

Ambientes virtuais imersivos

A matemática visual no processo criativo da imagem em arquiteturas mutáveis

Donizetti Louro

Resumo

Este ensaio propõe, em uma perspectiva transdisciplinar, evidenciar a construção da imagem por meio da matemática em ambientes virtuais imersivos. Essas construções, dinâmicas e não-lineares, na produção virtual localizam: espaço, tempo e representações imagéticas matemáticas de fronteira, nas quais a negociação e tradução das diferenças, resultantes dos confrontos entre estas, estabelecem um diálogo híbrido, cultural e científico. Para o presente artigo será utilizado o trabalho de Tania Fraga, Arquiteturas Mutáveis, exposto na Fundação Itaú Cultural da Cidade de São Paulo no ano de 2007. Nesta perspectiva, procurou-se fazer uma digressão matemática no processo criativo desta arte computacional interativa.

Palavras-chave: *matemática comportamental, computação afetiva, virtual, computação estética, imersivo, metaverso.*

Abstract

This essay proposes, in a transdisciplinary perspective, highlight the construction of the image through mathematics in immersive virtual environments. These structures, dynamic and non-linear, are located on digital production: space, time and imagetical mathematics representations of the border, where the negotiation and differences translation, resulted from the clashes between them, establishing a dialogue hybrid, cultural and scientific. For the present essay will be investigated the work of Tânia Fraga: Mutable Architecture, displayed in the Itaú Cultural Foundation of the City of Sao Paulo in 2007. In this perspective, I made a mathematical digression in the creative process of this interactive computer art.

Keywords: *behavioral mathematics, affective computing, aesthetic computing, virtual, immersive, metaverse*

Departamento de Computação
Núcleo de Inteligência Artificial e Ciência
Cognitiva Aplicada
Pontifícia Universidade Católica de
São Paulo
dflouro@pucsp.br

1 Introdução

Esse trabalho não esgota as leituras que pretendem alcançar todas as implicações advindas do desenvolvimento e utilização do pensamento matemático como suporte midiático na criação e

na produção virtual imersiva contemporânea. A análise é um exercício de entendimento do processo de criação que está inserido, sobretudo, em suas estreitas relações com os ambientes “educacionais”¹ imersivos fundamentadas na matemática e física computacional, matemática comportamental² para a construção de mundos virtuais.

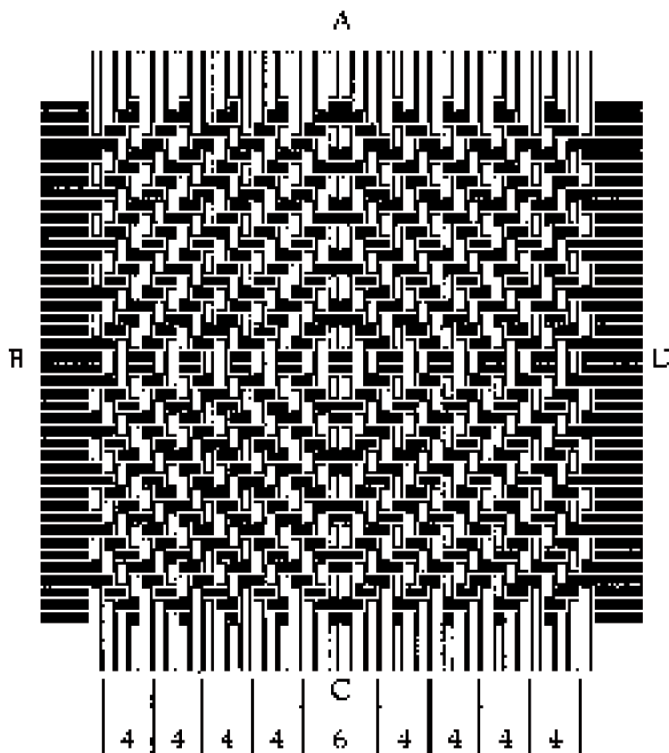


Figura 1: *Mozambique’s Ethnomathematics Research Project (MERP)*

Como escreve João Duarte Jr. [1], p. 18: “A própria educação possui uma dimensão estética: levar o educando a criar sentidos e valores que fundamentem sua ação no seu ambiente cultural, de modo que haja coerência, harmonia entre o sentir, o pensar e o fazer. (...) e, finalizando, com Paulus Gerdes [2], p. vii, que em seus trabalhos com ornamentos e jogos desenvolvidos em Moçambique — África — utiliza o termo “matemática escondida e congelada” que, segundo ele, procura desvelar o pensamento matemático escondido nos mesmos (Figura 1).

Algumas ideias da arquitetura tradicional africana devem ter sido derivadas ou sugeridas pela experiência e conhecimentos de outras esferas culturais, tal como basketry. Ao estender nosso

campo de reflexão para a compreensão deste ensaio, encontramos a matemática, também, esteticamente ancorada em suportes midiáticos, como poética³, na produção digital com intencionalidade e previsibilidade artística. Como análise pontual, um trabalho da artista e arquiteta Tânia Fraga sobre arte computacional (*Arquiteturas Mutáveis/2007*) irá nortear as exposições e propostas matemáticas na investigação de explicar, parcialmente, o *processo criativo* que compõe a mediação numérico-topológica e imagética em mundos virtuais imersivos.

No início dos trabalhos, concernente ao processo de criação, constata-se o exercício fundamental do modelo a ser construído com um resultado eficiente para o público de visitação. A ideia inicial

¹Educacionais no sentido formal e não formal, científico e não científico, dentro ou fora de ambientes escolares.

²Matemática Comportamental é a representação imagética dinâmica, numérico-topológica, que simula afetividades por meio de códigos computacionais para aproximar modelos de comportamentos realísticos em ambientes de imersão ou interação.

³Embora, no seu sentido comum, poesia seja a arte de escrever em verso, suas outras significações a tornam pertinente para refletir sobre um fazer que se expressa como visualidade e virtualidade. Poéticas Matemáticas são aqui caracterizadas como campo de possibilidades em códigos computacionais visuais a serem atualizadas como algo que representa o virtual, dando-lhe visibilidade e, por conseguinte, realidade. Poesia — do grego *póiesis* — envolve a “ação de fazer algo”. Em alguns de seus significados refere-se àquilo que desperta o sentimento do belo e o que há de elevado ou comovente nas pessoas ou nas coisas.

⁴Imagens numérico-topológicas que se encontram em movimentos sucessivos criando um ambiente imersivo de sonhos e contrastes visuais.

permeia a *matemática ilusionista*⁴, logo após se concentram esforços na direção de uma lógica de programação visual com ambições claras de modelos capazes de reproduzir o planejamento de uma arquitetura mutável. No resseguro do esperado, as questões das imagens que começam a se compor em nós cibernéticos se preparam, concomitantemente, para uma digressão matemática do espetáculo experimentado.

Segundo Hildebrand [3], “A matemática pode ser observada por seus aspectos sígnicos que se materializam em imagens, gráficos, fórmulas, axiomas, lemas, teoremas e raciocínios, todos referentes aos objetos matemáticos que se organizam segundo uma estrutura, fundamentalmente dialógica e diagramática”.

Os ambientes virtuais ampliam o olhar do saber-fazer-aprender, uma vez que as parametrizações computacionais, como por exemplo, animações de objetos em espaços tridimensionais, se utilizam de números hipercomplexos chamados quatérnios para otimizar visualizações estéticas e realísticas.

Para se contextualizar o tema deste artigo, é necessária uma reflexão sobre as mudanças sócio-culturais-científicas que estamos assistindo no início deste século. Transformações essas, advindas das relações matemáticas e físicas com a comunicação imagética na convergência de mídias em ambientes virtuais imersivos que, por sua vez, indicam avanços sucessivos em conjunto com ensaios da neurociência cognitiva e inteligência artificial por meio da computação afetiva e estética. Os espetáculos e instalações contemporâneas, conforme afirma Fraga [4], também utilizam procedimentos tecnológicos, avançando, no entanto, na linguagem corporal, cenográfica e teatral buscando uma maior integração entre dançarinos-atores, cenários, músicos e cibercenários. Neles o participante — público ou dançarino-intérprete — transforma-se em interator de obras em devir. Os espetáculos integram as ações realizadas pelos participantes com aquelas processadas ao vivo no computador. As imagens computacionais resultantes são projetadas em telas — no palco no caso de espetáculos e em instalações de arte no caso de exposições.

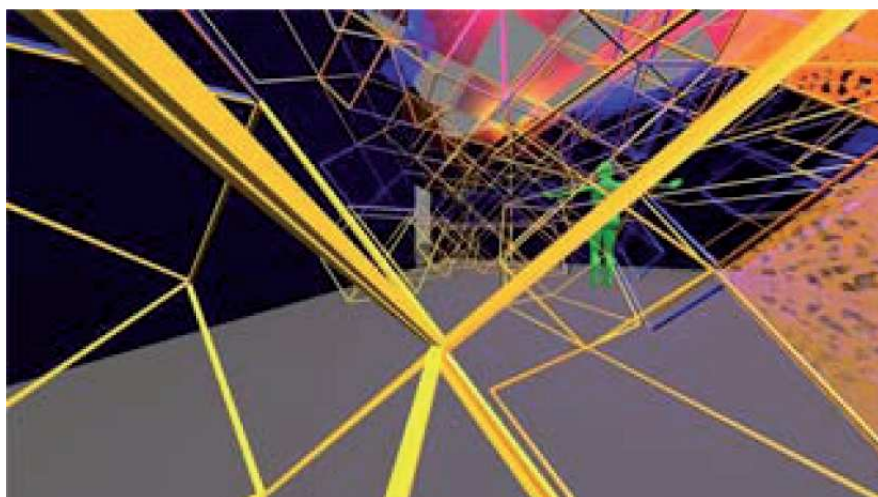


Figura 2: *Ambiente de imersão*

Na fundamentação epistemológica deste artigo, a importância da imagética matemática em ambientes imersivos nos remete às pesquisas do matemático irlandês Willian R. Hamilton (1805–1865), precursor dos estudos sobre quatérnios, e do matemático americano, contemporâneo, Ken Shomake que em 1985 introduziu os quatérnios na Computação Gráfica com o objetivo de facilitar a animação rotacional. Nesta direção a visualização matemática introduzida em computação gráfica e realidade virtual, seus avanços e suas perspectivas com inteligência artificial e neurocomputação, convocam todas as ciências a uma releitura das possibilidades artísticas, culturais e científicas para o futuro das gerações.

A matemática não encerra em si a preocupação exclusiva com o desenvolvimento puro de suas

relações e abstrações. Além destas, é um ancoradouro seguro para o avanço transdisciplinar científico e artístico contemporâneo. Por um lado reconforta interações e instalações artísticas resgatando conceitos físicos, químicos, biológicos, perceptivos, cinestésicos e de reflexões críticas sobre a ficção do contexto em suas metáforas visuais, assim como ampara a medicina em processos de aprendizagem em túneis de eventos tridimensionais, para compreensão da fisiologia humana. Não obstante, alicerça nossas viagens espaciais, dá vida a pré-simulações científicas de alta periculosidade, além de possibilitar as comunicações globais sem fio.

Tratar cada espectador⁵ dentro de seu contexto cultural é um dos grandes desafios no relacionamento entre a matemática visual e o processo de

⁵Neste texto, entendemos espectador como sujeito no processo comunicacional e educacional de uma cultura.

criação. A imagética matemática ou matemática visual⁶ possibilita uma comunicação encarada não mais e apenas como ato individual, e sim como um fato cultural, uma *instituição* e um sistema *social*, e sob este contexto é uma das linguagens contemporâneas mais penetrantes no ambiente das relações do ser humano. A matemática visual é um exemplo presente na nossa consciência, resultado de uma boa utilização de “suportes”, tais como: pintura, fotografia, cinema, vídeo, infografia, túnel de eventos, ambientes imersivos, entre outros (Figura 2). Segundo Tânia Fraga [5]:

“Experimentar com os conceitos de virtualidade, de equilíbrios instáveis, de dimensionalidade, de campos “mórficos”⁷, de sistemas dinâmicos, de espaço-tempo, de auto-organização, entre outros, desvela possibilidades ainda não exploradas.”

(p. 37)

2 (I)Materialidade Matemática

Um dos problemas fundamentais da animação em ambientes virtuais imersivos, computação gráfica no cinema, games, TV, computação científica, entre outros é desenvolver uma maneira de interpolar uma dada sequência de posições e orientações de um corpo rígido tendo como resultado um movimento que pareça suave e natural. Com esta proposição ancoramos nossa investigação e iniciaremos o percurso de construção da imagem em ambientes virtuais de imersão recorrendo a um recorte histórico e de fundamentação cognitiva para realizá-lo. As imagens pressupõem signos, que se representam por meio de ressonâncias cognitivas, mediadas, que sintetizam e se ancoram nas relações de similaridade com seu objeto virtual dinâmico. Cabe notar que este quadro que apresentamos aproxima muito mais o conceito de imagem ao de ícone e, Santaella, parece concordar quando diz que: “É curioso observar que o conceito polisêmico extensivo de imagem, englobando imagens mentais, óticas, acústicas, etc. está mais perto do conceito peirciano de ícone do que a concepção mais restrita de imagem como um signo que representa algo por semelhança? O que só reforça a proposta original deste trabalho na digressão matemática do pensamento criativo para a construção de ambientes virtuais de imersão.

Implementando o assunto com algumas ideias de Flusser [6], p. 7: “as imagens devem sua origem à capacidade de abstração específica que podemos chamar de imaginação. Imaginação enten-

dida como a capacidade de codificar fenômenos de quatro dimensões em símbolos planos (superfícies planas e bidimensionais) e decodificar as mensagens assim codificadas.”

Em linhas gerais não há novidade em dizer que há estímulos que nos induzem a organizar ou interpretar um campo visual de certa maneira e não de outra, segundo a teoria da Gestalt [7], assim como tantos outros teóricos da percepção já comprovaram - É fato que a correspondência entre o resultado da percepção e aquilo que o provoca não é, portanto, uma correspondência ponto a ponto. E também é evidente que não possuímos uma telinha de televisão em nossas cabeças, que grava e nos faz assistir cópias daquelas informações que vemos. Estas informações de imagens mentais podem ser denominadas representações internas que são criadas para rerepresentar os objetos correspondentes [8]. Sendo assim, nossos olhos não são meras janelas para o mundo, e como afirma Fraga [4]: “estamos sempre criando mediações, sínteses desta informação a partir de padrões — esboços primários, frames de referência retiniana, frames de referências espaciais e dos objetos — e leis que são rotinas visuais.”

As *aproximações sucessivas*⁸ que se refere e imbricamentos da Arte com a Matemática, geralmente encobertas com a resultante imagética, reitera o desdobramento matemático como ferramenta fundamental de construção e reconstrução na computação de uma maneira geral. Na matemática visual e suas aplicações diretas na arte computacional, Fraga [4] ainda considera: “os conceitos descritos têm sido expressos em figurações visuais (Artaud, 1999) que deslocam o universo cognitivo do espectador, ou para o domínio dos sonhos, ou para realidades cognitivas inacessíveis aos sentidos. Viaja-se, ou para dentro de vórtices de plasma ejetados pelo sol, ou para dentro de conceitos científicos tais como ‘magnetosfera’, ‘vento solar’, m_branas, ‘serapilheira’ e ‘metabolismo’ da floresta, ou ainda para domínios de seres míticos. As figurações visuais criadas transcodificam fenômenos e mitos tornando-os acessíveis à cognição. Possibilitam a imersão em suas realidades, e permitem, ao intérprete e ao público, ‘tocá-los’, ‘vivenciá-los’ e ‘experimentá-los’, apesar de sua aparente imaterialidade.”

O físico Géza Szamoszi [9] refere-se às pinturas abstratas do século XX como responsáveis pela ampliação do repertório visual do homem ocidental contemporâneo. Para ele, formas extraordinárias, anteriormente inacessíveis, passaram a fazer parte do acervo visual da sociedade contemporânea, como decorrência da produção de artis-

⁶Matemática Visual é a representação imagética de possibilidades sincréticas entre tessituras numérico-topológicas em suportes midiáticos virtuais e imersivos.

⁷Ver Sheldrake, Ruppert.(1991), op Cit.

⁸Esse método possibilita, segundo Fraga, tecer e expandir processos não lineares estabelecendo padrões múltiplos em direção a estruturas cada vez mais complexas; ele propicia o aglutinamento de signos em novos significados, despertando sensibilidades, instigando curiosidades, estimulando ações para mim e para os demais, trazendo situações paradoxais para serem vivenciadas.

tas ligados às diversas correntes abstracionistas. Szamoszi [9] conclui dizendo parecer impossível imaginar uma sociedade “que pense o mundo em termos da relatividade e da mecânica quântica” e olhe para ele de “dentro de uma moldura visual do século XIX.” Importante resgatar que, nesta moldura visual citada por Szamoszi [9], vamos encontrar como registro histórico e científico os últimos vinte anos da vida de Hamilton (1805–1865) que foram devotados quase inteiramente à elaboração de *quatérnios*⁹, inclusive sua aplicação na dinâmica, astronomia, na teoria da luz, e a sua volumosa correspondência, e hoje intensificado em todas as áreas da ciência da computação.

Uma imersão no desenvolvimento da obra computacional Arquiteturas Mutáveis de Tânia Fraga [5], sugere uma digressão matemática no processo de criação. As dificuldades e conjecturas nas reflexões do pensamento matemático nesta obra digital demonstram os caminhos sugeridos pelo presente trabalho. Para avançarmos nesta direção numérico-topológica da matemática visual utilizada em arte computacional, temos que criar rupturas epistemológicas em nossa leitura de obras de arte, pois o aspecto que caracteriza tais obras como inéditas a cada apresentação é que sua finalização realiza-se ao vivo. O imprevisto, o aleatório e o inesperado são fatores a elas imanente, completa Tânia Fraga [5]. As artes que possibilitam o estabelecimento desse tipo de relações são aqui denominadas interativas. Elas possibilitam, muitas vezes, a tomada de consciência da percepção 4D enquanto a ação ainda se processa. Assim, ocorre como que uma amplificação do processo sensorial devido ao fato de acontecerem correspondências isomórficas entre os estados perceptivos de quem está criando e os estados potenciais imanentes do campo criado, os quais afloram durante o processo de interação, induzindo a emergência de repertórios inovadores.

Para ilustrar e justificar a (i)materialidade matemática em suportes midiáticos tem sido desenvolvido formas diferentes de o espectador sonhar com ficções muito criativas, ampliando-se no desenvolvimento de ambientes digitais imersivos e interativos em cinema, games e TV. Constatamos assim que a matemática computacional e mental geradas, pode conduzir à construção de uma linguagem que em suas tessituras põem à mostra a forma de estruturação do pensamento humano. Segundo Benjamin [10]:

“toda forma de arte acabada encontra-se no cruzamento de três linhas evolutivas. Em primeiro lugar, elabora

a técnica que lhe convém.(...) Em segundo lugar, elabora as formas de arte tradicionais, nos diversos níveis de seu desenvolvimento, com o objetivo de aplicá-las aos efeitos que visará, em seguida, a obter, mediante forma de arte.(...) Em terceiro lugar, toda forma de arte prepara, sob uma forma com frequência invisível, modificações sociais, na medida em que altera os modos de recepção para adaptá-los às novas formas de arte.”

(p. 36)

As propostas desveladas nesta área do conhecimento ampliam em direção e sentido as possibilidades em ambientes virtuais imersivos, nas metáforas construídas entre outras formas de representação visual ancorada na matemática e física computacional.

Charles Peirce [11], em um fragmento de “Consciência da Razão”, publicado em “The New Elements of Mathematics”, afirma que: “expressões abstratas e as imagens são relativas ao tratamento matemático. Não há nenhum outro objeto que elas possam representar. As imagens são criações da inteligência humana conforme algum propósito, e um propósito geral só pode ser pensado como abstrato ou em cláusulas gerais. E assim, de algum modo, as imagens representam, ou traduzem, uma linguagem abstrata, enquanto, as expressões são representações destas formas. A maioria dos matemáticos considera que suas questões são relativas aos assuntos fora da experiência humana. Eles reconhecem os signos matemáticos como sendo relacionados com o mundo do imaginário, assim, naturalmente fora do universo experimental.(...) Toda a imagem é considerada como sendo a respeito de algo, não como uma definição de um objeto individual deste universo, mas apenas um objeto individual, deste modo, verdadeiramente, qualquer um é de uma classe ou de outra”.

Assim como todo o momento efervescente do final do século XIX, com transformações significativas no modo de conceber o mundo e o pensamento humano, além das novas linguagens e movimentos artísticos advindos das mais novas teorias propostas pelos cientistas da época, ocorreu no final do século XX e está acontecendo no início deste século XXI não apenas no campo da arte, mas, também, nas mais diferentes áreas do conhecimento humano.

Devemos considerar a Matemática e as Artes Visuais no seu contexto histórico e nos vínculos

⁹Os quatérnios foram idealizados por William R. Hamilton (1805-1865), em 1843, e são definidos no espaço \mathbf{R}^4 , sendo algumas vezes simbolizados por \mathbf{H} em homenagem ao seu criador. Os quatérnios podem ser interpretados de várias maneiras. Entre elas pode-se considerar: como um vetor de dimensão quatro, um número complexo com três unidades imaginárias, ou um número hipercomplexo. Considerando o escalar 1 e os versores, i, j, k como base do espaço de quatérnios pode-se representar um quatérnio genérico por: $(xyz)q = q + qi + qj + qk = q + q = q, q = q, q, q, q$ onde q, xq, yq e zq são escalares reais e xq, yq e zq são componentes do vetor q .

¹⁰Substantivo feminino — teoria geral e/ou estudo sistemático sobre técnicas, processos, métodos, meios e instrumentos de um ou mais ofícios ou domínios da atividade humana (p. ex., indústria, ciência etc.). Fonte: Houaiss.

que a tecnologia¹⁰ estabelece entre as mesmas na atualidade. O desenvolvimento nos campos da ciência e tecnologia, dos acontecimentos históricos das últimas décadas e da mudança comportamental nessa era da informação, nos solicita um rever imediato e contínuo de novas relações estéticas e pedagógicas.

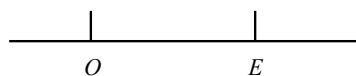
As matemáticas chamadas não lineares, com os avanços da tecnologia computacional estabelecem um palco de transformações jamais vivenciadas em toda a história da humanidade. Em um curto espaço de tempo as tecnologias mudaram comportamentos ergonômicos, visuais e de apreensão de conhecimentos. Ao observar o ambiente contemporâneo projetamos sobre ele a nossa visão de mundo, o que nos deixaram como legado perceptivo e as verdadeiras apreensões científicas que ocorreram, além de todo o imaginário coletivo construído cuidadosamente pelos meios de comunicação de massa. Aquilo que somos capazes de perceber são reflexos, ou redundâncias, como diria Claude Shannon (1948), do mundo, filtrados pelo nosso sistema perceptivo e cognitivo. Portanto, podemos concluir que a visão de mundo pode ser atribuída ao conjunto das relações e percepções visuais e linguísticas integradas ao sistema de valores e crenças que embasam a cultura dos indivíduos. Segundo Fraga, “Essa visão de mundo constitui-se num filtro composto por paradigmas, e é através desse filtro que percebemos e concebemos o ambiente”.

Conjeturar sobre o pensamento matemático na criação de ambientes imersivos pressupõe uma reflexão inicial sobre o que se entende por matemática e qual o objeto de seu estudo, ou seja, realizar uma reflexão sobre a Filosofia da Matemática. A natureza dos registros (fatos, datas e nomes) pode resultar de diversas fontes: memórias, práticas, monumentos e artefatos, escritos e documentos que são identificadas por fontes históricas, e essa metodologia se chama historiografia. E nos interessa reafirmar que a História da Matemática é a essência da Filosofia da Matemática, pois a história tem servido das mais diversas maneiras a grupos sociais, desde família, tribos e comunidades, até nações e civilizações. Mas, sobretudo, tem servido como afirmação de identidade de um povo, sua cultura e sua relação com a tecnologia. Igualmente, ao filósofo das ciências e da tecnologia cabe entender as tramas conceituais que permitem reconhecer, identificar e valorizar formas de explicações e de ações classificadas como científicas e tecnológicas porque implicitamente a esta reflexão repousa a ideologia humana nesses grupos. Importante ressalva, neste percurso, que os registros e suas representações linguísticas das grandes descobertas científicas e tecnológicas são prerrogativas de grandiosos antecedentes e consequentes na história da humanidade e uma análise crítica revelará, indubitavelmente, acertos e distorções nas fases que prepararam os elementos

essenciais para essas descobertas. A visualização de modelos matemáticos pode ser apreciada em diversas literaturas existentes, de excelente qualidade e diversos idiomas em todos os campos do conhecimento, dos quais nos interessa, especificamente, os da matemática, arte e tecnologia.

Em particular, um clássico para todo matemático é Paul Karlson [12], em seu livro “A magia dos números”, que descreve uma associação sobre a representação do conjunto dos números reais que pode ser feito através de imagens e, para melhor exemplificar este desenvolvimento, ele afirma que devemos utilizar o modo de se elaborar fotografia. Nesta direção, a forma elegante de Karlson em seus textos, denota a intimidade com as conjecturas topológicas mentais, explicitadas em um rigor literário permeada de poéticas visuais, conforme recorte de seu trabalho:

“Propomos agora ao leitor uma questão um pouco mais difícil, pedindo-lhe anotar todos os números até aqui estudados, os inteiros e os fracionários, os positivos e negativos — mas todos, frisamos, sem deixar um único de lado. Traçamos simplesmente uma reta, aqui é mais fácil fazer que dizer, marcamos um ponto O — o ponto origem — e um segundo ponto E — o ponto unitário.



Esta reta oferece a imagem fiel de todos os números que já conhecemos. Chegamos assim a um conceito de importância imensa, o conceito de imagem. Na realidade, a reta não se parece absolutamente com um número — não saberíamos, mesmo, que significado atribuir a esta afirmação. E, contudo, é realmente uma verdadeira imagem, embora de caráter simbólico”

(p. 57)

Em sua narrativa, apresenta-se uma relação direta de similaridade entre a geração de imagem da máquina fotográfica e aquela realizada pelos modelos matemáticos, onde Karlson [12] afirma que a matemática:

“...se encontra na feliz situação de possuir o mais perfeito mecanismo de transmissão que se possa imaginar, absolutamente isenta de erros: o conceito. Com ele, não só se dispõe de imagens simplesmente perfeitas mas se está, além disso, em condições de retratar e de por em relação, praticamente, todas as coisas”

(p. 58)

Mais adiante, ele mostra que a reta que aparentemente é um objeto possível de ser realizado,

não é tão concreto como poderíamos imaginar, e afirma que nós podemos projetar

“...um conjunto de conceitos inteiramente imateriais, os números que já conhecemos, sobre os pontos de uma reta, entidade que pende um pouco mais para o concreto, mesmo admitindo que, a rigor, a reta também nada mais é que criação do raciocínio; contudo, ela possui uma “figuração material”, se assim quisermos dizer”

(pp. 57–58)

Hoje, o processo de geração de imagem através dos computadores coloca-nos diante deste mecanismo perfeito descrito por Karlson, na qual a qualidade de visualização dos modelos aproxima-se da descrição feita por ele. As novas mídias eletrônicas, com a capacidade que possuem de representar de maneira hiper-realística seus objetos, estão muito próximas das representações mentais matemáticas. Obviamente, estão longe de serem iguais a elas, porém, muito próximas de serem simulações de mundos reais, observados por diferentes pontos de vista. Isto ocorre porque o processo de simulação tem a possibilidade de agregar um grande número de variáveis ao universo das linguagens computacionais e, assim, cada vez mais, realmente simulamos os ambientes que desejamos. A simulação é um aspecto importante na observação das unidades das formas matemáticas.

O processo de criação dos signos em matemática está intrinsecamente relacionado ao processo de concepção das notações que dão significado aos signos criados por esta ciência. Sabemos que, desde Euler [13], a notação é a metade da parte necessária para que uma teoria tenha progresso. Foi ele quem definiu a maioria dos símbolos utilizados hoje por nós.

Experimentar com os conceitos de virtualidade, vislumbra cenários desconhecidos, diminutas possibilidades ainda não exploradas. Estas considerações são aplicadas em todas as áreas do conhecimento, principalmente, naquela em que o futuro se apresenta, silenciosamente, com transformações pós-biológicas, recheado de interações e iterações entre organismos vivos e artificiais. Atento as mudanças sócio-culturais e aperfeiçoamentos maquímicos, os robôs nos conduzem a algumas questões não esclarecidas, perceptuais e imagéticas, ainda, emergentes, pois certamente dividiremos este mundo mágico diuturnamente. Enquanto isto, os ensaios que se utilizam em arte computacional interativa de inteligência artificial por meio de redes neurais, computação genética, entre outros, simulam possibilidades jamais experimentadas, criando um repositório cognitivo de grande importância para a Ciência. Este processo trará para os indivíduos todas as vantagens das máquinas sem perdermos nossas individualidades. Algumas partes do corpo humano, artificiais, no

futuro, serão mais eficazes e de melhor resposta para a longevidade.

Estamos assistindo nossa própria participação neste ensaio de proporções inesperadas, virtuais imersivas, primeiramente, e está acontecendo não apenas no campo da arte, mas, também, nas mais diferentes áreas do conhecimento humano. As imagens numérico-topológicas, matemáticas, para Peirce [11], são representações dos modelos que concebemos mentalmente, isto é, são signos visuais diagramáticos que exteriorizam o comportamento de nossas ideias abstratas, ou pelo menos são raciocínios da mesma natureza.

3 Análise preliminar da obra de arte computacional

As diversas tarefas, seus campos de investigação e suas áreas de cruzamento, permitem ampliar a compreensão e interpretações do tema proposto constituindo num conjunto de jornadas midiáticas, utilizando a flexibilidade e portabilidade de linguagens de códigos computacionais. O desenvolvimento das mídias eletrônicas têm alcançado níveis que, até algum tempo atrás, eram obras de ficção, apenas (i)materialidade matemática em sonhos de artistas e pesquisadores apaixonados pelo novo tempo.

Assim como nos trabalhos de Gerdes [2] e Fraga [4], se apresentam possibilidades e desnudam linguagens e pensamentos matemáticos na criação e estudo de culturas e artes contemporâneas, a fração populacional infanto-juvenil na América Latina aprofunda seus contatos além da terceira dimensão, em games, instalações, intervenções entre outras manifestações artísticas, de uma cybercultura instalada no intelecto planetário conhecido. Todos os meios de comunicação se utilizam de tecnologias que permeiam os desejos e sonhos, minuciosamente estudados, deste público que já detém um poder na decisão de compra de seus familiares de forma jamais registrada na história. Em um cenário mais específico, na crescente demanda de games, produções cinematográficas, comerciais de tv, suportes e aparelhos domésticos digitais entre outros, a velocidade nessa transformação será exponencial, haja vista a leitura inversa cognitiva das crianças na apreensão do mundo espacial a sua volta que, segundo Tânia Fraga [4], p. 5: “a imersão em ambientes virtuais interativos nos propicia oscilar maleavelmente num universo flexível de multiplicidades. Permite-nos tomar consciência, ora de um fato sensível, ora de outro; ordenar nossos esforços perceptivos em diferentes espaços e tempos; apreender e transformar a realidade que se apresenta num devir descontínuo de sensações. Os novos agenciamentos poéticos assim elaborados permitem-nos deles participar, transformando-os e vivenciando suas infindáveis e imprevisíveis possibilidades. O indivíduo, nessa

experiência é convidado a participar ativamente da aventura experimental, partilhando as realidades sensoriais imaginadas, realidades em devir caracterizadas como campos de acontecimentos”¹¹.

A cada desvelar no pensamento criativo, nossa reflexão está no desejo de compreensão de alguns fenômenos e com este raciocínio, Davide Cervone [14] sugere que se vivêssemos em um mundo com pessoas a duas dimensões no plano, quais seriam os métodos que elas poderiam utilizar para compreender um cubo, usando somente o seu mundo e utensílios nele existentes? Com a nossa ajuda, elas poderiam abordar este problema de diversas formas. Um método consistiria em iluminarmos o cubo tridimensional, projetando uma sombra sobre o plano em questão. Elas poderiam ver esta

sombra e identificá-la como uma representação esmagada, ou distorcida, de um cubo, e criar uma representação mental do objeto. É exatamente isto que se passa quando vemos televisão, ou olhamos para uma fotografia. Só vemos representações bidimensionais, mas conseguimos construir imagens a três dimensões nas nossas mentes. Claro que nós dispomos da nossa experiência tridimensional, os nossos amigos bidimensionais teriam uma tarefa bem mais árdua. Matematicamente, este processo chama-se projeção, e é um dos métodos fundamentais na visualização de objetos de dimensão superior. Nesta exposição usamos muitas projeções, muitas das imagens são, na realidade, “sombras” tridimensionais de objetos de dimensão “quatro” que devemos utilizar na reconstrução dos originais nas nossas mentes.



Figura 3: Tela inicial de Arquiteturas Mutáveis

Os nossos cérebros são bastante competentes na tarefa de transformar representações bidimensionais em imagens a três dimensões. Este processo é ainda facilitado se dispusermos de uma sequência de imagens representando vários aspectos de um objeto tridimensional em movimento. Por exemplo, a TV e o cinema transmitem bem uma impressão tridimensional. Usamos aqui a mesma ideia nas animações e nas imagens, para nos ajudar a perceber os objetos tetradimensionais cujas sombras a três dimensões nós vemos. Geralmente, esses ambientes imersíveis são estimuláveis e possi-

bilitam sempre ao interator a participação efetiva no construir o “novo”, alterando-o dinamicamente ao percorrer seus múltiplos espaços, instigando e aumentando sua sensação de imersão tanto física (sensorial) como conceitual (cognitiva). Ao entrar em contato com os conhecimentos apresentados, o interator abrirá outros portais que lhe permitirá explorar novos espaços, pois os obstáculos epistemológicos (positivos e/ou negativos) causarão emoções e afetividades, e serão provocadas: surpresa, curiosidade susto, desejo/vontade (realizar, aprender, compartilhar, treinar, conhecer),

¹¹Ver Fraga [4], op. Cit.

além das sensações a serem produzidas: acústicas e visuais (tridimensionalidade, mudanças e animações). A expectativa cognitiva é importante para essas construções no planejamento arquitetônico da representação dos signos em ambientes virtuais interativos. Para Picard [15], p. 112, todas estas influências podem ser representadas matematicamente, por uma função simples, não-linear, aplicada às entradas de um sistema emocional, e de acordo com Tânia Fraga, “os elementos estimuláveis acionarão eventos distintos possibilitando ao interator uma experiência pró-ativa de aprendizado que resultará de sua motivação e compreensão. Os ambientes assim construídos possibilitarão percursos fluidos e variados instigando o interator a aumentar seu conhecimento e habilidades. Os estímulos serão acionados automaticamente nos ambientes do jogo, ou por tempo, ou pela presença, ou ainda por ações do interator e, visando evitar a perda dos conteúdos por fragmentação, foi criado o conceito de Túnel de eventos. Esses túneis caracterizam um espaço-tempo conceitual e visam possibilitar ao interator aprofundar-se em assuntos da interface de acordo com seu interesse. Um túnel de eventos é um espaço-tempo que conduz o interator por um processo de detalhamento de conteúdo e/ou do espaço, passo a passo, permitindo-lhe imergir conceitualmente e/ou sensorialmente nesse contexto até que venha a esgotar as possibilidades programadas para esses túneis sendo então conduzido de volta à interface, podendo escolher se quer voltar ou não ao mesmo cibernundo.”

Após estas considerações e embasamento na ancoragem científica do presente trabalho, abaixo se encontra a reprodução imagética matemática do trabalho de Tânia Fraga [5], Arquiteturas Mutáveis (Figura 3).

Iniciando a digressão matemática da arte computacional interativa em questão, apresentam-se partes dos manuscritos construídos pela artista na condução e encaminhamento do processo de criação (Figura 4). Embora, as respectivas anotações convocam uma análise mais detalhada, podemos nos apropriar das condições iniciais para demonstrar caminhos como linhas gerais na contribuição da matemática às artes e educação.

Os resultados desse processo descrito foram se construindo em operações cujo desvelar é progressivo e acontecem conjuntamente com outros pesquisadores, performers, engenheiros, técnicos programadores e músicos.

O processo abre um curso de ação com enorme potencial para a re-elaboração e metamorfose sucessiva, acrescenta Fraga [4], gerando famílias de repositórios dinâmicos que são reciclados continuamente, possibilitando variações e recombinações diversas. As características do método fazem com que os trabalhos sejam mutáveis e metamorfoseáveis, tanto para mim como para os interatores que os manipulam.

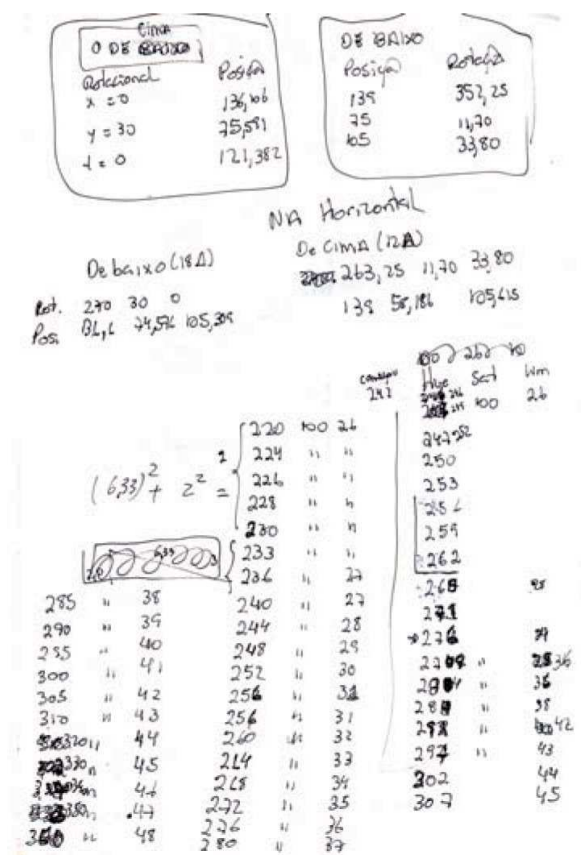


Figura 4: Tábua de cálculos

Linhas após linhas tecem mutuamente um cenário mental na expectativa da construção virtual desejada e a matemática numérica acrescenta as possibilidades imagéticas que se consolidarão nas telas virtuais. Na Figura 5 podemos observar a construção atrás da obra de arte computacional. As situações vão se desdobrando buscando um movimento mais harmônico e encantador dentro da espiral. Quando observamos o desenho de uma espiral, girando com certa velocidade, ele nos causará um efeito surpreendente, pois não perceberemos apenas o giro da esquerda para direita (ou da direita para esquerda), mas também um movimento de profundidade de dentro para fora (ou de fora para dentro).

E completa Fraga [4], p. 37: “este efeito não foi produzido graficamente, pois apenas desenhamos uma espiral e a colocamos a girar esperando atingir um movimento para um dos lados sobre um eixo central. Logo, a partir de um objeto dinâmico e uma mente interpretadora se produz um terceiro, mediador destes dois, e este terceiro é mais que a soma de suas partes, a ponto de não reconhecermos seus exatos limites e sermos incapazes de dissolvê-los, confirmando assim sua condição sígnica.”

Ainda, na contingência inicial do processo de criação, nos deparamos com o exercício fundamental da arquitetura da imagem e, do ponto de vista da matemática, inicia-se a etapa de decisão sobre movimentos e pontos de estranhamentos da obra, os quais vão interferir na interação e desdo-

bramentos de cálculos e projeções geométricas que deverão ser balizadas pela álgebra de quatérnios (Figura 6).

Uma vez mais podemos compreender as tentativas e intervenções aritméticas na condução deste campo conceitual da arte computacional. E, finalizando, com as condições de amostras da autora (Figura 7), podemos avaliar as possíveis ferramentas matemáticas aplicáveis na construção de ambientes digitais imersíveis, ou seja, as aplicações de quatérnios em rotações tridimensionais para uma otimização de alta qualidade. Para reiterar essas ferramentas o geômetra e topólogo americano Thomas Banchoff [16], p. 20, suscita em seu livro “Além da Terceira Dimensão” — “O que é que estamos mostrando?”

Nesta análise são demonstradas as diversas conjecturas em cálculos de rotação tridimensional no pensamento do artista, que desenvolve a arte na maioria das vezes alterando códigos e na tentativa e erro destas criações. Aqui, nesta digressão, estas tessituras virtuais topológicas encontram-se testadas numericamente, antes de estruturar o algoritmo. Muitas simulações são realizadas no objetivo de buscar condições melhores de visualização e efeitos especiais na interação com os espectadores da obra computacional interativa, o que muitas vezes acarreta em ensaios exaustivos na compreensão dos fenômenos estéticos observados na tela do computador. A análise morfológica matemática neste caso, estuda as diversas condições de se projetar um espetáculo das construções geométricas abstratas dadas por superfícies paramétricas em três e quatro dimensões (Figura 8).

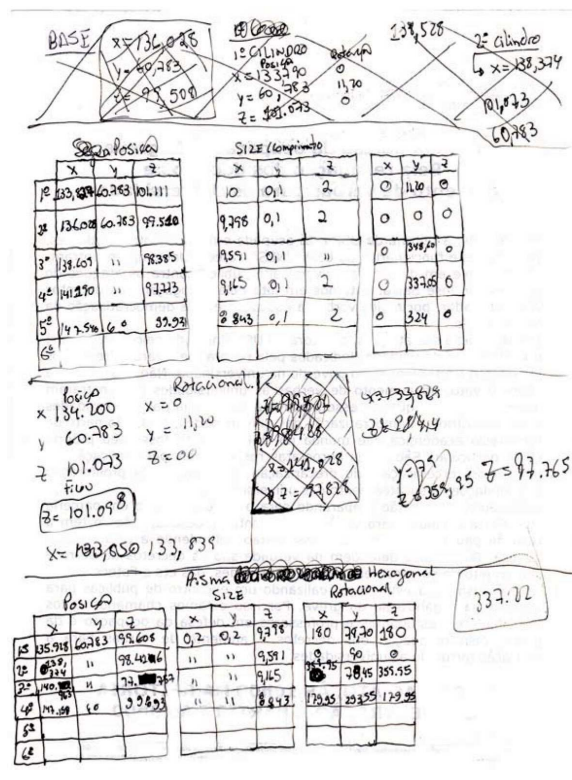


Figura 6: Tábua de inflexões

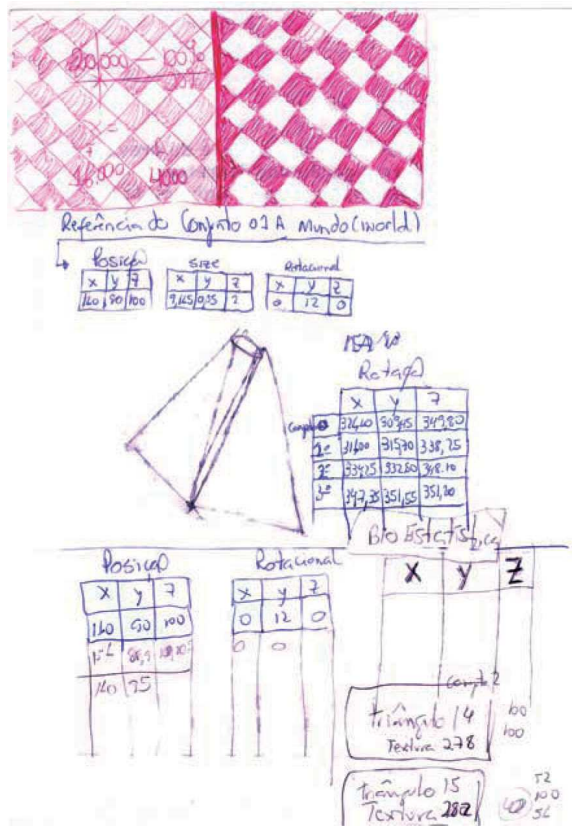


Figura 7: Tábua angular

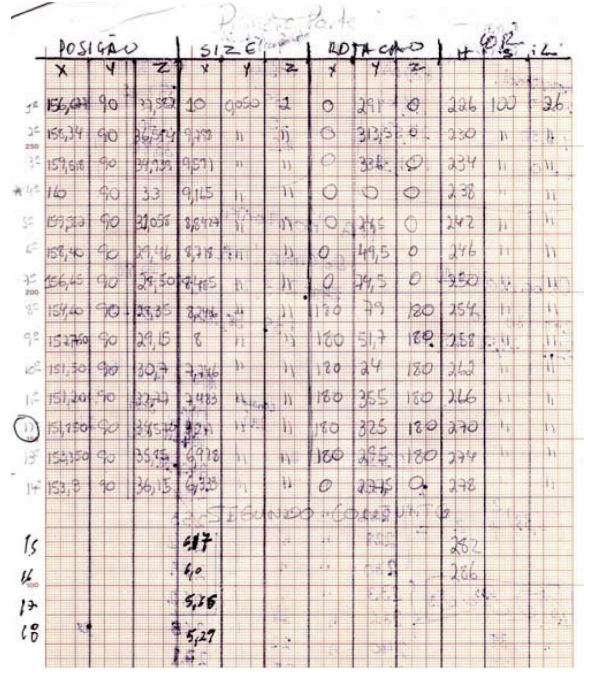


Figura 5: Tábua de conversão angular

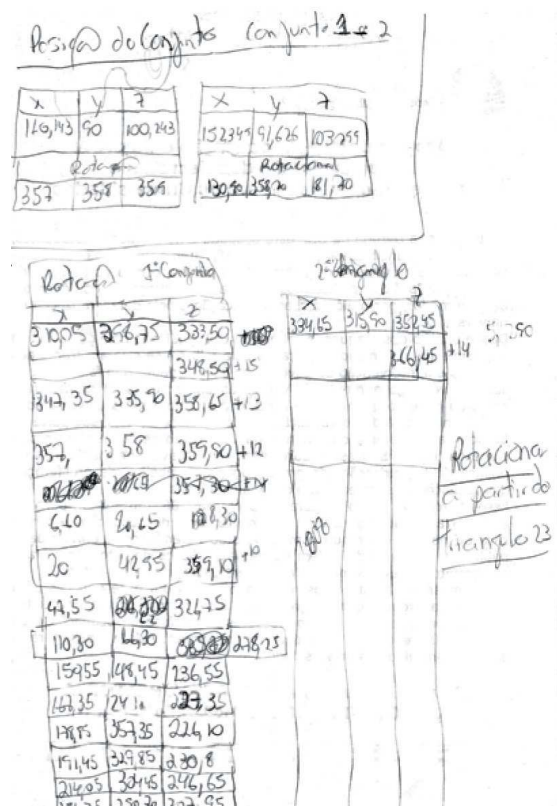


Figura 8: Tábua de transformações

Como resultado, após a implementação dos algoritmos e parametrização com quatérnios, a convergência de esforços e conhecimentos que permeiam a obra de arte computacional interativa é uma condição numérico-topológica de criação em ambientes virtuais imersíveis.

Finalizando, faz-se necessário, salientar que a imagem é o produto final da maioria dos processos que envolvem Computação Gráfica. A ISO¹² define a Computação Gráfica como sendo o conjunto de “métodos e técnicas de converter dados para um dispositivo gráfico, via computador”. Sob essa definição, e ancorado à definição dada acima, o principal desafio exposto é converter dados em imagem, e este processo de conversão de dados em uma imagem é conhecido pelo nome de visualização (Figura 9). Para se compreender o processo de visualização, devem-se estudar os métodos de criação e estruturação dos dados no computador, bem como os métodos que permitem a obtenção de uma imagem a partir desses dados. Essas duas etapas constituem-se em duas áreas de pesquisa dentro da Computação Gráfica: a área de mode-

lagem e a área de visualização.

Outro problema fundamental e de grande importância é entender o conceito de imagem e estudar algumas técnicas de manipulação no computador e neste caso fazer esta visualização em tempo real. A Computação Gráfica estuda os métodos que permitem a visualização de informações armazenadas na memória do computador. Como praticamente não existem limitações na origem ou natureza desses dados, a Computação Gráfica é hoje utilizada por pesquisadores e usuários das mais diversas áreas do conhecimento humano. Essa utilização é importante sempre que se fizer necessária uma representação visual envolvendo objetos, ações, relações e conceitos. O grande número de aplicações das técnicas de Computação Gráfica a coloca algumas vezes em um posicionamento em relação a áreas tão próximas que chegam a ser confundidas. Um critério que pode ser utilizado para uma diferenciação baseia-se na natureza da entrada e saída de um sistema em cada área.

Quando trabalhamos com a matemática comportamental aplicada a games ou simulação, necessitam-se modelar e discretizar os diversos objetos virtuais em estudo. Para se obter uma conceituação correta deve-se criar uma hierarquia de abstrações, e para cada nível de abstração aplicam-se então os conceitos de movimentos mais adequados. Nas áreas de matemática aplicada que envolve o uso de métodos computacionais, como é o caso da Computação Gráfica, um paradigma de abstração que se aplica em geral consiste em se estabelecer quatro universos (conjuntos): o universo físico, **F**, o universo matemático, **M**, o universo de representação, **R**, e o universo de implementação **I**.

O universo físico contém os objetos do mundo real que se pretende estudar; o universo matemático contém uma descrição abstrata dos objetos do mundo físico; o universo de representação é constituído por descrições simbólicas e finitas associadas a objetos do universo matemático e no universo de implementação associam-se as descrições simbólicas e finitas do universo de representação com estruturas de dados com a finalidade de se obter uma representação do objeto no computador. O universo de implementação tem por objetivo separar a etapa de discretização (representação) das particularidades de uma determinada linguagem de programação utilizada na implementação (Figura 10).

¹²ISO (International Standards Organization). <http://www.iso.org01/07/2009>: 10h00.

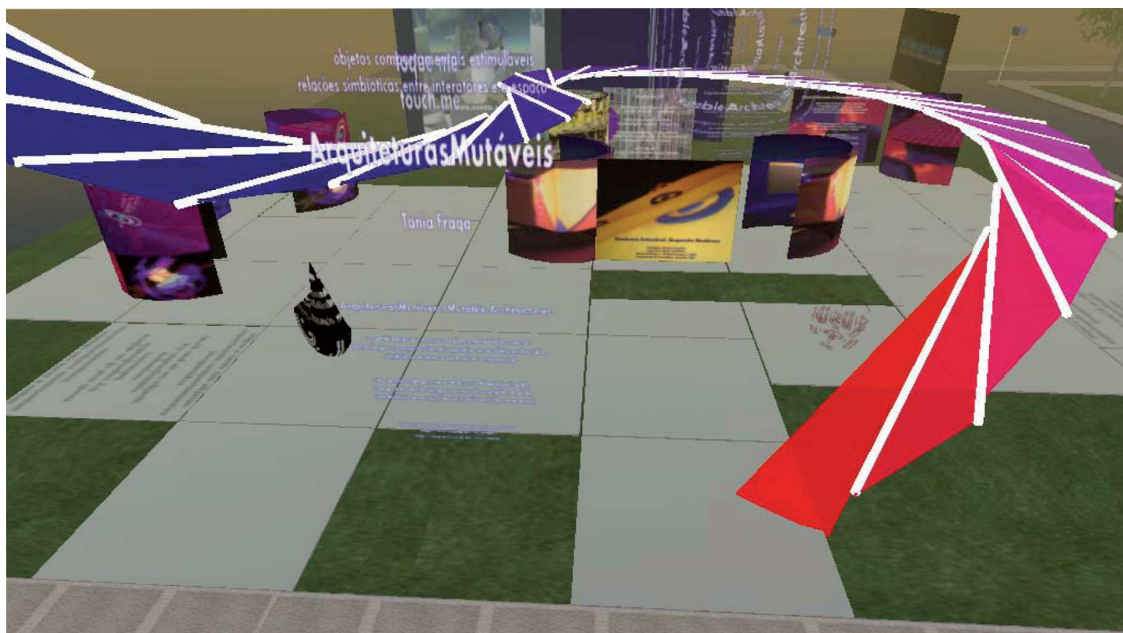


Figura 9: Tela inicial interativa de imersão

O paradigma de abstração descrito anteriormente é chamado de *paradigma dos quatro universos*. Ele se baseia no fato de que para estudar um determinado fenômeno ou objeto do mundo real no computador, associa-se ao mesmo um modelo matemático, em seguida procura-se uma representação finita do modelo associado que seja passível de uma implementação no computador. No processo do pensamento matemático ao lado, denota-se a tentativa de encontrar por simulação um ângulo que possa iniciar as implementações mais sofisticadas com quatérnios no algoritmo da obra computacional interativa (Figura 11).

Importante lembrar que Shoemake em 1985 editou o artigo *Animating Rotation with Quaternion Curves*, considerado, desde então, como uma referência. Shoemake (1985) apresentou, também, as vantagens da utilização dos quatérnios na obtenção de interpolações suaves de rotações e descreveu algoritmos de conversões entre matrizes, ângulos de Euler¹³ e quatérnios.

O método de criação desses objetos, como no caso das arquiteturas mutáveis denominado aqui como método relacional de criação por aproximações sucessivas, resulta de um encadeamento probabilístico e aleatório de ideias visuais organizadas e construídas topológica, geométrica e aritmeticamente [17].

Seria provavelmente impossível esgotar todas as relações existentes entre a arte computacional e a matemática, contudo, o que nos interessa, em especial, é a possibilidade de sermos capazes de lançar um novo olhar sobre o nosso tempo e sobre as nossas práticas, descobrindo e sendo capazes de proporcionar novos encontros entre a arte, a matemática e a educação como mediação em nossas

próprias vidas e para as gerações futuras.



Figura 10: Conjuntos de universos

No presente trabalho fica a contribuição da análise em uma dimensão morfológica matemática e sua evolução algorítmica no processo de criação em ambientes virtuais imersivos, ou matemática visual, imagética, que contribui com métodos que sustentam investigações neste cenário de aplicações científicas, entretenimento e treinamento, de alta resolução e imersão. O conceito de interativi-

¹³Os Ângulos de Euler foram desenvolvidos por Leonard Euler para descreverem a orientação de um corpo rígido (um corpo a qual sua posição relativa de seus pontos é constante) em um espaço euclidiano tridimensional.

dade, viabilizado tecnologicamente, ganhou força e forma cultural mais definitiva com a criação das artes da telepresença e das redes telemáticas. As múltiplas relações existentes entre os saberes de nosso tempo sensibilizam-nos para a complexidade que o conhecimento humano nos denuncia hoje, com contribuições advindas da neurociência cognitiva e inteligência artificial no desenvolvimento de cenários para a educação imersiva-contemporânea, fazendo-nos reconhecer o quanto são tênues as fronteiras existentes entre as descobertas científicas, conjecturas matemáticas, inovações tecnológicas e as produções artísticas de nosso tempo, assim como novas investigações no limiar pós-biológico.

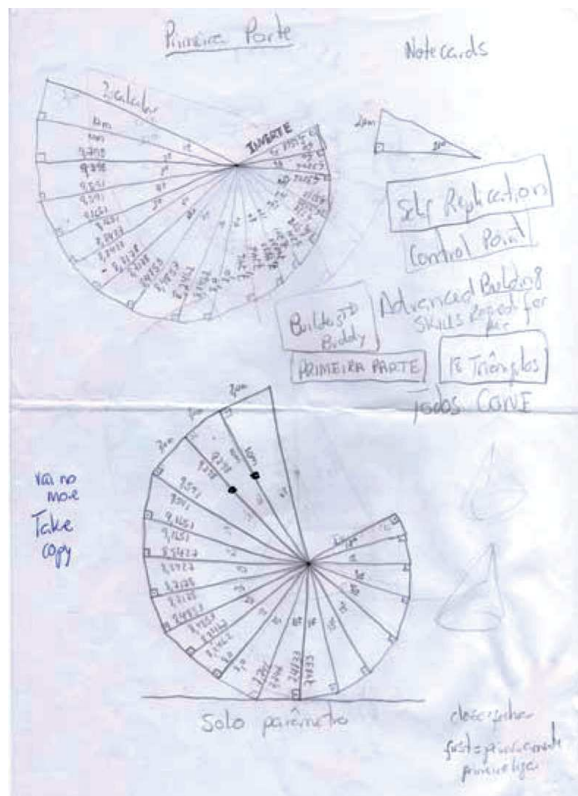


Figura 11: Tábua de movimentos espiralados

[5] T. Fraga, *Percursos poéticos: vislumbrando possibilidades para arte, arquitetura e design*. Brasília, DF, Brasil: Venturelli, S., 2007.

[6] A. Machado, “Repensando Flusser e as imagens técnicas,” in *Interlab. Labirintos do pensamento contemporâneo* (L. Leão, ed.), (São Paulo), Iluminuras e FAPESP, 2002.

[7] W. Kohler, *Psicologia da Gestalt*. Belo Horizonte, MG, Brasil: Itatiaia, 1980.

[8] Kosslin, *Image and brain*. Cambridge, MA: MIT Press, 1994.

[9] G. Szamosi, *Tempo e espaço: as dimensões gêmeas*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Jorge Zahar, 1988.

[10] W. Benjamin, *Documentos de cultura, documentos de barbárie: escritos escolhidos*. São Paulo: Willi Bolle, 1986.

[11] C. S. Peirce, *The New Elements of Mathematics*. 1976.

[12] P. Karlson, *A magia dos números: A matemática ao alcance de todos*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Globo, 1962.

[13] L. Euler, *Elements of Algebra*. London: Longman, Hurst, ORME and CO. PATERNOSTER-ROW, 1822.

[14] T. Banchoff and D. Cervone, *Illustrating Beyond the Third Dimension*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1993.

[15] R. Picard, *Affective Computing*. Cambridge: MIT Press, 2000.

[16] T. Banchoff, *Beyond the third dimension geometry, computer graphics, and higher dimensions*. New York: Scientific American Library, 1996.

[17] J.-H. Poincaré, *A Ciência e a Hipótese*. Brasília, DF, Brasil: UnB, 1988.

Referências

[1] J. J. Duarte, *Fundamentos da Educação*. Campinas, SP, Brasil: Papirus Editora, 2a ed., 1998.

[2] P. Gerdes, *Geometry from Africa: Mathematical and educational explorations*. USA: The Mathematical Association of America, 1999.

[3] H. R. Hildebrand, *As Info-Imagens e os signos matemáticos*. Senac, 2004.

[4] T. Fraga, *Wanderings into the Creative Process of the Computer Artist*. MIT Press, 1995.



Mini-currículo do autor: Donizetti Louro é professor e pesquisador em Inteligência Artificial e Ambientes Imersivos do Departamento de Computação da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Área de Atuação: Matemática Comportamental e Computação Afetiva em Ambientes Virtuais Imersivos. donlouro@gmail.com e www.donlouro.com.