sistema Genesys foi desenvolvido no final da década de 1960 e utilizava um computador TX-2 (o mesmo do Sketchpad de Sutherland) para permitir a criação de desenhos a partir de uma mesa digitalizadora (Ibid.). O documentário *Genesys: an Interactive Computer Mediated Animation System*, de 1970, mostra a artista Lynn Smith desenhando à mão livre na mesa digitalizadora (**33**). Utilizando o sistema, Lynn podia desenhar células individuais para animar seus desenhos, traçar um trajeto de movimento para um único desenho realizado no computador ou combinar as duas abordagens, como faz na animação de uma bola quicando ou de um sapo pulando.

33 Fragmento de *GENESYS: An Interactive Computer-Mediated Animation System* (1970).



Fonte: https://youtu.be/GYIPKLxoTcQ

Já o Scanimate fazia uso da computação analógica para escanear e traduzir informação visual por meio de sensores de luz, que poderia então ser manipulada eletronicamente (zoom, rotação, deformação etc.). O sistema foi utilizado principalmente pela televisão e pelo cinema para desenvolver animação de títulos e efeitos especiais. No Scanimate a imagem original podia ser 'seccionada' ou 'segmentada' em até cinco partes diferentes, cada uma capaz de movimento independente em sincronia com qualquer faixa de áudio. Para a saída, uma segunda câmera monitorava o CRT executando as animações e gravava diretamente em filme ou fita de vídeo. A imagem de saída também podia ser sobreposta por meio de 'chaveamento' sobre uma fita de vídeo de 'passagens' anteriores gravadas em um gravador de vídeo analógico. O animador tinha que programar os movimentos conectando um circuito analógico complexo e ajustando qualquer um, ou às vezes todos, os 250 botões através de vários painéis de conexão. A complexidade do procedimento fazia com que apenas alguns trabalhadores qualificados, usando essas máquinas exclusivas, conseguissem gerar esses vídeos e filmes (MONTFORT, 2016). Ainda assim, o sistema era bastante procurado por Hollywood e a indústria televisiva:

> [...] parte do apelo do sistema era que ele podia gerar resultados em “tempo real”, permitindo que clientes das indústrias cinematográfica e televisiva de Hollywood pudessem sentar-se em sofás no estúdio e assistir e dirigir o que quisessem, por uma taxa de US$ 2.500 por hora. O sistema era centenas de vezes mais rápido do que a animação tradicional em filme ou celuloide, então pagar a alta taxa para ter controle rápido e total era uma pechincha para muitos. (MONTFORT, p. 93, tradução nossa)

Por conta dos preços elevados, o uso do Scanimate se limitava a indústrias como a televisão e o cinema comercial. Alguns exemplos de uso do sistema são uma breve cena da Estrela da Morte emergindo de trás de um planeta no primeiro filme de

Star Wars (1977) e os efeitos de oscilador para o videoclipe de *Let's Groove* (1981) da banda Earth, Wind & Fire, dirigido por Ron Hays (Ibid.) (**34**).

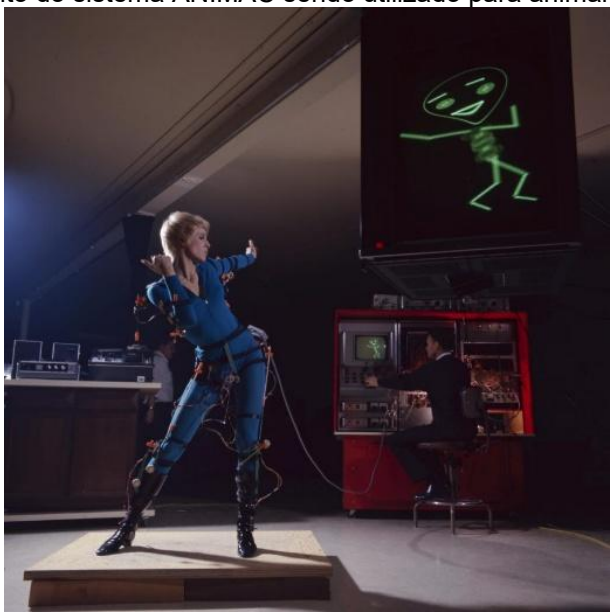
34 Cena do clipe de *Let's Groove* da banda Earth, Wind & Fire, dirigido por Ron Hays utilizando o sistema Scanimate.



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=Lrle0x_DHBM

Outro sistema de animação desenvolvido pela Computer Image foi o ANIMAC. Segundo Youngblood (2018), existiam duas maneiras de animar figuras cartunescas utilizando o sistema: no primeiro método, um artista falava em um microfone que convertia os sinais elétricos de maneira que a entrada acústica animava a boca do desenho, enquanto outras características faciais eram controladas por outro operador. No segundo método, sensores eram colocados em cada uma das articulações do esqueleto de um ator, de forma que seus movimentos controlavam os do desenho em tempo real (**35**). É claramente mais um antecessor da técnica de *motion-capture* já discutida anteriormente (2.3).

35 Censor de movimento do sistema ANIMAC sendo utilizado para animar o personagem na tela.



Fonte: https://www.experimentaltvcenter.org/computer-image-corporation-archive/

Neste período de efervescência no campo da pesquisa de interatividade computacional, sistemas eram desenvolvidos com propósitos múltiplos. Enquanto alguns eram voltados para animação e ilustração digital para serviços como propaganda e efeitos televisivos, necessitando de grandes máquinas para o seu funcionamento, outros buscavam trazer a interatividade para mais próximo do público, no caminho que levaria aos softwares comerciais e computadores pessoais. É neste contexto que surge a linguagem Smalltalk, parte do projeto da Xerox de lançar seu "escritório interativo do futuro". É esta a linguagem que dá origem aos ícones que, ao serem clicados, executam determinada função específica, abordagem que seria eventualmente popularizada por sistemas como o Macintosh da Apple e o Commodore Amiga (LUCENA JUNIOR, 2019)[76].

Além de ser um dos pioneiros da computação interativa, o Smalltalk também contava com uma aplicação de ilustração digital desenvolvida por Ted Kaehler (KAY, 1993) (**36**), que em sua versão de 1976 apresentava uma interface bastante similar ao MacPaint lançado pela Apple junto do Macintosh em 1984 (**37**). Entretanto, são programas como o MacPaint e o MacDraw (**38**)[77] que iniciam o processo de levar a ilustração digital para o grande público, permitindo que o usuário desenhasse e pintasse[78] em sua casa sem nenhum conhecimento em engenharia ou programação, apenas utilizando um mouse e uma interface gráfica (LUCENA JUNIOR, 2019).

As mudanças possibilitadas por esses programas interativos, com procedimentos realizados apenas com o clique de um mouse, entretanto, não eram vistas como positivas pela totalidade do universo da arte computacional, e muitos artistas e críticos destacavam o afastamento do código em nome da interface amigável como algo negativo[79].

---

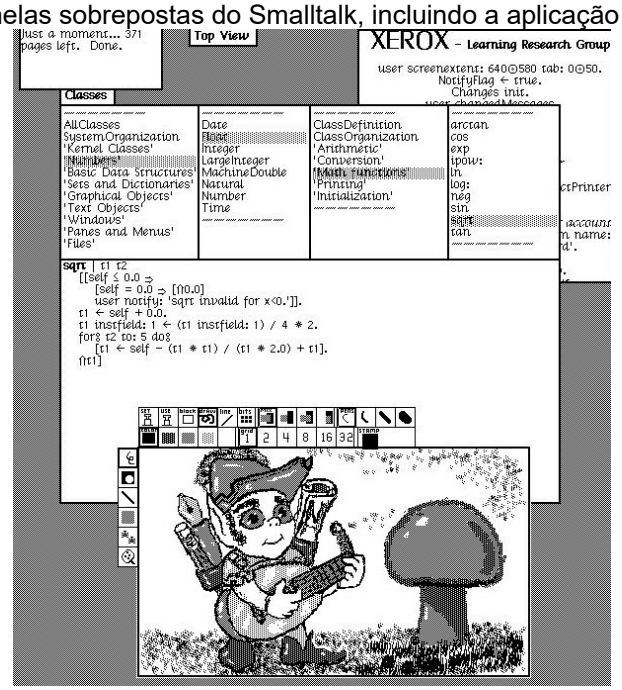
[76] A Xerox também desenvolve o primeiro sistema de pintura digital, o Superpaint, do engenheiro Richard Shoup, cujo protótipo foi apresentado em 1973 e que funcionava com caneta eletrônica e uma mesa digitalizadora (LUCENA JUNIOR, 2019). Diferentemente do Sketchpad, cujas imagens eram baseadas em gráficos vetoriais, o Superpaint era um sistema baseado em pixel, utilizando um frame buffer para garantir a agilidade de seu funcionamento. Mais detalhes sobre pixels, vetores e frame buffer no subcapítulo 3.6.

[77] A diferença do Mac Paint para o MacDraw está no seu funcionamento central: enquanto o MacPaint era baseado em gráficos de varredura (pixels), o MacDraw era vetorial. As diferenças entre esses dois modos de formação de imagem digital são discutidas mais amplamente no subcapítulo 3.6.

[78] A tela do primeiro Macintosh era em preto e branco, então a primeira versão do MacPaint não permitia que o usuário pintasse fora da escala de cinza.

[79] As linguagens de mais alto nível, entretanto, não decretaram a extinção daquelas de nível mais baixo. Na realidade, existia uma dependência decrescente entre os níveis de linguagem, de maneira que a ilustração digital é resultado da aplicação de uma linguagem mais alta que, por sua vez, depende também de uma linguagem de nível mais baixo escondida do usuário (LUCENA JUNIOR, p. 195). De certa maneira, linguagens da primeira geração como BEFLIX, EXPLOR e GRAF também dependiam

36 Interface com janelas sobrepostas do Smalltalk, incluindo a aplicação de ilustração digital.



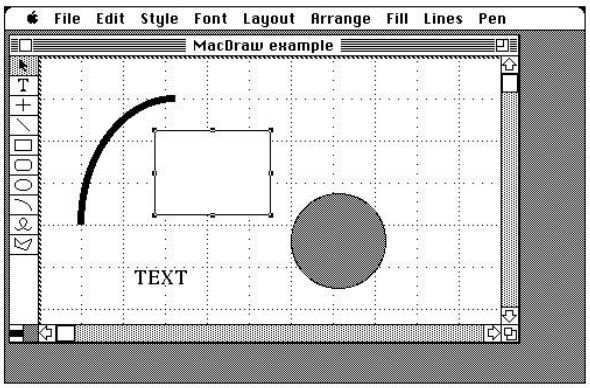
Fonte: https://www.righto.com/2017/10/the-xerox-alto-smalltalk-and-rewriting.html

37 Interface do MacPaint.



Fonte: https://computerhistory.org/blog/macpaint-and-quickdraw-source-code/

38 Interface do MacDraw.



Fonte: https://news.interstudio.eu/cad-for-mac/

---

de linguagens de mais baixo nível como FORTRAN para seu funcionamento. A diferença é que, com a chegada das interfaces gráficas, a linguagem de alto nível está ainda mais distante da linguagem de máquina que, consequentemente, torna-se praticamente inacessível ao usuário médio.

3.3. A dualidade código/banco de dados: interface interativa como caixa preta

> Com o advento, na década de 1980, do software comercial e da interface amigável, surgiu uma nova geração de artistas com pouca necessidade ou vontade de compreender a estrutura subjacente e as complexidades desconcertantes do computador. Rapidamente, os artistas puderam interagir com o computador em um nível háptico e tátil, em vez de em um nível cerebral e abstrato. (TAYLOR, 2014, p. 259-60, tradução nossa)

Com a chegada dos computadores pessoais o artista não precisava mais de um cientista para traduzir sua visão à máquina, nem mesmo ter algum conhecimento (ainda que raso) acerca de programação. As interfaces de interação humano-computador que se desenvolviam desde os anos 60, passando pelo Sketchpad de Sutherland, pelas linguagens de Citron, Knowlton e o sistema em tempo real de Csuri chegavam a um nível de intuitividade que tornava a computação mais atrativa para artistas. Entretanto, essa intuitividade introduziu uma nova problemática à arte computacional: será que, com a popularização dos programas de criação de imagens, baseados em uma lógica de seleção e variabilidade, a criação artística seria limitada pelo programa, e a estética seria pasteurizada e generalizada?

Essa questão seria discutida já nos anos oitenta por pesquisadores como Cynthia Goodman e Roger Malina. Naquele momento em que o computador pessoal era algo novo, a ruptura com a maneira anterior de criação digital parecia preocupante por aparentemente tirar a autonomia do artista e supostamente limitá-lo a apenas modificar variáveis dentro de funções e códigos pré-existentes em um software. Segundo Taylor (2014),

> Para os artistas-programadores tradicionais, o software pré-fabricado apresentava uma série de desvantagens. Artistas que trabalhavam com softwares comerciais tinham que aceitar as limitações do sistema, ajustando seu estilo às capacidades da máquina. Isso não exigia nenhuma mudança na percepção ou no método de uso do sistema e, portanto, nenhuma nova compreensão do potencial computacional. (p. 192, tradução nossa)

Durante a primeira geração de artistas computacionais, as linguagens gráficas eram criadas com os objetivos de um artista específico em mente, para sua abordagem, e dificilmente era utilizada por mais de um artista[80]. Como afirma Dietrich (1986), “As ferramentas eram úteis para os objetivos de seus inventores, mas não tinham flexibilidade e facilidade de uso suficientes para acomodar as ideias criativas

[80] A BEFLIX de Knowlton pode ser apontada como uma leve exceção, já que foi instalada em diferentes departamentos de arte e utilizadas por diferentes programadores em diferentes instituições. Ainda assim, se limitava a um modelo específico de hardware, inacessível para o público em geral (DIETRICH, 1986).

de muitos artistas diferentes" (p. 163). Além disso, o fato de as linguagens estarem diretamente ligadas a uma máquina de modelo específico dificultava sua distribuição para acesso mais amplo. No final dos anos 70, entretanto, começam a surgir linguagens "genéricas" o suficiente para serem utilizadas por múltiplos artistas, capazes de atenderem a diferentes estratégicas imagéticas que variariam de acordo com a abordagem estética desejada pelo programador/usuário. O GRASS desenvolvido por Tom DeFanti foi uma das primeiras a seguir essa lógica, assim como sua 'atualização' compatível com os microprocessadores Zilog Z80, o ZGRASS (Ibid.).

Essas linguagens prontas e interfaces interativas, entretanto, eram olhadas de maneira pejorativa por artistas e críticos de arte computacional mais tradicionais: Roger Malina afirmava que o software comercial e o hardware específico deixavam uma "assinatura" reconhecível no trabalho do artista, enquanto o esteticista e teórico da arte computacional Mihai Nadin afirmava que o software interativo e intuitivo controlava o artista através de seus parâmetros específicos, resultando em uma "arte enlatada" (TAYLOR, p. 192). Para os adeptos da filosofia do artista/programador, o código/programa/sistema, ao ser desenvolvido pelo próprio artista/programador que o utilizará para elaborar determinada obra de arte, apresenta características específicas e reconhecíveis deste artista, enquanto os softwares comerciais, desenvolvidos genericamente por alguma empresa e destinados a atenderem um público amplo, não permite o surgimento de características distintivas do artista que os utiliza e, portanto, pasteuriza a estética da arte computacional.

Para entendermos no campo conceitual essa desconfiança e crítica à chegada de softwares comerciais e computadores pessoais com interfaces intuitivas, pode ser útil voltarmo-nos para Flusser (1985) e à ideia de caixa preta. O termo é usado pelo autor tcheco para se referir a uma característica da produção de imagens técnicas (aquelas produzidas por aparelhos), discutindo especialmente a fotografia e a câmera fotográfica como paradigmáticas para quaisquer outras imagens e aparelhos desta categoria (como, por exemplo, os computadores). Enquanto nas imagens tradicionais há um agente humano (pintor, desenhista) que se coloca entre a imagem e seu significado, elaborando símbolos, transferindo-os para a mão equipada de um pincel e do pincel para a superfície da imagem; as imagens técnicas, apesar de passarem por um agente humano que opera o aparelho e alimenta-o de certo input com a intenção de chegar a um determinado output, são criadas a partir de uma relação "aparelho-operador", e portanto funcionam dentro de um jogo determinado por regras,

códigos e programas internos ao aparelho. Essas regras e programas são, geralmente, invisíveis ao operador e, portanto, o aparelho técnico torna-se uma caixa preta: seus processos internos são invisíveis àquele que o opera. O operador tem a liberdade para escolher o input que alimentará ao aparelho com o objetivo de chegar a um determinado output, mas essas escolhas são condicionadas pelos outputs possíveis dentro da programação do aparelho. Essas possibilidades podem até ser múltiplas: o programa precisa ser "rico" para que as suas potencialidades internas excedam a capacidade do humano operador de esgotá-las rapidamente (Ibid., p. 15); mas ainda assim são finitas e condicionadas pelo programa oculto por trás da caixa preta.

Assim como a fotografia, figuras e filmes computacionais são imagens técnicas, produzidas por aparelhos técnicos. Como tais, são condicionados pelas potencialidades do programa interno do computador, opaco ao operador. Trata-se de uma realidade da produção de imagens computacionais como um todo, mas, com a chegada de interfaces intuitivas e softwares comerciais, a opacidade se torna ainda maior.

Os artistas da primeira geração, ao trabalharem com o código para criar suas imagens, precisavam entender algo de programação e, portanto, precisavam entender algo do funcionamento interno do aparelho. Trabalhando com código, tornavam os processos de criação mais explícitos[81] e, consequentemente, a caixa preta menos opaca e mais translúcida. Artistas como Whitney e sua CamMachine ou Franke e suas animações realizadas no Laboratório de Pesquisa de Siemens buscavam burlar a opacidade da caixa preta, produzindo imagens que não estavam dentro do programa de seus respectivo aparelhos de trabalho (um radar antiaéreo transformado em computador analógico no caso de Whitney, e um software de escultura digital para microchips no caso de Franke). Justamente por seu pioneirismo em arte computacional, os artistas da primeira geração estavam transformando computadores de fins científicos ou bélicos em máquinas de produção de imagens estéticas, obrigando "[...] o aparelho a produzir imagem informativa que não está em seu programa" da mesma maneira que os fotógrafos experimentais fazem com a câmera fotográfica, trabalhando contra a opacidade da caixa preta ao confrontarem

[81] Códigos nada mais são que algoritmos, que nada mais são do que sequências de procedimentos que devem ser seguidos para realizar determinada tarefa. Neste caso, quem segue as ordens é o aparelho/computador.

diretamente o programa interno do aparelho (Ibid., p. 40).

Softwares intuitivos e interativos são criados justamente para que o artista não precise pensar no código, para que possa simplesmente fazer tudo aquilo que poderia fazer na produção de uma imagem tradicional, mas a partir da utilização de um aparelho técnico. Softwares comerciais genéricos são criados para que qualquer um possa utilizar computadores para criar arte de maneira intuitiva, o que no fim dos anos setenta e início dos anos oitenta torna o computador mais atrativo para artistas acostumados com a produção de imagens tradicionais como desenho em papel ou pintura em uma tela. Mas essa intuitividade e interatividade vem com o preço de uma opacidade elevada da caixa preta (computador/software). Segundo Taylor (2014), a introdução de interfaces visuais interativas marcou um ponto de inflexão na arte computacional ao incorporar mídias e processos tradicionais, permitindo que artistas atuassem com base em sua formação em artes visuais sem a necessidade de dominar programação ou formular previamente suas ideias em termos algorítmicos. Em contrapartida, esses novos artistas tinham pouca compreensão do funcionamento do computador e seus processos internos: “A interface permitiu ao artista trabalhar de forma não linear; intervindo efetivamente nos dados visuais em qualquer ponto do processo. Entretanto, os métodos de abstração do programador distanciaram o artista do resultado visual" (Ibid., p. 187).

É esta a origem da crítica feita às interfaces intuitivas e interativas pelos adeptos à filosofia do artista/programador. Artistas que entram no mundo da arte computacional já com a interatividade elevada como uma realidade material da experiência da interface digital podem ignorar o programa interno (o software) do computador de uma maneira que não era possível para artistas computacionais anteriores e, ignorando a programação interna, limitam-se a sempre trabalharem dentro do jogo estabelecido pelo programa, buscando apenas os outputs permitidos pelo software, sendo assim mais limitados em sua exploração artística do que aqueles que trabalhavam diretamente com código, desmascarando e alterando o funcionamento interno do aparelho. Parafraseando Flusser (1985, p. 15), o artista computacional da segunda geração domina o input e o output da caixa: sabe com que alimentá-la e como fazer para que ela gere imagens computacionais. Domina o aparelho sem, no entanto, saber o que se passa no interior da caixa. Pelo domínio do input e do output, este artista domina o aparelho, mas pela ignorância dos processos no interior da caixa, é por ele dominado.

Dentro deste jogo, o aparelho realiza o que o artista deseja, mas o artista só pode desejar aquilo que o aparelho é capaz de fazer: qualquer imagem produzida pelo artista deve estar dentro do programa do aparelho (FLUSSER, 2011). Compreendendo esta operação limitada dentro do jogo programado pelo software e condicionada a gerar os outputs permitidos pelo programa, entende-se a crítica de “arte enlatada” feita por Nadin e a afirmação de Malina de que o software comercial deixa uma marca reconhecível na arte desenvolvida dentro dele.

A questão do computador intuitivo e interativo como caixa preta se estende para além desta distinção e crítica geracional. Os experimentos, softwares, efeitos e códigos desenvolvidos pelos artistas da primeira geração são, com os softwares comerciais, adaptados e incorporados à programação interna do aparelho, tornando-se aperfeiçoamentos da caixa preta interativa e intuitiva. Esta é no fim das contas a intenção programada dos aparelhos técnicos, “[...] programar os homens para que lhe sirvam de feedback para o seu contínuo aperfeiçoamento" (Ibid., p. 24).

Códigos e linguagens que eram anteriormente desenvolvidos para resolver problemas específicos tornam-se genéricos o suficiente para serem manipulados, multiplicados e customizados dentro de uma programação maior. Esses códigos distintos passam a fazer parte de um banco de dados interno dos programas de criação imagética digital, prontos para serem selecionados e modificados pelo artista computacional a partir de interfaces que permitem que esses códigos sejam totalmente ignorados: o artista não vê o código que gera a forma geométrica ou efeito por ele selecionado - vê apenas o output (imagem) para o seu input (seleção de efeito, linha, forma geométrica, textura do pincel digital, movimento do estêncil de luz ou clique do mouse...), e condiciona-se a trabalhar dentro das potencialidades limitadas do programa interno da caixa preta.

3.4. Pós-modernismo: interatividade como pastiche de códigos

Com a inclusão de desenvolvimentos anteriores do mundo da arte computacional dentro do programa interno do aparelho, o que era vanguarda e experimentação torna-se software, efeitos a serem selecionados via interface interativa a partir de um banco de dados. Manovich (2003) aponta esta mudança nas novas mídias dos anos noventa ao discutir como o processo tradicional de criação “do zero” é substituído por um mais eficiente, onde objetos midiáticos são montados a partir de elementos prontos como ícones, texturas, clipes de vídeo, e trechos de

código em Javascript; mas a mesma lógica é perfeitamente aplicável ao momento anterior, do início dessa segunda geração da arte computacional, feita a partir de colagens de códigos distintos, invisíveis como processo e visíveis apenas como output, um pastiche de linhas de comandos que se combinam para gerar um objeto midiático digital, seja ele imagem estática ou em movimento.

Experimentos computacionais anteriores servem como base para os princípios de interatividade do programa, e a estética das vanguardas, sejam as dos anos 20 como apontados por Manovich ou dos experimentos computacionais de primeira geração de Whitney, Franke, Nees e outros, são transformados em parte do código por trás da caixa preta: o software adota as técnicas de vanguarda modificando-as, desenvolvendo-as ainda mais, formalizando-as em algoritmos, codificando-as em software e tornando-as mais eficientes e eficazes. Desta maneira, se a primeira geração da arte computacional dialogava com as ciências e a matemática em uma aproximação às ideias modernistas; os softwares interativos, interfaces gráficas, bancos de dados e códigos pré-estabelecidos que marcam a computação dos anos oitenta aproximam a segunda geração de arte computacional ao pós-modernismo e suas lógicas de colagem e pastiche.

Do ponto de vista estético, Fredric Jameson (1997) identifica no pós-modernismo uma ruptura decisiva em relação às premissas formais e ideológicas do modernismo. Enquanto a arte modernista se organizava em torno da autonomia da obra e da busca por inovação formal, sustentando o mito da originalidade e do progresso artístico, a arte pós-moderna caracteriza-se pela reprodutibilidade, pela citação e pela hibridização de estilos. Jameson observa que, no modernismo, o gesto artístico ainda implicava um esforço de superação do passado, de construção de uma linguagem própria. Já o pós-modernismo abandona esse ideal de ruptura: o artista passa a operar dentro de um vasto repertório de formas preexistentes, apropriando-se de signos, imagens e códigos culturais disponíveis no mercado global. O resultado é uma estética da superfície e da simultaneidade, em que o valor da obra não está na sua originalidade, mas na sua capacidade de recombinar referências culturais num jogo contínuo de citações e espelhamentos, colagens e pastiches.

Interfaces interativas e softwares comerciais permitem que o usuário desenvolva imagens a partir de colagens, não apenas no sentido tradicional de imagens prontas que são sobrepostas para criar diferentes texturas, mas colagens de códigos que podem ser recombinados e manipulados para atingir determinado

objetivo visual (output). A arte computacional da segunda geração passa a operar dentro de um universo de parâmetros pré-estabelecidos: criação torna-se um ato de seleção, combinação e recomposição que refletem mais o sistema onde a obra foi criada (a “marca reconhecível do software comercial” observada por Malina) do que o artista que cria a obra. Este elemento de colagem apenas se intensifica com a trajetória traçada pelo computador pessoal ao longo das décadas seguintes, tornando-se um objeto de convergência comunicacional e multimídia, onde vídeo, imagem e texto podem ser combinados e manipulados dentro de uma única interface integradora a partir da digitalização da informação.

Entretanto, a transição para softwares comerciais para muitos artistas não era apenas um problema estético, mas também ideológico. Tratava-se de um processo de comodificação da arte computacional, uma preocupação já apontada por Nake no início dos anos setenta (1971) e que se tornava ainda mais latente nos anos oitenta. Como reação às tendências em direção ao software comercial (como os supracitados *MacDraw* e *MacPaint*, por exemplo), certos grupos de artistas computacionais ortodoxos cunharam uma variedade de termos e movimentos enfatizando a importância da programação e da metáfora do algoritmo (TAYLOR, 2014), retornando aos princípios da primeira geração como uma resposta à comodificação das interfaces de criação artística digital.

3.5. Intercessões: Whitney, Veeder

Para além da crítica flusseriana e das discussões sobre modernismo e pós-modernismo, é importante apontar que estes pontos são mais tendências gerais sobre o aparato e o usuário do que verdades absolutas sobre todos os artistas computacionais e todo o encaminhamento futuro da computação gráfica. Cientistas ligados à primeira geração foram os responsáveis pelos desenvolvimentos tecnológicos que desaguaram na interatividade e intuitividade da segunda geração (Sutherland, Knowlton, Citron, Csuri), e artistas da primeira geração que abraçam o computador pessoal nos anos oitenta acabam, muitas vezes, seguindo linhas de abordagem estética que estão em continuidade com os desenvolvimentos algorítmicos pré interfaces interativas que já exploravam. Alguns nomes seguem explorando o código e a criação algorítmica como maneiras de burlar a caixa preta dos softwares comerciais, ou até mesmo desenvolvem programas e pacotes gráficos voltados para esta nova realidade da criação imagética virtual. Artistas/cientistas que

buscam levar a computação à verossimilhança para representar a realidade (como será discutido nos subcapítulos subsequentes) seguem unindo código e interface para atingirem seus objetivos artísticos, mostrando que as rupturas entre criação algorítmica/interação em tempo real e modernismo/pós-modernismo não são rígidas e impermeáveis, mas sim porosas.

Como já discutido no subcapítulo 2.5, um consenso acerca do benefício ou malefício da interatividade na arte computacional não estava estabelecido dentro do meio. Enquanto alguns criticavam a chegada desses softwares comerciais, apontando-os como limitadores e pasteurizadores e elogiando as explorações artísticas da primeira geração (Malina, Nadin) (3.3), outros viam na interatividade o maior potencial da arte computacional, e criticavam a arte da primeira geração de artistas como Noll e Nake por ser carente de inovações, já que poderiam ser realizadas sem a utilização de um computador (Robert E. Mueller, Gary William Smith) (TAYLOR, 2014). Alguns artistas, entretanto, transpuseram características algorítmicas da primeira geração para a interatividade da segunda geração, negando as rupturas rígidas normalmente utilizadas para descrever estes dois momentos da arte computacional.

John Whitney e o RDTD

John Whitney foi um destes artistas que se apropriou da interatividade. Os computadores pessoais dos anos oitenta parecem indicar que seu desejo por uma máquina capaz de criar tanto a animação quanto os sons em um único lugar se concretizou. Com seus chips dedicados a gráficos e síntese sonora, a "unidade bi-sensorial" tão desejada pelo artista se tornou realizável. Ainda assim, Whitney não se contentou com softwares comerciais para criar suas animações em computadores pessoais: na segunda metade da década de oitenta, colaborou com o programador Jerry Reed para desenvolver o software RDTD (Radius Differential Theta Differential), que utilizou para criar alguns dos seus últimos filmes como *Spirals* (1987-1988) e *Moon Drum* (1989-1995) (**39**) (LEVIN, 2009; MORITZ, 1997). Trabalhando na garagem de sua casa, Whitney conseguia manipular som e imagem digital em tempo real e de maneira simultânea, estabelecendo relações entre os padrões animados, cores e notas de uma maneira interativa que não era possível nas máquinas que havia utilizado anteriormente ao longo de sua carreira.

39 Fragmento de *Moon Drum* (1989-1995), de John Whitney. Disponível em https://youtu.be/UTUltkM3B8w, acesso 16 de outubro de 2025.



Fonte: https://archive.org/details/JohnWhitneyMoonDrum1991

No documentário *A Personal Search For the Complementarity of Music and Visual Art* (1992) (**40**), dirigido por seu filho Mark, John demonstra o funcionamento do programa: uma interface gráfica colorida e interativa com uma grande tela ao centro, onde a animação é reproduzida, e um menu à esquerda cheio de botões utilizados para controlar parâmetros que determinam os formatos, direções e cores de cada *keyframe*[82], assim como as notas musicais que irão acompanhá-los. Segundo John, para realizar uma animação de seis ou sete minutos são necessários entre quinhentos e oitocentos *keyframes*, que são exibidos individualmente em uma aba à direita da tela principal do programa. A animação completa pode ser reproduzida instantaneamente com o clique de um botão do mouse, e alterações podem rapidamente ser executadas e logo depois visualizadas em movimento. Trata-se de uma responsividade muito mais instantânea do que os procedimentos com cartões perfurados, algoritmos e longos tempos de processamento que caracterizaram a primeira geração da arte computacional. Considerando essa mudança na experiência criativa da arte computacional, Whitney faz comparações entre sua experiência com o software interativo e a relação sensorial mão-pincel-olho experienciada por um pintor desenvolvendo um quadro, ou a sensação tátil e direta da escultura. A visualização praticamente instantânea do resultado do processo de criação aproxima a arte computacional da segunda geração de expressões artísticas mais tradicionais e artesanais, distanciando-se das características algorítmicas e procedurais tão definitivas e importantes para a sua origem.

[82] Em animação, um *keyframe* ou quadro-chave é um desenho que define o início e o fim de uma transição entre imagens. Hoje em dia o termo se faz presente em diferentes softwares de edição de áudio e vídeo para indicar pontos de início e fim de automações de efeitos.

40 Fragmento do documentário *A Personal Search For the Complementarity of Music and Visual Art* (1992), onde John Whitney demonstra a interface do programa RDTD por ele utilizado para criar suas animações computacionais no final da década de oitenta e início dos anos noventa. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=uunwKF7AUkc, acesso 16 de outubro de 2025.



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=uunwKF7AUkc

Ainda assim, a abordagem de Whitney após adotar os computadores pessoais não se distancia tanto daquela que adotou ao longo de toda a sua carreira. Em primeiro lugar, o artista colaborou com um cientista para desenvolver um programa voltado especificamente para seus próprios propósitos – prática que nada mais é do que uma continuação da maneira que fazia seus filmes na IBM, quando Citron desenvolveu a linguagem GRAF especificamente para ele. Não adotando um software comercial para realizar suas animações, Whitney abraça “o melhor dos dois mundos” em uma intercessão entre características da primeira e segunda geração: estando envolvido diretamente no desenvolvimento do programa que irá utilizar, evita (ou ao menos reduz) a questão paradigmática da segunda geração que apresenta o computador/software interativo como uma caixa preta que fornece resultados preestabelecidos baseados em um banco de dados de códigos e efeitos predeterminados cujo funcionamento é desconhecido para o artista – os efeitos e códigos do programa RDTD foram desenvolvidos a partir dos seus próprios desejos e necessidades criativas, e serão selecionados e recombinados pelo artista de uma maneira não tão dissimilar à seleção/curadoria dos resultados visuais de códigos e algoritmos como discutido no subcapítulo 2.5.

Ao mesmo tempo, Whitney abraça o rápido processamento e intuitividade que os computadores pessoais permite, não precisando mais criar suas animações a partir de códigos digitados em um prompt de comando, selecionando valores numéricos para variáveis, ou comunicando-se com a máquina a partir do auxílio intermediário de um cientista, mas sim selecionando distintas possibilidades do banco de dados de

códigos e efeitos a partir de uma interface interativa e responsiva que permite-o revisão constante e instantânea daquilo que está sendo animado.

Relações entre imagem e música seguem sendo o foco de Whitney, mas se em filmes como *Permutations* ou *Arabesque* a trilha sonora era escolhida posteriormente à realização da animação, em suas animações da segunda geração como *Moon Drums* o elemento musical, criado em simultaneidade com as imagens, é limitado pelas capacidades reduzidas dos chips de síntese sonora do período, que reproduzem apenas ruídos, ondas senoides, dentes de serra, quadradas e triangulares, e não os sons harmonicamente mais complexos de instrumentos musicais persas ou das composições minimalistas de Terry Riley como Whitney havia utilizado na década de setenta em *Arabesque* e *Matrix III* (1972) respectivamente.

Jane Veeder e o ZGRASS

Na mesma intercessão entre abordagens de primeira e segunda geração, *Floater* de Jane Veeder também pode ser apontado como um exemplo relevante da concretização de uma "unidade bi-sensorial": o áudio foi criado em simultâneo à animação, e os sons, ao serem incorporados ao próprio programa de animação, compartilha variáveis com as imagens (YOUNGBLOOD, 1983). Em um artigo de Youngblood redigido para o Festival de Video de São Francisco de 1983, Veeder discute seu trabalho autônomo com o computador: criações artísticas, animações, instalações e códigos para pacotes gráficos do ZGRASS. Esses pacotes servem como um ambiente intermediário entre o usuário e a linguagem gráfica, e são criados para que pessoas interessadas em arte computacional possam ter acesso às ferramentas disponibilizadas pelo ZGRASS de uma maneira mais intuitiva. Veeder afirma que seus pacotes se encontram entre o usuário e o ZGRASS da mesma maneira que o ZGRASS se encontra entre ela e o código assembler: com este pacote, a mediação entre artista e arte se dá através de um código simplificado e inacessível para o usuário.

O caso de Veeder indica que algumas das questões existentes na primeira geração de artistas computacionais não mudaram tanto assim: ela ainda dialoga diretamente com o código, compreendendo como alterá-lo e sendo capacitada para criar pacotes e programas. Ela segue sendo um programadora, agora sem o auxílio de um cientista, mas ainda dialogando diretamente com o código que irá concretizar na tela o processo criativo. A diferença é que esses programas se tornam mais

acessíveis para iniciantes, que podem simplesmente usufruir da criação computacional através de pacotes gráficos intuitivos, esses sim, que podem limitar a criação artística dentro do computador. Um conhecimento de código ainda parece ser essencial para se desfazer das amarras das interfaces de uso. O fluxo de informação de um artista com conhecimento em código, ao obter acesso aos computadores pessoais, se torna ARTISTA => CÓDIGO => COMPUTADOR, enquanto para aqueles que não possuem domínio sobre o código este fluxo é ARTISTA => PACOTE (INTERFACE) => CÓDIGO => COMPUTADOR. O artista que tem algum domínio sobre lógica algorítmica e computacional consegue entender o funcionamento do software por trás das cortinas e alterá-lo caso seja necessário; enquanto aquele que conhece apenas o pacote gráfico fica limitado pela opacidade da tecnologia, que segue oculta atrás da caixa preta.

O pacote, ou interface gráfica, pode ser compreendido como um substituto simplificado do cientista presente na lógica da primeira geração de arte computacional. Agora, qualquer um com um computador pode ter seu próprio ‘cientista pessoal’ traduzindo suas ideias em código para ser interpretado pelo computador, clicando em botões e navegando por menus de texturas e efeitos. Esse novo esquema cria uma dinâmica distinta daquela empregada pelos artistas da primeira geração. Em primeiro lugar, há uma sensação de contato direto do artista com o processo de criação, em oposição à cadeia hierárquica de transmissão da mensagem que sempre precisa ser filtrada e codificada pelo cientista antes de ser passada para a máquina. Além disso, com as interfaces gráficas, o artista tem retorno quase instantâneo da imagem que está manipulando. Esse contato direto, combinado com feedback imediato, cria a sensação de maior experimentação e incerteza no processo criativo. Se os artistas da primeira geração precisavam aguardar o processamento demorado dos computadores antes de ter um feedback visual, a segunda geração, com feedback instantâneo, pode trabalhar em cima do improviso e da intuição de maneira imediata.

Ao mesmo tempo, ao afastarem-se do código, artistas que contam apenas com programas comerciais de criação e manipulação de imagens são limitados a realizar efeitos e códigos preestabelecidos pelo banco de dados do software – a interação em tempo real traz uma noção de liberdade, mas ao mesmo tempo o artista é condicionado a utilizar como ferramenta ou microunidades de sua composição visual apenas aquilo que é permitido pelo programa.

3.6. Dos vetores aos pixels: modificações gerais do tecido básico da imagem computacional

Ao longo da década de setenta ocorre uma mudança central na computação: a transição dos gráficos vetoriais, com sua configuração linear/contínua; para a baseada em pixels, discreta e matricial (LUCENA JUNIOR, 2019; TAYLOR, 2014). A distinção entre as duas formas de exibição de imagens está na maneira que as figuras são geradas na tela: enquanto no equipamento de varredura o feixe de elétrons mapeia a tela por completo antes de produzi-las, no vetorial o feixe apenas traça as linhas (vetores) necessárias para cria-las, como se fosse uma caneta (razão pela qual o método é também conhecido como 'caligráfico') (LUCENA JUNIOR, 2019).

Apesar de a tecnologia de varredura para representação de gráficos no formato matricial já ser empregada em casos pontuais na década de 1960, seu uso era bastante limitado devido ao elevado custo da memória requerida pelo equipamento, e seu crescimento no universo da computação se daria apenas a partir da década de setenta (Ibid.). Em paralelo ao desenvolvimento da tecnologia, antecedentes da estética “pixelada” podem ser apontados nos trabalhos realizados por Ken Knowlton no Bell Labs ao longo da década de sessenta, como seu *Studies in Perception* e a linguagem BEFLIX. Segundo Patterson, o trabalho do programador

> [...] parece mostrar a transição do ponto para o quadrado que caracterizou as primeiras telas de computador com bitmap. Knowlton chamou seu trabalho de uma invenção independente do pixel [...]. Embora a imagem original de Deborah Hay [*Studies in Perception I*] tenha sido amostrada como “pontos” pelo scanner de pontos voadores, ela é exibida como pequenos quadrados produzidos pela tela Charactron. A BEFLIX imaginou o que era essencialmente uma grade de falsos pixels antes que o mapeamento de bits se tornasse uma prática comum, encenando nesse processo a tensão entre duas diferentes conceitualizações do pixel — como ponto e como quadrado. (PATTERSON, p. 62, tradução nossa)

Na década de 1970 coexistiam as duas vertentes na computação gráfica: a vetorial linear e a vertente emergente de gráficos bitmap (varredura/pixels). Segundo a autora, os caracteres em blocos da série *Poemfields* desenvolvida por Knowlton e VanDerBeek nos anos sessenta já apontavam para a tela bitmap que dominaria a computação gráfica do futuro emergente.

Fora da computação, a tecnologia de varredura já existia, sendo a base para a formação de imagens nos aparelhos de televisão. Entretanto, como o nascimento da computação gráfica se deu em estreita relação com sistemas militares de defesa aérea, cujas telas de radares utilizavam osciloscópios, os sistemas vetoriais

determinaram a base tecnológica para os primeiros dispositivos de vídeo usados em computação (LUCENA JUNIOR, 2019). Além disso, a performance elevada em termos de rapidez e resposta do equipamento vetorial, fundamental para sistemas de desenho interativo, assegurou o predomínio dessa tecnologia de exibição por certo tempo dentro do universo da computação gráfica (Ibid.).

Apesar de sua associação com o universo digital, a palavra *pixel* não tem suas origens no universo dos computadores. Ela é derivada do termo *picture element*, apresentado pela primeira vez na revista *Wireless World* em 1927 por Alfred Dinsdale em seu texto *Television Demonstration in America*, referindo-se ao "mosaico de pontos" que compõem a tela de uma televisão. Diversos autores utilizariam o termo ao longo dos anos vinte e trinta para referir-se a elementos da imagem televisiva, mas ele cairia em desuso pelo fato de a televisão na realidade ser formada por linhas de varredura e não elementos discretos (LYON, 2006).

Nos anos sessenta, *pixel* aparece em diferentes publicações discutindo técnicas de imagem digital e video. Trata-se, justamente, de uma aglutinação dos termos *pix* (picture) e *el*(ement). Nos anos setenta, a utilização do termo cresceria exponencialmente, sendo propagado especialmente por pesquisadores de processamento de imagens, até ser amplamente adotado nos anos oitenta (Ibid.).

Segundo Lucena Junior (2019, p. 163), as origens da lógica do pixel podem ser encontradas antes mesmo das tecnologias eletrônicas, em procedimentos surgidos na Grécia antiga, no sistema dos mosaicos e na renda. Este último é apontado pelo autor como particularmente importante, tanto por sua “[...] forma de apresentação (matriz) quanto na questão do registro da informação (memória) [...]”:

> Nessa mídia, um motivo decorativo qualquer é configurado numa trama de quadradinhos (como pixels num monitor de computador), em que uns se presentam marcados (definindo a figura) e outros não (definindo o fundo). Esse padrão, gravado numa tira de papel, servirá de guia para sempre que se desejar obter uma peça de renda com o desenho ali registrado. Para tanto, as linhas com as quais se tece a renda são manipuladas seguindo o padrão gravado, o que se consegue com o auxílio de agulhas fixadas nos locais marcados que definem a figura. Essa é a origem do outrora imprescindível cartão perfurado, que viabilizou o computador e foi usado até a década de oitenta [...]. (LUCENA JUNIOR, p. 163)

No sistema de pixels, os pontos na tela do computador, responsáveis pela resolução da imagem, são justamente pequenos quadradinhos que formam um mosaico. E, de maneira similar à configuração da imagem na matriz da renda, as células de imagem na tela do computador são 'pintadas' individualmente para produzir uma figura.

Para o pesquisador Andries van Dam, o vetorial e a varredura teriam naturezas expressivas distintas: o primeiro traça linhas de maneira análoga a um desenhista técnico, e suas qualidades residem em sua completa neutralidade expressiva. Já o segundo, em uma afirmação similar à de Lillian Schwartz, seria como a versão eletrônica da técnica pontilista desenvolvida pelo pintor impressionista francês Georges Seurat, no século XIX (VAN DAM, 1984, apud LUCENA JUNIOR, 2019)[83].

Para que a tecnologia de varredura fosse implementada na computação gráfica, vários desenvolvimentos tecnológicos foram necessários. Um deles foi a miniaturização de circuitos transistorizados, de extrema importância para gráficos interativos, em especial por questões de memória e processamento da máquina. A Intel é extremamente relevante para este desenvolvimento, lançando chips e microprocessadores na primeira metade da década de setenta que vão, eventualmente, permitir o advento do microcomputador. A aceleração da performance dos microcomputadores, por sua vez, vai desencadear em memórias de maior capacidade e preços mais acessíveis, possibilitando o desenvolvimento do frame buffer, que por sua vez viabilizará o desenvolvimento de computadores pessoais no final da década de setenta (LUCENA JUNIOR, 2019).

O frame buffer nada mais é que uma memória especializada com função de armazenamento temporário dos dados visuais, organizados na forma de uma matriz de pixels. Ele possibilita o armazenamento e manipulação de imagens em alta velocidade e, portanto, ilustração e pintura digital interativa, sem a necessidade de cartões perfurados. É o frame buffer que permite a popularização de terminais de vídeo de varredura, além da utilização do mouse (Ibid.). A partir de então, novas técnicas de representação gráfica começam a se desenvolver no universo da computação.

3.7. Fotorrealismo e representação: tridimensionalidade, fractais e simulações de fluidos e terrenos

A mudança da computação em direção ao sistema de varredura se dá principalmente por conta de uma busca por representar a realidade. Enquanto dispositivos de vídeo vetorial como o Sketchpad e o Genesys permitiam a visualização

[83] Tal generalização acerca da inexpressividade dos gráficos vetoriais pode ser questionada se considerarmos, por exemplo, os primeiros trabalhos de John Whitney na IBM, onde utiliza o modo caligráfico de maneira expressiva para criar sensação de movimento e harmonia.

de objetos e sua manipulação em tempo real, eles não reproduziam elemento de textura como cor, luz e rugosidade (LUCENA JUNIOR, 2019). Com a invenção dos frame buffers, imagens baseadas em pixels podiam ser geradas e manipuladas em alta velocidade, possibilitando ainda mais pesquisas que levaram a computação rumo ao fotorrealismo e à representação de fenômenos reais, desencadeando em desenvolvimentos no campo da modelagem tridimensional, iluminação virtual e simulações de superfícies complexas.

No início da década de setenta o futuro presidente da Pixar Ed Catmull desenvolve o z-buffer na Universidade de Utah. É uma maneira do computador entender, dentro de um espaço virtual tridimensional, quais fragmentos devem ser exibidos ou não, de acordo com valores de profundidade que indicam o quão perto cada pixel de determinada figura está da câmera virtual. Caso um pixel y esteja atrás de um pixel x a partir da perspectiva da câmera digital, tal pixel ficará oculto. Assim, formas complexas podem ser sobrepostas pelo computador de maneira eficiente, facilitando a manipulação de gráficos tridimensionais em tempo real.

Na mesma década os principais métodos de modelagem 3D são aperfeiçoados ou desenvolvidos, e que são aplicados até hoje em diferentes softwares. A modelagem por primitivas geométricas oferece formas básicas, como cubos, cones e círculos, que podem ser manipuladas diretamente pelo mouse e teclado. A por geometria sólida construtiva baseia-se em operações booleanas (união, interseção e diferença) que possibilitam composições mais elaboradas, como perfurar um cubo com uma forma circular. A modelagem por derivação utiliza o deslocamento de formas bidimensionais que, ao serem estendidas, geram volumes tridimensionais, enquanto a superfície de revolução funciona de modo análogo a um torno mecânico, girando um perfil 2D em torno de um eixo para produzir sólidos ou formas vazadas, curvas ou facetadas. A seção transversa serial, por sua vez, é uma variação da extrusão que abandona a simetria, permitindo a criação de formas mais orgânicas. Por fim, a modelagem por procedimento pressupõe que a geometria pode ser gerada por processos dinâmicos e não lineares: o objeto não é definido explicitamente, mas descrito por um conjunto de regras ou parâmetros que podem ser alterados a qualquer momento (Ibid.).

Pesquisas no campo da representação da luz de também são elaboradas, com as técnicas de Henri Gouraud e Bui Thong Phong sendo os principais exemplos. O modelo de Gouraud é o primeiro a apresentar uma superfície suavemente iluminada com eficiência computacional. Seu resultado é uma iluminação difusa, refletindo a luz

de maneira uniforme e resultando em um objeto opaco. Por sua vez, o método de Phong incorpora o elemento da reflexão no sombreamento, resultando em um objeto com brilho pontual (Ibid.). O método de traçado de raios (raytracing), entretanto, iria se mostrar o mais adequado para simular efeitos de brilho e transmissão de luz entre superfícies de modelos tridimensionais, mas seu alto custo computacional restringiu seu uso às ciências e a uma única empresa por toda a década de sessenta.

Fundada por Philip Mittleman, a MAGI (Mathematical Applications Group Inc.) havia desenvolvido a técnica de raytracing para atender ao mercado de energia nuclear, como o objetivo de registrar o traçado de raios de partículas atômicas em torno do espaço. Eventualmente, Mittleman perceberia que o sistema poderia ser usado para a geração de imagens caso ao invés de partículas ele registrasse o traçado de raios da luz (Ibid.). Com o intuito de explorar o mercado audiovisual, a companhia desenvolve o sistema Synthavision, que permitia a criação de objetos tridimensionais e sombreados dentro de um computador, que poderiam então executar uma infinidade de movimentos complexos que seriam capturados em filme ou fita (ELIN, 1976).

Incorporando as técnicas de modelagem mencionadas anteriormente, o sistema permitia a combinação de formas geométricas simples, já salvas na memória do computador, para a partir de então criar objetos mais complexos baseados em adições e subtrações. No sistema, o animador modela de maneira muito semelhante a um escultor, mas com a adicional flexibilidade de poder fazer com que seu objeto se mova, gire ou aumente de tamanho em um determinado número de quadros através de comandos de teclado. A câmera virtual também podia ser movida ou rotacionada, e o computador calculava a aparência do objeto em cada quadros da animação e gravava as informações em fita magnética (Ibid.).

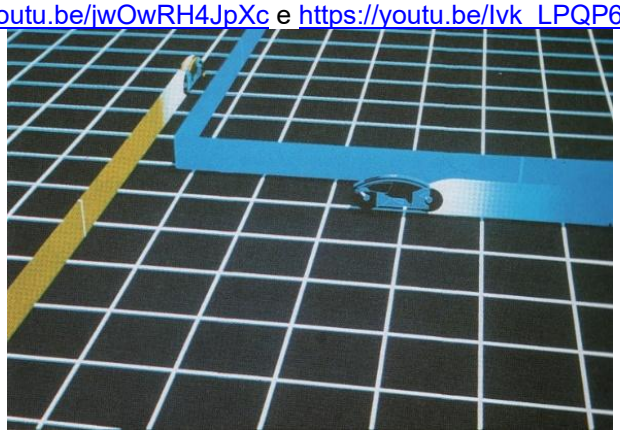
Em 1976 Larry Elin, responsável pela divisão de filme e televisão da MAGI, descreve o funcionamento do Synthavision da seguinte maneira:

> [...] variáveis são determinadas primeiramente pelo animador e, em seguida, digitadas em um formato específico, muito fácil de usar, projetado expressamente para o Synthavision. Com base nessas informações, o computador IBM 360/65 realiza cálculos extensivos para determinar a aparência do objeto em cada quadro do filme. Ele gera, em formato digital, as descrições matemáticas dos objetos, quadro a quadro, em fita magnética. A fita é então conectada a um minicomputador, cuja função é ler a fita e gerar as informações gradualmente — um quadro por vez. Os componentes eletrônicos de uma máquina de exibição gráfica convertem as informações digitais em formato analógico. Esse sinal é então exibido em um tubo de raios catódicos (CRT), de onde é capturado por câmeras de animação convencionais. Pode parecer um processo longo e demorado, mas na

> verdade é bastante rápido, embora não seja em tempo real. Um animador de computador poderia produzir um filme de um minuto em cerca de um terço do tempo necessário para um animador manual. (p. 110, tradução nossa)

O resultado visual, combinado com a velocidade do sistema, levaria a companhia a desenvolver diversos comerciais televisivos, além de integrar o time responsável pelos efeitos digitais do filme *Tron* no início dos anos oitenta (**41**) (Ibid.).

41 Light Cycles criados no MAGI Synthavision para *Tron* (1982). Cena disponível em https://www.youtube.com/watch?v=cFuRPMjYKhs, acesso 08/01/2026. Outros usos do Synthavision disponíveis em https://youtu.be/jwOwRH4JpXc e https://youtu.be/Ivk_LPQP6Ag, acesso 02/02/2026.



Fonte: https://history.siggraph.org/artwork/magi-synthavision-tron-light-cycles-and-tanks/

Novamente na Universidade de Utah, algoritmos de mapeamento de texturas em objetos tridimensionais são desenvolvidos, permitindo simular rugosidade (bump mapping), a reflexão de ambientes ao redor de determinado objeto (environment mapping) e efeitos de substâncias nebulosas (particle scattering) (Ibid.). A Universidade é particularmente relevante para este momento da computação gráfica, desenvolvendo no início dos anos setenta diversas das pesquisas voltadas para modelagem e representação tridimensional basilares para procedimentos ainda aplicados nos dias de hoje. Dois trabalhos animados lá desenvolvidos são de particular destaque: *A Computer Animated Hand* (1972) e *Computer Animated Faces* (1972-1974).

O primeiro filme, criado por Catmull e Fred Parke, foi concebido não com propósitos artísticos, mas como parte de um projeto de pesquisa científica cujo objetivo principal era desenvolver e documentar um processo e um programa de animação que abordassem questões relativas à renderização de objetos complexos, como as superfícies curvas que, futuramente, seriam tema central da tese de doutorado de Catmull em 1974 (UTTERSON, 2011). A criação do filme ofereceu aos cientistas uma maneira de demonstrar visualmente sua pesquisa, com outros objetos de estudo como a animação de uma válvula cardíaca artificial e uma série de rostos

(Ibid.).

Em um artigo discutindo a produção da animação, Catmull destaca o fato de, apesar de filmes de computadores serem realizados há vários anos, a maioria consistia em desenhos lineares (vetoriais) por conta das dificuldades tecnológicas de gerar imagens em meio-tom[84], exibidas em tela a partir do sistema de varredura. O artigo explica os métodos usados para resolver os problemas de representação e manipulação de objetos e movimento simultâneo:

> O problema mais básico com imagens em meio-tom era decidir qual superfície estava na frente e, portanto, deveria ser pintada no visor. Vários algoritmos foram desenvolvidos para diferentes classes de superfícies. A maioria era bastante demorada. Recentemente, surgiram algoritmos rápidos de superfície oculta para superfícies compostas por polígonos. A pesquisa usa o algoritmo de Watkins, pois ele foi implementado em hardware e é notavelmente rápido. Uma das objeções a esses algoritmos é que todas as superfícies devem ser compostas por polígonos. Esta é uma restrição severa para superfícies curvas, como esferas ou pele. Felizmente, Henri Gouraud desenvolveu um método, chamado sombreamento suave, para fazer com que superfícies poligonais pareçam curvas. Com esses desenvolvimentos, tornou-se viável gerar filmes de meio-tom úteis com o computador. (CATMULL, 1972, tradução nossa)

Computer Animated Faces foi desenvolvido por Parke para demonstrar possíveis técnicas computacionais para a criação de rostos humanos expressivos dentro de um computador. Os dados tridimensionais utilizados para descrever as expressões faciais foram obtidos por meio de pares de fotografias, e o modelo virtual consistia em 250 polígonos com 400 vértices. Partindo do modelo, Parke aplica técnicas de sombreamento e *keyframe* para dar um acabamento mais realista ao rosto humano e suas expressões (PARKE, 1972).

Em 1976, fragmentos de *Computer Animated Hand* seriam incluídos em uma cena de *Futureworld*, que se tornou o primeiro filme comercial a incluir imagens geradas por computação 3D (SITO, 2013). Dirigido por Richard T. Heffon, a ficção científica era uma sequência de *Westworld* (1973) de Michael Crichton, que já havia deixado uma marca na história da computação gráfica por ser o primeiro a incluir imagens processadas digitalmente[85]. Para representar a visão do ciborgue pistoleiro interpretado por Yul Brynner a MGM contratou a empresa Triple-I, fundada por Ed Fredkin e que contava com Gary Demos e John Whitney Jr. na divisão de efeitos

[84] Meio-tom é uma técnica reprográfica que simula imagens de tons contínuos através do uso de pontos, variando em tamanho ou espaçamento, gerando assim um efeito semelhante a um gradiente – é utilizada na impressão de jornais e revistas, e no mundo da computação, apenas possível a partir de gráficos de varredura.

[85] É válido lembrar que os gráficos de *Um Corpo que Cai* criados por John Whitney e as animações de Scanimate eram geradas em computadores analógicos, não digitais.

visuais (Ibid.). Após a falência da empresa em 1983 por conta do fracasso de bilheteria de *Tron*, Whitney Jr. e Demos fundariam a Digital Productions, que produz os efeitos computacionais do filme *The Last Starfighter* (1984) – o primeiro cujos efeitos de naves espaciais foram feitos totalmente em computadores (LUCENA JUNIOR, 2019; SITO, 2013). Antes da falência da Triple-I, entretanto, Demos e Whitney Jr. trabalharam nos efeitos de outra ficção científica de Crichton, *Looker* (1981). Nele, a empresa desenvolveu o scan computadorizado da personagem interpretada por Susan Dey, a primeira animação de personagem em CG feita para um longa-metragem - uma imagem raster que tinha pele e iluminação de superfície buscando realismo, e não apenas uma estrutura esquemática de wireframe (SITO, 2013).

O parágrafo acima pode aparentar como um desvio na narrativa construída até então, que busca focar em curtas e filmes experimentais. Entretanto, a incorporação da computação gráfica em filmes comerciais de longa-metragem indicam uma tendência geral da computação no momento imediato após os desenvolvimentos tridimensionais: com as novas técnicas de modelagem e texturas a computação gráfica chegava a um nível de verossimilhança muito maior do que anteriormente possível, mas isso não significa que ela se prenderia a reproduzir apenas a realidade visível imediata.

Se nos filmes comerciais a computação gráfica era utilizada no contexto da ficção científica, comumente representando ela mesma em um contexto de tecnologias futuristas, certos curtas-metragens feitos exclusivamente em computadores vão criar universos futuristas ou fantásticos como o espaço sideral ou mundos alienígenas. Segundo Taylor,

> [...] os sistemas de modelagem e renderização tridimensionais deram origem a um novo gênero de imagens computadorizadas futuristas, baseadas nos temas científicos populares da época, principalmente viagens e exploração espacial. As formas lineares rudimentares das décadas de 1960 e 1970, que refletiam a abstração modernista de linhas nítidas, deram lugar a imagens totalmente novas, complexas e extremamente vibrantes. Essas imagens sintéticas, místicas e imaginativas como eram, tornaram-se emblemáticas da nova era da computação. Esse tipo de imagem gerada por computador adornava as inúmeras publicações de computação gráfica da época. No geral, as imagens eram futuristas — desde imagens galácticas do espaço até os designs de produtos mais recentes — e representavam o futuro como nenhuma outra forma de representação. (TAYLOR, p. 159, tradução nossa)

Um dos pesquisadores pioneiros em mapeamento de texturas, James Blinn, aplicou as novas técnicas de modelagem tridimensional no seu trabalho no Jet Propulsion Laboratory (JPL) da NASA (TAYLOR, 2014), criando animações

computadorizadas rasterizadas utilizando os supercomputadores da gigante espacial. As mais populares foram simulações da sonda espacial Voyager 2, desenvolvidas entre 1978 e 1979, e que visavam representar a missão de exploração espacial da sonda de maneira realista: esferas modeladas no computador eram mapeadas com texturas dos planetas reais, obtidas a partir de fotografias de radiotelescópio da sonda, criando assim uma simulação tridimensional do trajeto da Voyager 2 pelo espaço sideral (LUCENA JUNIOR, 2019).

Seguindo o caminho da ficção científica, David Em é outro artista que utilizava o computador para criar mundos tridimensionais fantásticos. Utilizando as mais novas técnicas de renderização e modelagem, Em adotava o fotorrealismo sintético para criar cenários espaciais, e era fortemente influenciado pelos projetos de Blinn na JPL que tinham o intuito de “visualizar fenômenos espaciais invisíveis aos olhos humanos” (TAYLOR, p. 160). Melvin Prueitt, assim como Em, é outro artista que utilizou as mais recentes técnicas de modelagem e texturização da computação gráfica para criar “paisagens estranhas, imaginativas e surreais” (Ibid., p. 161). Segundo Taylor, tanto Prueitt quanto Em respondiam às fantasias tecnocientíficas da época, onde o computador era evocado como um instrumento que auxilia o artista a imaginar mundos misteriosos e cenários futuros.

Na segunda metade da década de setenta, o New York Institute of Technology (NYIT) assume a liderança na pesquisa em computação gráfica nos EUA. Lá, Alvy Ray Smith desenvolve técnicas para aplicação de cor na computação gráfica, ampliando a profundidade de cores dos pixels para 24 bits, criando o algoritmo que permite a fusão de cores diferentes na tela e incorporando a transparência ao processo de colorização digital. A transparência dava mais naturalidade ao traço desenhado em uma mesa digitalizadora, variando de acordo com a intensidade da pressão exercida na caneta eletrônica. Além disso, propôs ao lado de Ed Catmull a criação de um canal alfa, indicando opacidade, no sistema digital de cores RGB (red, green, blue) tornando-se então RGBA (Ibid.).

Em 1979 Smith colabora com Ed Emshwiller no desenvolvimento do curta *Sunstone*. Diferente do trabalho de Catmull e Parke na Universidade de Utah, *Sunstone* era um filme que utilizava a computação gráfica com intenções artísticas, e não científicas. Emshwiller, artista que quando jovem estava ligado ao movimento do expressionismo abstrato, decidira usar sua nova bolsa Guggenheim para fazer um filme de computação gráfica no NYIT (SITO, 2013). O resultado de pouco mais de três

minutos combina vídeo e modelagem digital 3D, onde o terceiro olho da titular “Sunstone” se abre até que um cubo começa a rotacionar, revelando diferentes texturas em cada uma de suas faces.

Em 1975 o cientista da IBM Benoit Mandelbrot cunha o termo fractal, partindo de conceitos que já haviam sido explorados por matemáticos do século XIX como Helge von Koch, Gaston Julia e Pierre Fatou. Entretanto, Mandelbrot beneficia-se da tecnologia computacional para criar a recursividade das imagens fractais, resultados de um loop matemático de uma equação que se retroalimenta ao infinito (LUCENA JUNIOR, 2019; TAYLOR, 2014). O filme *Vol Libre*, desenvolvido pela animadora e cientista Loren Carpenter para a Boeing em 1980 é exemplar no uso da técnica. O curta mostra a câmera digital em voo sobre montanhas virtuais que utilizam fractais para representar sua complexa superfície. Representação de terrenos como montanhas e encostas torna-se um dos principais usos da técnica fractal dentro da computação gráfica.

A década de oitenta é marcada por desenvolvimentos de algoritmos capazes de simular propriedades complexas de fenômenos naturais. Técnicas como metaballs, cinemática inversa e métodos baseados em simulação física contribuíram para afastar a computação gráfica da estética digital mecânica que marcou as décadas de 1960 e 1970.

A técnica metaballs foi desenvolvida em simultâneo no Japão e EUA por Koichi Ohimura e James Blinn, e tratava-se de uma proposta criativa para o problema da limitação a formas regulares na modelagem 3D: o artista podia descrever objetos de formas curvas mais complicadas, além de obter um modelo final com arquivo de dados reduzido. Apesar disso, seu uso era limitado a formas arredondadas. Já a cinemática inversa seria introduzida em 1985 por Michael Girard e Anthony Maciejewski, vindo aprimorar a habilidade de controlar figuras articuladas dentro do contexto da animação 3D (LUCENA JUNIOR, 2019).

O sistema de partículas, desenvolvido por William Reeves na Lucasfilm no começo dos anos oitenta, foi desenvolvido para modelar coisas e fenômenos da natureza cuja forma muda constantemente através do tempo: fumaça, água, fogo, vapor - coisas de aparência amorfa. O sistema não era inteiramente novo, com aplicações anteriores estando presente na modelagem de fumaça realizada por Roger Wilson na OSU durante a década de 1970 e na criação de estrelas e morte da galáxia na série *Cosmos* de Carl Sagan (realizadas por Alvy Ray Smith e James Blinn - que

em 1982 publicaria um artigo descrevendo a simulação de partículas para criar nevoeiros). O diferencial, entretanto, estava no controle estocástico e na aplicação de dinâmica às partículas, que "[...] efetivamente veio resolver o problema da modelagem de fenômenos visuais de difícil formalização" (Ibid.).

Em 1988, o cientista/artista Karl Sims desenvolve o curta *Particle Dreams*, explorando visualmente o sistema de partículas. Em *Panspermia* (1990), por sua vez, Sims utiliza as técnicas de simulação de crescimento e algoritmo genético que já vinha explorando em suas pesquisas. Também na linha de pesquisa evolutiva, William Latham colabora com o programador Stephen Todd em *Mutation Y/2nd Variant* (1992), onde utilizam fractais, simulação de crescimento e algoritmos genéticos para criar seres alienígenas "de conotação surrealista" (Ibid.). O artista japonês Yoichiro Kawaguchi, por sua vez, combina algoritmos de simulação de crescimento com a técnica de metaballs para realizar filmes como *Growth: Mysterious Galaxy* (1982), onde vemos "[...] formas orgânicas esferoides submetidas a mutações contínuas numa espécie de regurgitação de padrões regulares que se combinam em formas de grande beleza" (Ibid., p. 419).

Filmes como os de Kawaguchi, Latham e Sims exemplificam a tendência ao fantástico que dominou parte da computação gráfica dos anos oitenta, buscando representar paisagens e seres de outros mundos. São filmes com um caráter observacional, onde o espectador observa uma paisagem cibernética, os movimentos de determinada criatura ou simulações de fenômenos da natureza sem preocupação com personagens ou narrativas. Filmes computacionais do período não conectados à representação futurista também apresentam este caráter observacional: o já mencionado *Vol Libre,* com a exploração visual de uma montanha; ou o curta *Carla's Island* (1981), de Nelson Max, com sua simulação de fluidos, das marés e das diferentes maneiras que a luz do sol se propaga e reflete ao longo do dia, iluminando e sombreando as duas ilhas digitais que compõem o enquadramento estático que toma a maior parte do filme; são nada mais que janelas para observar um lugar, um espaço, um ambiente e sua simulação de fenômenos "naturais".

Este caráter de exploração espacial (em especial navegável) é apontado por Manovich como uma característica das novas mídias, mas é um elemento também visto em certos filmes computacionais como os mencionados acima. À medida que a máquina se torna capaz de representar a realidade tridimensionalmente, diferentes filmes se propõem a navegar pelo espaço virtual criado dentro de um computador. Em

alguns casos, como o precoce *City-Scape* (1968) de Peter Kamnitzer[86] (YOUNGBLOOD, 2018), a navegação era interativa, antecipando de certa maneira a visão de jogos em primeira pessoa dos anos 90 como *Doom* e *Myst*. Em outros casos, como *Vol Libre*, a câmera virtual captura um trajeto fixo dentro do mundo computadorizado, uma jornada "sem objetivo, sem propósito, sem narrativa" (Manovich, 2001, p. 249), preocupada apenas com a exploração espacial do ambiente virtual.

Esses filmes não interativos, que têm como objetivo capturar o movimento no espaço e/ou mostrar lugares e paisagens (ainda que dentro de uma simulação tridimensional) se assemelham a experiências do primeiro cinema como, por exemplo, os filmes de viagens e a estética de "vistas" (*'view' aesthetics*) apontada por Gunning (2016) como comum entre 1906 e o início da Primeira Guerra. Os filmes de "viagens fantasmas", gênero dentro desta estética de vistas, e que consistiam em cenas gravadas em veículos em movimento como trens, carros ou barcos percorrendo uma paisagem ou ambientes urbanos, evidenciavam o "[...] o horizonte visual em constante transformação, a sensação de um olhar percorrendo o espaço, destacando claramente o ato de ver tanto quanto a cena a ser vista" (Ibid., p. 57) – descrição bastante apta para os passeios digitais de *Vol Libre* ou a passagem do tempo e movimento das ondas em *Carla's Island*.

Diferente das vistas do primeiro cinema, entretanto, as vistas computacionais exploravam paisagens sintéticas, simulações de ambientes construídos artificialmente a partir de modelos que emulavam fenômenos do mundo real. Não se trata aqui de capturar lugares e eventos que existiriam independente da câmera (Ibid.), mas uma abordagem similar para capturar realidades simuladas. Discutindo os primeiros anos da arte computacional, Noll afirmava que a distinção entre arte e tecnologia era bastante difusa, e que a aplicação artística era frequentemente utilizada como motivadora para o desenvolvimento de software e tecnologia (2016). Nos anos oitenta, o desenvolvimento de alguns filmes computacionais ainda dialogava com esta lógica: *Vol Libre* foi patrocinado pela *Boeing*, e tinha o intuito de demonstrar os algoritmos de renderização de fractais desenvolvidos por Carpenter (LUCENA JUNIOR, 2019;

[86] Trata-se de um projeto desenvolvido em colaboração com a General Electric e a NASA, e que utilizou um sistema de computador em tempo real de US$ 2 milhões (NASA II) para gerar uma paisagem urbana totalmente modelada por computador, feita a partir de equações matemáticas codificadas, e que oferecia seis graus de movimento e navegação dinâmica em um ambiente virtual (Youngblood, 2018).

NORMAN, 2023); *Carla's Island*, por sua vez, foi criado para demonstrar os modelos de procedimentos vetoriais para a representação de terrenos naturais desenvolvidos por Nelson Max no Lawrence Livermore National Laboratory (MAX, 1981).

Apesar do crescente foco em uma busca pela representação ao longo dos anos oitenta, parte dos pesquisadores e artistas ainda olhavam para a computação como um meio propício para explorar a arte não-figurativa, abstrata, relacionando som e imagem como na tradição da música visual. Artigos como *Visual Music: Searching for an Aesthetic*, de Tom DeWitt (1987), *Perceptual Correspondences of Abstract Animation and Synthetic Sound*, de Adriano Abbado (1988), *Towards a Dynamic, Generative Computer Art*, de Henry R. Clauser (1988) e *Orphics: Computer Graphics and the Shaping of Time with Color* de Edward Zajec (1988); e filmes/instalações como *Aquarelles* de Tom DeWitt (1980), os *Chromas* de Edward Zajec (1984-1988) e *NLOOPS* de Vibeke Sorensen (1989), mostram que a segunda geração de arte computacional não constou em uma mudança total e absoluta para a representação, mas sim uma tendência geral que seguiu convivendo com abordagens mais próximas aos métodos de artistas da primeira geração.

Ainda assim, a tendência rumo à representação é central da computação gráfica do período. Dos filmes observacionais e testes de algoritmos de diferentes companhias, ela vai também fazer parte dos efeitos especiais de longas como *Tron* e seus light cycles e *The Last Starfighter* com suas naves espaciais. Este último, diferente de *Tron*, arrecadou US$ 29 milhões somente nos Estados Unidos (o dobro do seu orçamento), abrindo as portas para efeitos especiais digitais em Hollywood ao mostrar que não eram mais tão caros a ponto de impedir sua incorporação em filmes de baixo orçamento (SITO, 2013)[87].

Somado à busca por aproximar-se do real, a animação computacional cruza-se também com técnicas e abordagens da animação tradicional, contato representado principalmente pelo animador John Lasseter e pelo crescimento da Pixar na década de oitenta.

[87] O barateamento da computação gráfica é um fator constante ao longo de sua história, com a miniaturização de tecnologias e a redução progressiva de seus custos tornando-a progressivamente mais acessível e, consequentemente, mais atrativa para indústrias como a do cinema, que passa a incorporá-la cada vez mais no campo de efeitos especiais. Estes desenvolvimentos na computação de "alto nível", voltada para o mercado, se dão em paralelo aos desenvolvimentos da computação pessoal, que também passa, ao longo dos anos, por barateamento da tecnologia que a torna progressivamente menos excludente em termos monetários.

3.8. Narrativas Digitais: Lasseter, Pixar e a animação tradicional aplicada à computação

A Pixar tem suas origens no NYIT dos anos setenta, no Computer Graphics Lab (CGL) onde Catmull havia desenvolvido suas animações 3D, onde Alvy Ray Smith havia colaborado na produção do filme *Sunstone*, e onde ambos haviam participado do desenvolvimento do sistema BigPaint para animação computacional, pesquisa que anos depois levaria ao o Pixar Image Computer da Lucasfilm e ao sistema RenderMan utilizado em produções como *A Bela e a Fera* (1991), *Exterminador do Futuro 2* (1991), *Jurassic Park* (1993) e *Toy Story* (1995) (SITO, 2013).

Um dos maiores projetos do CGL havia sido a tentativa de desenvolver o primeiro longa-metragem de computação gráfica, *The Works*, que acompanharia o robô Clyde e sua namorada T-Square em um futuro dominado por seres biônicos. Iniciado em 1978 e idealizado pelo fundador do NYIT Alexander Schure, seu propósito era mais técnico do que comercial. Schure queria direcionar os esforços do laboratório de computação gráfica para um único projeto, que serviria como veículo para o desenvolvimento de hardware e software voltado para a animação computacional (PRINCE, 1983a). A intenção era desenvolver tecnologias que eventualmente permitiriam à indústria cinematográfica criar filmes inteiramente por computador, cenários externos, paisagens, interiores simulados e atores computadorizados para substituir seres humanos em cenas perigosas (PRINCE, 1983b). O roteiro do filme surgiu antes das tecnologias que seriam usadas para animá-lo, e hardware, software e animação eram desenvolvidos em conjunto. Obviamente, essas tecnologias utilizavam-se de muitas interfaces e técnicas estabelecidas por outros pesquisadores, como modelagem de sólidos geométricos, *inbetweening*, *shading*, e estênceis de luz com tablets eletrônicos para desenho digital (PRINCE, 1983a). O projeto nunca foi finalizado, e apenas alguns fragmentos foram exibidos no Electronic Theater da SIGGRAPH de 1982 e 1984 (SITO, 2013).

Catmull e Smith eventualmente deixariam o NYIT, o primeiro para se juntar ao Graphics Group de George Lucas e o último ao JPL da NASA, onde colaborou com Blinn nas animações da *Voyager*. No departamento de computação gráfica da Lucasfilm, Catmull ajuda a desenvolver o Pixar Image Computer (PIC), utilizado para renderizar o cavaleiro de vitral no filme *Young Sherlock Holmes* (1985) (Ibid.). Os efeitos do cavaleiro foram animados por John Lasseter, que havia sido contratado

por Catmull para trabalhar na Lucasfilm em 1984: a empresa pretendia ganhar experiência em produção de filmes de animação, e precisava de um artista competente para conduzir as tarefas do pessoal técnico-científico. O artista havia trabalhado na Disney por cinco anos antes de integrar o time de Catmull, e havia se interessado por computação gráfica após ver a sequência de light cycle de *Tron*. Inspirado pelos gráficos da MAGI, realizou ainda na Disney o curta de trinta segundos *Wild Things Test* em colaboração com o animador Gil Keane. Utilizando personagens do livro infantil *Where the Wild Things Are*, o teste combinou o cenário e movimento de câmera digital criado por Lasseter com a animação tradicional realizada por Keane a partir de referências impressas no cenário. A experiência levou a Disney a utilizar o procedimento no clímax *de The Great Mouse Detective* (1985), quando Lasseter já não se encontrava mais na empresa (LUCENA JUNIOR, 2019).

O primeiro trabalho de Lasseter na Lucasfillm, entretanto, não havia sido a animação de *Young Sherlock Holmes*, mas o curta *The Adventures of Andre and Wally B.* (1984). Durante a concepção inicial do curta, Catmull queria a história de um robô em uma floresta. Já Lasseter sugeriu algo diferente, com visual de cartoon, proposta aceita pela equipe. A animação com uma história simples foi criada para dar visibilidade às tecnologias desenvolvidas na Lucasfilm como *motion blur*, render e o *particle systems*. Mas o que mais impressionou o público da SIGGRAPH foi a fluidez dos movimentos do personagem: estes entusiastas da computação gráfica que estavam presentes na primeira exibição do filme, em sua maioria pessoal tecnocientífico e da área de informática, maravilharam-se com as aplicações de princípios da animação tradicional a estes personagens digitais 3D (Ibid.). Esta reação do público estimularia Lasseter a explorar ainda mais a aplicação de técnicas tradicionais na animação computacional.

Após problemas financeiros, o Graphics Group da Lucasfilm, já conhecido como Pixar, seria vendido para Steve Jobs. Entre 1986 e 1991, a companhia se envolveria na produção de comerciais televisivos e videoclipes, além de desenvolver e licenciar ferramentas digitais como o RenderMan para empresas como a Disney (BARTHÉLEMY, 2011). Após a aquisição de Jobs, O PIC se tornaria um produto comercial, sendo destinado tanto às indústrias de entretenimento e artes gráficas como à geofísica, meteorologia e medicina diagnóstica (ROBERTSON, 1986).

Sob o comando de Ed Catmull e do vice-presidente Alvy Ray Smith, a Pixar seguiria desenvolvendo animações 3D que adotavam princípios da animação

tradicional. Um dos mais notáveis exemplos foi o curta *Luxo Jr.*, exibido na SIGGRAPH de 1986 e dirigido por Lasseter. Segundo Lucena Junior (2019), trata-se de um dos primeiro filmes de animação computadorizada 3D a obter reconhecimento fora da comunidade da computação gráfica, sendo inclusive indicado ao Oscar de melhor curta de animação.

Na SIGGRAPH seguinte à estreia do filme sobre as luminárias animadas, Lasseter publica o artigo *Principles of Traditional Animation Applied to 3D Computer Animation*, onde descreve os princípios da animação tradicional e como aplicá-los ao ambiente computacional 3D (LASSETER, 1987). Combinados, o curta e o artigo impactaram a maneira que animação computacional era abordada, com crescente foco em desenvolvimento de personagens, narrativa[88], e animação fluida inspirada nos princípios estabelecidos anos antes pela animação tradicional. A Pixar seguiria se destacando neste campo, lançando em 1988 o curta *Tin Toy*, a primeira animação computacional a conquistar um Oscar.

Alguns anos depois, em 1991, a companhia assina um contrato de exclusividade com a Disney para desenvolver três longas-metragens de computação gráfica 3D: a Pixar fica encarregada de fazer os filmes e a Disney de distribuí-los, arcando com todos os custos de produção e distribuição e recebendo em troca uma taxa de 12,5% sobre a arrecadação de bilheteria (como distribuidora) e de 85% da receita (como produtora), além de deter os direitos de merchandising e de produzir sequências dos filmes criados sob o contrato (BARTHÉLEMY, 2011). Nestes termos inicia-se a produção de *Toy Story*, que se tornaria o primeiro longa-metragem de computação gráfica a ser lançado nos cinemas, no final de 1995[89].

Após o sucesso estrondoso do filme, Jobs ajustaria o acordo com a Disney para torná-lo mais beneficiário à Pixar (Ibid.). Sob um novo contrato de exclusividade para cinco filmes assinado em 1997, a companhia seguiria desenvolvendo outros projetos de animação 3D, e logo outros estúdios de animação fariam o mesmo. A DreamWorks e seu filme de estreia *Formiguinha Z* (1998) e a Blue Sky com *A Era do Gelo* (2002) são apenas alguns exemplos. O fato é, do final dos anos noventa para

[88] É importante apontar que filmes de computação gráfica com elementos narrativos já existiam antes de *Luxo Jr.* e do artigo de Lasseter. Alguns exemplos são o já mencionado *La Faim* (1974), *High Fidelity* (1984) e *Snoot and Muttly* (1984).

[89] No Brasil o longa de computação gráfica *Cassiopéia*, de Clóvis Vieira, entrou em desenvolvimento no ano de 1992 (LACHTERMACHER, 1992), mas sua estreia nas salas de cinemas se deu apenas em Abril de 1996. Disponível em https://www.gov.br/ancine/pt-br/oca/cinema/arquivos-pdf/listagem-de-filmes-brasileiros-lancados-1995-a-2019.pdf, acesso 12 de janeiro de 2026.

o início dos anos 2000, a presença da computação gráfica no cinema e na televisão teve um grande crescimento, em partes síncrono com a *virada* digital que modificou práticas estabelecidas de produção, distribuição, exibição e preservação audiovisual (GAUDREAULT e MARION, 2016). A tecnologia que primeiramente se embrenhou no cinema comercial a partir do universo de efeitos especiais e na televisão a partir da publicidade, e que se destacou na década de noventa com filmes como *O Exterminador do Futuro 2* e *Jurassic Park* (ambos ganhadores do Oscar de efeitos especiais), passou não apenas a ter uma hegemonia sobre os efeitos práticos, mas também a ser usada para realizar animações inteiras em formato de longas-metragens, moldando-se de acordo com os padrões narrativos e "foto-verossímeis" das produções comerciais.

A animação computacional se tornava o novo status quo[90], enquanto tecnologias digitais de captura e manipulação imagética embrenhavam-se em vários aspectos do universo cinematográfico para além daquilo que é visto "dentro" da tela. Câmeras e projetores digitais substituíram películas, a edição migrava de moviolas para softwares digitais, os processos do cinema passavam da indexicalidade fotoquímica para os bits computacionais. Imagens armazenadas como dados digitais e manipuláveis a partir de softwares, tecnologias e interfaces digitais eram incorporadas à grande indústria do audiovisual, criando efeitos especiais, manipulando imagens, realizando procedimentos anteriormente executados de maneira analógica.

Técnicas e abordagens com uma longa história dentro da arte experimental e do contexto da arte-tecnologia são percebidos como revolucionários na virada do milênio, marcando (mais) uma "crise de identidade" do cinema (Ibid.). Mas como visto nos capítulos acima, sua história se inicia muito antes de grandes nomes como a Pixar, George Lucas e James Cameron, que popularizaram a computação gráfica a partir de sua incorporação no mundo dos longas-metragens narrativos de ficção. Dos

[90] O caso da Disney é exemplar deste movimento: a Pixar é comprada pela gigante do entretenimento em 2006, que estava enfrentando dificuldades com suas próprias animações. Mesmo que Walt Disney Company se beneficiasse com a parceria com a Pixar, seu departamento de animação, a Disney Animation, encontrava dificuldades para se adaptar ao novo mundo do digital 3D. Seu filme *Dinossauro*, lançado em 2000, foi moderadamente bem-sucedido nas bilheterias, mas apresentou custos de produção elevados. Os três filmes seguintes do estúdio retornaram ao 2D: *A Nova Onda do Imperador* e *Lilo & Stitch* obtiveram resultados modestos, enquanto *Planeta do Tesouro* gerou prejuízos de milhões de dólares (SCANTLEBURY, 2023). Em resposta, a Disney reduziu seu departamento de animação, que desenvolveria apenas mais dois longas de animação tradicional após os cortes (*A Princesa e o Sapo* (2009) e *O Ursinho Pooh* (2011)) e focaria mais em animações digitais 3D.

filmes científicos dos anos sessenta às aplicações da computação gráfica na medicina e outras áreas científicas e biológicas; dos registros digitais de movimento idealizados por Noll ou executados pelo ANIMAC ao motion-capture da franquia *Avatar*; do cinema experimental não narrativo de Whitney, Schwartz e Cuba, interfaces de interação humano-máquina de Sutherland e linguagens gráficas de Knowlton e Citron aos softwares de motion graphics como *After Effects*; dos princípios de modelagem digital do Synhtavision e de programas do NYIT para produção de *The Works*, princípios de iluminação digital de Gouraud e Phong e raytracing da MAGI às plataformas de modelagem 3D como *Blender*, intercessões entre computação gráfica e audiovisual têm uma longa história que antecede a chamada “revolução” digital, um longo processo histórico com experimentos muitas vezes esquecidos ou pouco lembrados, mas que impactam o audiovisual contemporâneo e sua dominante digitalidade.

4. Considerações Finais

O objetivo central da pesquisa foi buscar entender as manifestações e mudanças da computação gráfica antes de sua incorporação no status quo audiovisual. Para tal, a exploração iniciou-se nas origens bélicas dos computadores e interfaces de interação humano-máquina, passando pelas imagens eletrônicas osciloscópicas e pela computação gráfica estática até explorar as diferentes abordagens técnicas e estéticas da animação computacional entre os anos sessenta e oitenta e enfim chegar à sua integração ao status quo audiovisual nos anos noventa, tomando como ponto simbólico o lançamento de *Toy Story* em 1995.

Este primeiro cinema computacional não é caracterizado por um único registro, mas diversas abordagens que se mutam de acordo com as tecnologias, culturas e interfaces. Os primeiros experimentos de computação gráfica surgem em meios militares, tecnocientíficos e do design comercial (origem inclusive do termo *computer graphics*), representações de fenômenos físicos ou astronômicos ou sketches de desenhos técnicos; mas a tecnologia é logo adotada por artistas influenciados por diferentes filosofias. O diálogo com as vanguardas e o abstracionismo é predominante, da escola benseana com Mohr, Nees e Nake ao cinema experimental e à música visual como visto nas obras de Whitney, Schwartz, Cuba e VanDerBeek. Ainda assim, o registro não-representacional não é exclusivo, como observado nas obras de Csuri, Foldes, e do C.T.G..

Com o desenvolvimento de interfaces de interação em tempo real nos deparamos com a noção introduzida por Cynthia Goodman de duas distintas gerações de arte computacional: a primeira baseada em algoritmos e na distância entre conceitualização e execução; a segunda baseada na interatividade e distanciamento do artista em relação ao código interno do computador. Esta diferença acarretaria diversas discussões dentro do universo da arte computacional acerca de qual abordagem seria a mais “válida”. Críticos à abordagem algorítmica afirmavam que se tratava de uma mecanização da arte, com o artista precisando ignorar seus instintos e aprender computação ou matemática para criar ou colaborarem com cientistas/programadores (característico da primeira geração). Já os críticos à interatividade apontavam as novas interfaces como “produtoras de arte enlatada”, afirmando que o afastamento do artista do código resulta em uma arte que possui características do sistema utilizado, e não do artista propriamente dito. Como discutido

no subcapítulo 3.3., essa visão aproximam-se bastante à perspectiva flusseriana acerca das imagens técnicas, com o computador sendo uma espécie de caixa preta.

Observamos também que a interatividade despontada na virada dos anos setenta para oitenta não foi repentina, mas vinda de diferentes pesquisas no campo da interação humano-máquina e linguagens de computação gráfica. Sutherland, Knowlton, Citron e Csuri são alguns dos nomes que, pesquisando novas maneiras de interagir com o computador criativamente e desenvolvendo novas linguagens gráficas, colaboraram para que anos depois surgissem diferentes softwares comerciais, sejam eles voltados para uso pessoal (*MacPaint*, *MacDraw*) ou para companhias especializadas (Scanimate, Synthavision).

Em simultâneo, tecnologias permitiram a transição da computação vetorial para a de rastreio (bitmap), possibilitando a representação tridimensional e volumétrica. Técnicas de modelagem, iluminação e animação desenvolveram-se em diferentes universidades, e pesquisas foram realizadas com o intuito de utilizar o 3D na representação verossímil da realidade. Experimentos com faces, partículas e fluidos desenvolveram-se com o intuito de criar modelos humanos, água e névoa; enquanto fractais possibilitaram a criação de montanhas e estruturas geológicas mais próximas à geografia natural.

Ainda que a computação caminhasse em direção ao verossímil, vários artistas ainda experimentavam com o não-representacional e o abstrato, dialogando com experimentos de pioneiros como Whitney e Schwartz. Mas com o potencial representacional tendo maior destaque, a computação embrenha-se ainda mais no universo do cinema comercial e televisão. A tecnologia que em um primeiro momento foi utilizada para representar a si mesma nos poucos filmes de ficção que a incorporavam passa então a ser utilizada para criar mundos fantásticos e tecnologias imaginárias como em *Tron* e *O Último Guerreiro das Estrelas*. Grandes companhias de efeitos especiais como a ILM criam divisões especializadas em computação gráfica, não mais dedicando-se exclusivamente aos efeitos práticos ou usando o computador apenas para automatizá-los[91]; e empresas especializadas em efeitos

[91] O filme da Disney/Paramount *O Dragão e o Feiticeiro* (1981) teve seus efeitos especiais criados pela ILM, que utilizou a técnica go-motion para animar o dragão *Vermithrax Pejorative*. Trata-se de um procedimento similar ao stop-motion, mas utilizando motores automatizados para que a miniatura se mova durante a exposição da película, conseguindo assim o efeito de *motion blur* ausente no stop-motion. A técnica havia sido utilizada por Phil Tippett pela primeira vez nos Andadores Imperiais de *O Império Contra-Ataca* (1980), mas em *O Dragão e o Feiticeiro* um computador Apple II foi empregado

digitais como Digital Productions e Robert Abel & Associates eram fundadas para ocupar este novo nicho de mercado.

Dentro da Lucasfilm, o animador John Lasseter adota técnicas de cartoon quando trabalha no seu primeiro curta de computação 3D, dando início à abordagem que caracteriza o que viria a ser a Pixar e que indicaria o rumo que a animação digital hegemônica tomaria. *André e Wally B.*, *Luxo Jr.*, *Tin Toy*, todos curtas com a participação criativa de Lasseter, representavam não apenas o mais "avançado" em termos de tecnologia computacional em sua época, como também padrões narrativos e decisões estilísticas que dialogavam com os princípios da animação tradicional. Com estes filmes e seu artigo da SIGGRAPH de 1987, Lasseter indicava os caminhos que se tornariam norma. Se filmes como *Exterminador do Futuro 2* e *Jurassic Park* marcam o grande momento dos efeitos especiais digitais no início dos anos noventa, *Toy Story* e os longas subsequentes da Pixar indicam que a computação gráfica não era mais um campo exclusivo da ciência, da arte-tecnologia, mídias experimentais ou efeitos especiais; mas algo capaz de adotar o modo representacional e narrativo hegemônico, propício para ser incorporado à grande indústria do audiovisual e da animação.

A intenção desta dissertação foi explorar diversos artistas, pesquisadores e tecnologias pretéritas que, de uma maneira ou outra, influenciaram o mundo digital em que o cinema desaguou com virada do milênio. Desta forma, observa-se que a "revolução" digital não foi algo repentino, mas uma mudança em sintonia com diferentes artistas e pesquisas que exploraram o universo computacional e digital desde a década de sessenta, desenvolvendo diversos paradigmas que nos permitem editar vídeos em computadores, desenhar com mouses ou mesas digitalizadoras, criar animações gráficas em softwares especializados. A questão é que esses desenvolvimentos, em um primeiro momento, ocorreram dissociados do audiovisual hegemônico, integrando-se a ele após anos desenvolvendo-se à sua margem. Ideias abandonadas são retomadas e remodeladas de acordo com as novas tecnologias, práticas da vanguarda tornam-se softwares de edição e motion graphics. Seguindo a abordagem arqueológica e ideias apresentadas por Elsaesser, evidencia-se que a história da computação gráfica, com seus falsos começos, rupturas e continuidades, é também uma das histórias do cinema.

É importante ressaltar que não é a intenção da dissertação esgotar uma

---

para automatizar os movimentos do dragão. Documentário sobre a produção do filme disponível em https://www.youtube.com/watch?v=PaHGpHiluG4, acesso 16 de janeiro de 2026.

discussão acerca do primeiro cinema computacional, suas tecnologias, filmes e artistas. Ao longo do texto foquei mais nos desenvolvimentos da primeira geração que da segunda, e discuti pouco os experimentos de computação gráfica representacionais dos anos oitenta e noventa como os apresentados na série de filmes *Mind's Eye* e diversos outros álbuns visuais dirigidos por Jan Nickman, produzidos pela Miramar Pictures ou pela Odyssey Visual Design. Não entrei detalhadamente nos primeiros anos da Pixar e tecnologias como o RenderMan, nos trabalhos publicitários de Robert Abel ou nos maiores nuances do universo dos efeitos especiais digitais, focando principalmente em curtas-metragens e apenas pincelando alguns destes pontos. E ainda assim este campo também não foi discutido em completude, já que softwares como o ANIMA II desenvolvido pelo Computer Graphics Research Group (HACKATHORN, 1977), e curtas como *Adam Powers, The Juggler* (1981), *High Fidelity* (1984), *Tony de Peltrie* (1985) e *Stanley & Stella in: Breaking the Ice* (1987) não entraram nas discussões da computação dos anos setenta e oitenta. São temas e obras que abrem possibilidades para escritos e pesquisas a serem mais aprofundadas em um momento futuro.

Outra possibilidade de exploração dos primeiros anos do cinema computacional está na sua distribuição e exibição, em especial sua circulação em espaços não tradicionais como salas de museu, exibições específicas para entusiastas como o Electronic Theater da SIGGRAPH, compilações em fitas de VHS e LaserDisc (como a já mencionada série *Mind's Eye* ou a coletânea *Imaginaria* também da Miramar Productions) e programas televisivos especializados em curtas de computação gráfica como o canadense *Short Circutz* (1994-1997). Alguns desses caminhos podem ser indicados pelo artigo *A Selected Chronology of Computer Art: Exhibitions, Publications, and Technology*, de Giloth e Pocock-Williams (1990), enquanto outros precisam ser mais bem estudados e estruturados.

Outro caminho relevante é aprofundar-se na reapreciação da(s) estética(s) do primeiro cinema computacional e de computações gráficas pretéritas, partindo de noções como nostalgia, tecnostalgia, retromania e poética da obsolescência para compreender uma nostalgia digital que cresce com o século XXI, observável na cultura de jogos retrô e em estéticas digitais faux-vintage de jogos e animações independentes como as produções da Puppet Combo e a série *Tux and Fanny*, que incorporam estéticas digitais pretéritas como elemento essencial de sua forma (SIQUEIRA, 2023a, 2023b).

Por fim, uma compreensão acerca dos primeiros experimentos em computação gráfica, suas tecnologias, teorias e recepção crítica podem ser importantes para pesquisas que busquem compreender o crescimento da inteligência artificial generativa e sua utilização contemporânea no mundo da arte. Estudos comparativos entre a recepção de obras computacionais nos anos sessenta e obras de IA nos dias de hoje podem revelar similaridades e distinções discursivas e técnicas, e estudos aprofundados sobre a genealogia da inteligência artificial, teorias cibernéticas e tecnologias de geração de imagem pretéritas podem revelar rupturas e descontinuidades importantes entre as origens da IA e as origens da computação gráfica. Olhar para o passado da computação gráfica, sua recepção e incorporação no mundo da arte, pode nos ajudar a entender como lidar com a IA no futuro.

Glossário de siglas

ACM: Association for Computing Machinery, sociedade científica responsável por organizar as conferências da SIGGRAPH.

AT&T: American Telephone and Telegraph Company, companhia de telecomunicações proprietária do Bell Labs.

BEFLIX: Bell Flicks, linguagem de programação criada por Kenneth Knowlton no Bell Labs e utilizada por Stan VandDerBeek para realizar sua série de filmes *Poemfields*.

CRT: Cathode-ray Tube, tecnologia utilizada em monitor de computadores, televisões e osciloscópios antes do LCD.

CGL: Computer Graphics Lab, laboratório do NYIT extremamente importante no desenvolvimento da computação 3D e responsável por desenvolver o filme não finalizado *The Works*.

C.G.M.: Companie Générale de Micromatique, empresa de armazenamento e preservação de dados, especializada em microfilmes onde Manfred Mohr criou animações computacionais.

C.T.G.: Computer Techinque Group, coletivo japonês de arte computacional cujos projetos foram exibidos na exposição *Cybernetic Serendipity* em 1968.

EAT: Experiments in Art and Technology, organização artística que juntava engenheiros a artistas visuais interessados em experimentar com as interseções entre arte e tecnologia.

GRAF: Graphic Additions to FORTRAN, linguagem gráfica desenvolvida por Jack Citron e utilizada por John Whitney durante sua residência na IBM.

GRASS: Graphics Symbiosis System, linguagem gráfica baseada em vetores criada por Tom DeFanti.

IBM: International Business Machines, empresa de tecnologia que financiou artistas como John Whitney nos EUA e o C.T.G. no Japão

ILM: Industrial Light & Magic, empresa de efeitos especiais criada por George Lucas.

JPL: Jet Propulsion Laboratory, centro de pesquisa aeroespacial financiado pela NASA onde James Blinn criou animações computadorizadas da sonda espacial Voyager 2.

MIT: Massachusetts Institute of Technology, universidade responsável por publicar a revista Leonardo. Instituição onde Ivan Sutherland desenvolveu seu Sketechpad.

MAGI: Mathematical Applications Group Inc., empresa responsável por desenvolver

técnicas de *raytracing*, o sistema de animação Synthavision e as sequências de light cycle do filme *Tron*.

NSF: National Science Foundation, fundo que financiou o projeto de Csuri de educação em computação gráfica voltado para as artes visuais.

NYIT: New York Institute of Technology.

OSU: Ohio State University, onde Charles Csuri desenvolveu muitas de suas pesquisas.

PIC: Pixar Image Computer, computador desenvolvido Graphics Group da Lucasfilm e que dá origem ao nome da companhia Pixar.

RDTD: Radius Differential Theta Differential, linguagem gráfica desenvolvida por John Whitney e Jerry Reed no final da década de oitenta.

SAGE: Semi-Automatic Ground Environment, sistema de defesa antiaérea dos EUA baseado em computadores e que estabeleceu diferentes paradigmas da interação humano-máquina.

SIGGRAPH: Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques, conferência organizada pela ACM e realizada anualmente para discutir novas descobertas tecnológicas e artísticas no universo da computação gráfica.

ZGRASS: Z80 Graphics Symbiosis System, linguagem gráfica baseada em pixels criada por TomDeFanti.

Referências

ABBADO, A. Perceptual Correspondences of Abstract Animation and Synthetic Sound. **Leonardo**, Electronic Art Supplemental Issue, p. 3-5, 1988.

BARTHÉLEMY, Jérôme. The Disney–Pixar Relationship Dynamics: Lessons for Outsourcing vs. Vertical Integration. **Organizational Dynamics**, v. 40, p. 43–48, 2011. Disponível em: https://alevelmediastudies.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/03/disney-pixar-relationship-dynamics.pdf.

BASQUIN, Kit Smyth. **Mary Ellen Bute**: Pioneer Animator. Bloomington: Indiana University Press, 2024. 171 p.

BASTOS, Marcus; MORAN, Patricia. **Audiovisual ao vivo**: tendências e conceitos. 1. ed. São Paulo: Intermeios, 2020.

BENEDETTI, Raimo. **Entre Pássaros e Cavalos**. 1. ed. SP: SESI, 2018. 256 p.

BENSE, Max. **Pequena Estética**. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2003.

BROCK, David C. Lillian Schwartz: Pushing the Medium. **Computer History Museum**, 17 nov. 2021. Disponível em: https://computerhistory.org/blog/lillian-schwartz-pushing-the-medium/. Acesso em: 29 out. 2025.

BURNHAM, Jack. Notes on art and information processing. In: BURNHAM, Jack (cur.). **Software**: Information Technology – Its New Meaning for Art. New York: The Jewish Museum; Washington, D.C.: The Smithsonian Institution, 1970. p. 10–14.

BUTE, Mary Ellen. Abstronics: An Experimental Filmmaker Photographs the Esthetics of the Oscillograph. **Films in Review**, v. 5, n. 6, jun./jul. 1954. Disponível em: https://www.centerforvisualmusic.org/ABSTRONICS.pdf. Acesso em: 6 out. 2025.

CAMPBELL-KELLY, Martin; ASPRAY, William; ENSMENGER, Nathan; YOST, Jeffrey R. **Computer**: A History of the Information Machine. 3. ed. Colorado: Westview Press, 2014.

CAMPOS, Haroldo de. Umbral Para Max Bense. *In*: BENSE, Max. **Pequena Estética**. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2003. p. 11-39.

CARLSON, Wayne E. **Computer Graphics and Computer Animation**: A Retrospective Overview. Columbus: The Ohio State University, 2017. Disponível em: https://ohiostate.pressbooks.pub/graphicshistory/. Acesso em: 15 out. 2025.

CATMULL, Edwin. A system for computer generated movies. In: **Proceedings of the ACM Annual Conference,** v. 1. New York: Association for Computing Machinery, 1972. p.422–431. Disponível em: https://doi.org/10.1145/800193.569952. Acesso em:

2 dez. 2025.

CHAPIN JR., Roy D. Introduction. In: BURNHAM, Jack (cur.). **Software**: Information Technology – Its New Meaning for Art. New York: The Jewish Museum; Washington, D.C.: The Smithsonian Institution, 1970. p. 3.

CHIPP, Herschel B. (Org.). **Teorias da arte moderna**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

CLAUSER, H. R. Towards a Dynamic, Generative Computer Art. **Leonardo**, v. 21, n. 2, p. 115-122, 1988.

COSTA, F. C. O primeiro cinema: considerações sobre a temporalidade dos primeiros filmes. **Cadernos de Subjetividade**, v. 3, n. 1, p. 49–58, 2018. DOI: 10.2354/cs.v3i1.38419. Disponível em: https://revistas.pucsp.br/index.php/cadernossubjetividade/article/view/38419. Acesso em: 13 maio. 2025.

CSURI, Charles A. **Interactive Sound and Visual Systems**: Exhibition Catalogue. Columbus: The Ohio State University, 1970.

CUBA, Larry. A Computer Animation Primer. **Send**, p. 30-35, Outono, 1983.

DEWITT, T. Visual Music: Searching for an Aesthetic. **Leonardo**, v. 20, n. 2, p. 115-122, 1987.

DIETRICH, Frank. Visual Intelligence: The First Decade of Computer Art (1965-1975), **LEONARDO**, p. 159-69, Vol. 19, No. 2, 1986.

DREHER, Thomas. **History of Computer Art**. Morrisville, NC: Lulu Press, 2020.

DOUCHOVÁ, Veronika. Birkhoff's aesthetic measure. **AUC PHILOSOPHICA ET HISTORICA**. p. 39-53, 2015. DOI: 10.14712/24647055.2016.8.

DOWLING, Lyle. **A Brief Note on the Schillinger System:** the scientific way to success in music. New York: Allied Music, 1942. Disponível em: https://archives.berklee.edu/_flysystem/fedora/2022-11/123_originalFile.pdf. Acesso em: 10 out. 2025.

ELIN, Larry. Synthavision: Serendipity From the Nuclear Age. In: LEAVITT, Ruth (ed.). **Artist and Computer**. Morristown, NJ: Creative Computing Press, 1976. p. 109-111.

ELSAESSER, Thomas. **Cinema como arqueologia das mídias**. 1. ed. São Paulo: Edições Sesc, 2018.

FLUSSER, Vilém. **Filosofia da caixa preta**: ensaios para uma futura filosofia da fotografia. São Paulo: Hucitec, 1985.

FLUSSER, Vilém. **Into the Universe of Technical Images**. Traduzido por Nancy Ann

Roth. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2011. 224 p.

FORSBERG, Walter. Lillian Schwartz Sees in Four-Dimensions. **INCITE:** Journal of Experimental Media New Ages, n. 3/8, 2005. Disponível em: https://incite-online.net/forsberg3.html#8. Acesso em: 29 out. 2025.

FRANKE, Herbert W. Graphic Music. In: LEAVITT, Ruth (ed.). **Artist and Computer**. Morristown, NJ: Creative Computing Press, 1976.

GAUDREAULT, André; MARION, Philippe. **O fim do cinema?**: Uma mídia em crise na era digital. 1. ed. SP: Papirus, 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GILOTH, Copper; POCOCK-WILLIAMS, Lynn. A Selected Chronology of Computer Art: Exhibitions, Publications, and Technology. **Art Journal**, v. 49, n. 3, p. 283–297, 1990. doi: 10.1080/00043249.1990.10792704.

GOODMAN, Cynthia. **Digital Visions**: Computers and Art, 1 ed. Nova York: Harry N. Abrams, 1987.

GUNNING, Tom. Before Documentary: Early Nonfiction Films and the “View” Aesthetic. In: KAHANA, Jonathan (ed.). **The Documentary Film Reader**: History, Theory, Criticism. Oxford: Oxford University Press, 2016. p. 52–63.

GUNNING, Tom. The Cinema of Attraction[s]: Early Film, Its Spectator and the Avant-Garde in **Early Cinema**: Space, Frame, Narrative. 1 ed. Londres: British Film Institute, 1990.

HACKATHORN, Ronald J. Anima II: a 3-D color animation system. In: **PROCEEDINGS of the 4th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH ’77)**. New York: Association for Computing Machinery, 1977. p. 54–64.

JAMESON, Fredric. **Postmodernism, or, The Cultural Logic of Late Capitalism**. 7. ed. NC: Duke University, 1997.

KANDINSKY, Wassily. A arte concreta (1938). In: CHIPP, Herschel B. (Org.). **Teorias da arte moderna**. São Paulo: Martins Fontes, 1999. p. 351–353.

KANDINSKY, Wassily. **On the Spiritual in Art**. New York: The Solomon R. Guggenheim Foundation for The Museum of Non-Objective Painting, 1946.

KAWANO, Hiroshi. What Is Computer Art?. In: LEAVITT, Ruth (ed.). **Artist and Computer**. Morristown, NJ: Creative Computing Press, 1976. P 112-113.

KAY, Alan C. The Early History of Smalltalk. **ACM SIGPLAN Notices**, v. 28, n. 3, p. 69–95, 1993. DOI: 10.1145/155360.155364.

KENT, Charlotte. Herbert W. Franke with Charlotte Kent. **The Brooklyn Rail**, jun. 2022. Disponível em: https://brooklynrail.org/2022/06/art/Herbert-Franke-with-Charlotte-Kent/. Acesso em: 10 out. 2025.

KITTLER, Friedrich. **Gramofone, Filme, Typewritter**. 1. ed. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2019. 414 p.

KITTLER, Friedrich. **Mídias ópticas:** Curso em Berlin, 1999. 1 ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2016. 344p.

KLÜTSCH, Christoph**.** Information Aesthetics and the Stuttgart School. In: HIGGINS, Hannah B.; KAHN, Douglas (ed.). **Mainframe Experimentalism**: Early Computing and the Foundations of the Digital Arts. Berkeley: University of California Press, 2012. p. 65-89.

KNOWLTON, K. C. Computer-produced Movies. **Science**, vol. 165, nov. 1965. Disponível em: https://www.content-animation.org.uk/htmls/knowlton65.htm. Acesso em: 29 out. 2025.

KNOWLTON, K. C. **EXPLOR** – A Generator of Images from Explicit Patterns, Local Operations and Randomness. Bell Telephone Laboratories, 1970. Disponível em: https://www.content-animation.org.uk/htmls/knowlton_ud24.htm. Acesso em: 29 out. 2025.

LACHTERMACHER, Stela. Computador incentiva desenho animado. **Jornal do Brasil**, RJ, p. 8, 8 dez. 1992.

LAPOSKY, Ben F. **Electronic Abstractions**: A New Approach to Design. Sanford Museum, 1953. 16 p.

LAPOSKY, Ben F. Oscillons: Electronic Abstractions. In: LEAVITT, Ruth (ed.). **Artist and Computer**. Morristown, NJ: Creative Computing Press, 1976.

LASSETER, John. Principles of Traditional Animation Applied to 3D Computer Animation. ACM SIGGRAPH Computer Graphics, ano 1987, v. 21, n. 4, p. 35–44, jul. 1987.

LEAVITT, Ruth (ed.). **Artist and Computer**. Morristown, NJ: Creative Computing Press, 1976.

LEVIN, Golan. Audiovisual Software Art: A Partial History. **See This Sound**. Disponível em: https://www.flong.com/archive/texts/essays/see_this_sound_old/. Acesso em: 16 set. 2025.

LUCENA JUNIOR, Alberto. **Arte da animação**: técnica e estética através da história. SP: Senac São Paulo, 2019. 601 p.

LYON, Richard F. A Brief History of ‘Pixel’. In: **Digital Photography II — Invited Paper, IS&T/SPIE Symposium on Electronic Imaging**. Proceedings of SPIE, v. 6069, p. 6069-01, San Jose (CA), 15–19 jan. 2006.

MACDONALD, Scott. **Art in Cinema**: Documents Toward a History of the Film Society. Wide Angle Books; Philadelphia: Temple University Press, 2006. 307 p.

MANNONI, Laurent. **A grande arte da luz e da sombra**: Arqueologia do cinema. 1. ed. SP: Unesp, 2003. 514 p.

MANOVICH, Lev. Avant-garde as Software. **Artnodes**. Journal on Art, Science and Technology, n. 2, 2003.

MANOVICH, Lev. Cinema and Digital Media. In: SHAW, Jeffrey; SCHWARZ, Hans Peter (ed.). **PERSPECTIVES OF MEDIA ART**. Ostfildern, Alemanha: Cantz Verlag, 1996. Disponível em https://manovich.net/index.php/projects/cinema-and-digital-media, acesso 26 de março de 2025.

MANOVICH, Lev. **The Language of New Media**. 1. ed. MA: The MIT Press, 2001.

MANOVICH, Lev. What is Digital Cinema? in Post Cinema: Theorizing 21st-Century Film. 1. ed. Sussex: REFRAME Books, 2016.

MAX, N. L. Vectorized Procedural Models for Natural Terrain: Waves and Islands in the Sunset. **Computer Graphics**, v. 15, n. 3, p. 317–325, 1981.

MOHR, Manfred**. Experimenting with computer films**: 16 mm Computer Generated Algorithmic Films 1972-1975**.** 1975. Disponível em: https://emohr.com/collab-exp/col_mohr-film.html. Acesso em: 8 out. 2025.

MORITZ, William. Digital Harmony: The Life of John Whitney, Computer Animation Pioneer. **Animation World Magazine**, 1997. Disponível em: https://www.awn.com/animationworld/digital-harmony-life-john-whitney-computer-animation-pioneer. Acesso em: 16 set. 2025.

MONTFORT, Nick. **Chromatic Algorithms**: Synthetic Color, Computer Art, and Aesthetics after Code. Cambridge, MA: MIT Press, 2016.

MORITZ, William. Hy Hirsh & The Fifties: Jazz and Abstraction in Beat Era Film. In: **Kinetica 3**: Abstraction/Animation/Music. Los Angeles: The iotaCenter, 2001. Catálogo de exposição.

MORITZ, William. Non-objective Film: the Second Generation. In: DRUMMOND, Phillip; DUSINBERRE, Deke; FIELD, Simon; et al. (Eds.). **Film on Film**. London: Arts Council of Great Britain, p. 59-71, 1979.

NAGIB, Lúcia; DE ARAÚJO, Luciana Corrêa; DE LUCA, Tiago (ed.). **Towards an**

Intermedial History of Brazilian Cinema. 1. ed. Edinburgh: Edinburgh University Press, 2022. 366 p.

NAKE, Frieder. Information Aesthetics: An heroic experiment. **Journal of Mathematics and The Arts**, v. 6, p. 65-75, 2012.

NAKE, Frieder. Notes on the programming of computer graphics. In: REICHARDT, Jasia (ed.). **Cybernetic serendipity**: the computer and the arts; New York: Studio International, 1968, p. 77-78.

NAKE, Frieder. There should be no computer art. **Bulletin of the Computer Arts Society**, London, p. 18-19, Oct. 1971.

NEES, Georg. Programming stochastic computer graphics. In: REICHARDT, Jasia (ed.). **Cybernetic serendipity**: the computer and the arts; New York: Studio International, p. 79, 1968.

NOLL, A. Michael. Choreographers and Computers. **DANCE MAGAZINE**, Janeiro 1967.

NOLL, A. Michael. Computers and the Visual Arts. **Design Quarterly**, p. 64–71 no. 66/67, 1966a.

NOLL, A. Michael. Early Digital Computer Art at Bell Telephone Laboratories, Incorporated. **Leonardo**, v. 49, n. 1, p. 55–65, 2016.

NOLL, A. Michael. Human or Machine. **The Psychological Record**, p. 1-10 no. 16, 1966b.

NOLL, A. Michael. The Beginnings of Computer Art in the United States: A Memoir. **LEONARDO**, v. 27, n. 1, p. 39-44, 1994.

NORMAN, Jeremy. **Vol Libre**: The First Fractal CGI Movie. 2023. Disponível em: https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=3239. Acesso em: 2 dez. 2025.

OLIVEIRA FILHO, Wilson. **Cinema (ao vivo) e memória**: coleção, performance e tecnologia. 1. ed. Rio de Janeiro: Circuito, 2023. 424 p.

PARIKKA, Jussi. **O Que é Arqueologia das Mídias?**. 1. ed. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2021. 247 p.

PARKE, Frederic I. Computer generated animation of faces. In***: Proceedings of the ACM Annual Conference***, v. 1, p. 451–457, 1972. DOI: 10.1145/800193.569955. Disponível em: https://dl.acm.org/doi/10.1145/800193.569955. Acesso em: 2 dez. 2025.

PATTERSON, Zabet. **Peripheral Vision**: Bell Labs, the S-C 4020, and the Origins of Computer Art. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2015. Disponível em:

https://archive.org/details/peripheralvision0000patt. Acesso em: 28 de outubro de 2025.

PENAFRIA, Manuela. Análise de Filmes: conceitos e metodologia(s). **VI Congresso SOPCOM**, Abril 2009.

PETHŐ, Agnes. Intermediality in Film: A Historiography of Methodologies in Film and Media Studies. Acta Univ. Sapientiae, 2, 2010. p. 39–72.

PINSON, Heather. A Synthesis of Animation and Jazz in *Begone Dull Care*. **Intersections**, v. 37, n. 2, p. 101–122, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.7202/1066620ar. Acesso em: 7 out. 2025.

PRINCE, Suzan D. Projects: Inside “The Works”. **Computer Pictures**, [s.l.], p. 16–19, mar./abr. 1983. Disponível em: https://web.archive.org/web/20171224101314/https://excelsior.asc.ohio-state.edu/~carlson/history/externalpages/works/Works.html. Acesso: 15 jan. 2026.

PRINCE, Suzan D. The Junkmen Cometh. **Video Games**, v. 2, n. 2, p. 10–12, nov. 1983. Disponível em: https://archive.org/details/Video_Games_Volume_2_Number_02_1983-11_Pumpkin_Press_US/page/n9/mode/1up. Acesso: 15 jan. 2026.

QUIST, Ned. Toward a Reconstruction of the Legacy of Joseph Schillinger. **Notes**, v. 58, n. 4, p. 765-786, jun. 2002. DOI: 10.1353/not.2002.0092.

REICHARDT, Jasia (ed.). **Cybernetic serendipity**: the computer and the arts; New York: Studio International, 1968.

REICHARDT, Jasia. **The Computer in Art**. Londres: Studio Vista; Nova Iorque: Van Nostrand Reinhold, 1971.

RENAN, Sheldon. **Uma Introdução ao Cinema Underground Americano**. 1. ed. Goiânia: MMarte, 2022. 244 p.

ROBERTSON, Barbara. Pixar Goes Commercial in a New Market: Selling the $125,000 image processor. **COMPUTER GRAPHICS WORLD**, p. 61–70, jun. 1986. Disponível em: https://ohiostate.pressbooks.pub/app/uploads/sites/45/2017/09/pixar-image-processor.pdf. Acesso: 15 jan. 2026.

ROSEN, Margit. A Record of Decisions: Envisioning Computer Art. *In*: GLOWSKI, Janice M. (ed.). **Charles A. Csuri**: Beyond Boundaries, 1963 - present. Boston: College of the Arts, The Ohio State University, 2006. p. 25-46.

RUTKOFF, Rebekah. Painting by Numbers: The Art of Lillian Schwartz. **Artforum International**, v. 55, n. 2, out. 2016, p. 238-245 e 292-294. Disponível em:

https://www.artforum.com/features/painting-by-numbers-the-art-of-lillian-schwartz-230796/. Acesso em: 28 out. 2025.

SCANTLEBURY, Helen. **To Infinity and Beyond**: Pixar's Journey to Reinvent Animation. Case Study #35. Editor do caso: Christopher McKenna. Universidade de Oxford, jun. 2023. Disponível em: https://globalcapitalism.history.ox.ac.uk/sitefiles/case-35-pixar.pdf.

SCHILLINGER, Joseph. **The Mathematical Basis of the Arts**: a scientific theory of the arts. New York: Philosophical Library, 1948. Disponível em: https://archive.org/details/TheMathematicalBasisOfTheArtsJosephSchillinger1943/page/n9/mode/2up. Acesso em: 10 out. 2025.

SCHWARTZ, Lillian F. **The Computer Artist's Handbook**: Concepts, Techniques, and Applications. New York: W. W. Norton, 1992. Disponível em https://archive.org/details/computerartistsh0000schw. Acesso 28 de outubro de 2025.

SEIÇA, Álvaro. Kinetic Poetry. In: GRIGAR, Dene; O'SULLIVAN, James; BALDWIN, Sandy (eds.). **Electronic Literature**: Contexts, Forms & Practices. London / New York: Bloomsbury Academic, 2021, p. 173-202.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. 23. ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2007.

SHANKEN, E. A. Historicizar Arte e Tecnologia*:* Fabricar um Método e Estabelecer um Cânone. In: DOMINGUES, Diana. **Arte, Ciência e Tecnologia***:* Passado, presente e desafios. 1. ed. São Paulo: UNESP, 2008. p. 139-163.

SHANNON, Claude E.; WEAVER, Warren. **The Mathematical Theory of Communication**. 10. ed. Urbana: The University of Illinois Press, 1964.

SIQUEIRA, Pedro Azevedo Raia de; FERRAZ, Talitha. Tecnostalgia e nostalgia digital no audiovisual contemporâneo: os casos de *Flying Luna Clipper* (1987) e *Tux and Fanny* (2019). **Revista Anagrama**. São Paulo, ano 17, v. 2, jul./dez. 2023a. Disponível em:https://www.researchgate.net/publication/378405742_Tecnostalgia_e_Nostalgia_Digital_no_Audiovisual_Contemporaneo_os_Casos_de_Flying_Luna_Clipper_1987_e_Tux_and_Fanny_2019. Acesso em: 19 jan. 2026.

SIQUEIRA, Pedro Azevedo Raia de. Relações entre nostalgia digital e analógica nos jogos de terror contemporâneos: o caso de *Murder House* (2020). **Revista Escaleta**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 3, p. 54–68, jan./dez. 2023b. **Orientação:** Talitha Ferraz. Disponível em: https://escaleta.espm.edu.br/wp-content/uploads/2023/12/Revista-Pronta-vol.3.pdf. Acesso em: 19 jan. 2026.

SITO, Tom. **Moving Innovation**: A History of Computer Animation. 1. ed. Cambridge, MA: The MIT Press, 2013.

SUTHERLAND, Ivan E. **Computer Graphics**: Ten Unsolved Problems. 1975. Disponível em: https://www.content-animation.org.uk/htmls/sutherland.htm. Acesso em: 30 out. 2025.

SUTTON, Gloria. STAN VANDERBEEK'S POEMFIELDS: The Interstice of Cinema and Computing. In: HIGGINS, Hannah B.; KAHN, Douglas (ed.). **Mainframe Experimentalism**: Early Computing and the Foundations of the Digital Arts. Berkeley: University of California Press, 2012. p. 311-333.

TAYLOR, Grant D. **When the Machine Made Art**: The Troubled History of Computer Art. Nova York: Bloomsbury Academic, 2014.

TEPE, Peter. **Herbert W. Franke***:* Grenzgänger zwischen Wissenschaft und Kunst. w/k – Zwischen Wissenschaft & Kunst, 15 abr. 2020. Disponível em: https://wissenschaft-kunst.de/herbert-w-franke-grenzgaenger-zwischen-wissenschaft-und-kunst/. Acesso em: 9 out. 2025.

TOMASSONI, Italo. **Mondrian**. London: The Hamlyn Publishing Group Limited, 1970.

UTTERSON, Andrew. **A Computer Animated Hand**. New York: Library of Congress, National Film Preservation Board, 2011. Disponível em: https://www.loc.gov/static/programs/national-film-preservation-board/documents/computer_hand2.pdf. Acesso em: 2 dez. 2025.

VIRILIO, Paul. **Guerra e Cinema**: logística da percepção. 1. ed. SP: Boitempo, 2005.

WELLS, Bronte. Nightmarish Romanticism: The Third Reich and the Appropriation of Romanticism. **Constellations**, v. 9, n. 1, p. 1-10, 2018. DOI: 10.29173/cons29341. Acesso em: 15 de outubro de 2025.

WHITNEY, John. **Digital Harmony**: On the Visual Complementarity of Music and Visual Art. 1. ed. Kingsport, Tennessee: McGraw-Hill Inc., 1980. 235 p.

YOUNGBLOOD, Gene. Calculated Movements: An Interview with Larry Cuba. **Video and the Arts Magazine**, Inverno, 1986. Disponível em https://people.well.com/user/cuba/VideoArt.html, acesso 26 de março de 2025.

YOUNGBLOOD, Gene. Computer art as a way of life. **Send**, p. 24-29, Outono, 1983.

YOUNGBLOOD, Gene. **Expanded Cinema**. 1. ed. Toronto e Vancouver: Clarke, Irwin & Company Limited, 2018.

ZAJAC, E. E. Film Animation By Computer. **New Scientist**, New Jersey, p. 346-349, 10 fev. 1966.

ZAJEC, Edward. Orphics: Computer Graphics and the Shaping of Time with Color. **Leonardo**. Supl. Eletronic Art, 1988. p. 111–116.