

## **CAPÍTULO 02**

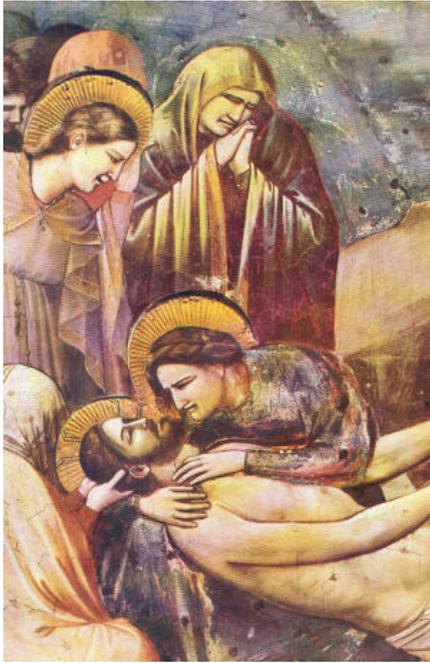
### **Artes e Matemática no**

### **Período Materialista Industrial Ocidental**

Na cultura ocidental as imagens sempre estiveram associadas às formas de elaboração do conhecimento humano. Somos obrigados a recorrer a elas para melhor observar o comportamento dos modelos que queremos construir. Desde o Período do Renascimento, planejar é sinônimo de elaborar modelos, diagramas, desenhos, esboços, enfim, imagens mentais e visuais que possibilitem antever situações.

A partir da Idade Média, nas pinturas de Giotto e no início da Revolução Científica realizada por Galileu, a Cultura Ocidental começou a planejar tudo ao seu redor. A representação de figuras através das diferentes formas perspectivas fez com que tivéssemos a capacidade de representar, numa superfície plana, elementos geométricos simulando três dimensões.

Iniciemos nossa reflexão pela observação das representações artísticas do final da Idade Média e do começo do Renascimento, mais especificamente, as pinturas realizadas por Ambrogio Bonone, conhecido com o nome de Giotto, que nasceu por volta do século XIII. As obras deste artista começam a consagrar um modelo de representação visual e lógico matemático realizado por volta do século III AC: a geometria euclidiana. Hoje, a obra de Euclides de axiomatização dos elementos matemáticos é considerada a primeira tentativa de sistematização na matemática. Esta forma de elaboração geométrica pode ser visualizada nas pinturas realizadas por Giotto. Claro que neste momento, as pinturas não adotavam procedimentos de perspectiva tão elaborados como iremos ver nas obras do Renascimento.



**Figura 10** - Detalhe do lamento ante Cristo Morto, Giotto (1304/6). In: Gênios da Pintura - Giotto, de Victor Civita (ed.), Abril Cultural, São Paulo, 1968, pp. 22-23.

Com este modelo, a partir do século XIII, conseguimos simular e planejar os ambientes utilizando imagens com base no modelo euclidiano. Segundo Samuel Y. Edgerton, em seu texto *"The Heritage of Giotto's Geometry - Art and Science on the Eve of the Scientific Revolution"*, três são os aspectos que modificam nosso paradigma de percepção neste momento: um político, um religioso e um matemático. Para ele, os fatores que contribuíram para as grandes mudanças a partir do período renascentista foram: a política de rivalidade nos estados-cidades sustentada por uma economia capitalista burguesa mercantilista; o conceito ético religioso de "leis naturais" concebidas a partir de um modelo fixado "a priori" que admitia a existência de um "Deus" único e, finalmente, uma filosofia para a pintura, que adotava princípios baseados na estrutura axiomática e matemática da geometria euclidiana. (1991, p. 12).

Escolhemos o período materialista industrial ocidental, obviamente, porque dele emanam nossos valores, fundamentados na materialidade dos objetos e na forma de produzir da cultura ocidental, assim, o modelo que adotamos para analisar estes signos estão apoiados nos meios de produção pré-industrial, industrial mecânico e industrial eletro-eletrônicos e digital, que analisaremos a seguir. Não observaremos rigorosamente uma segmentação histórica, uma vez que entendemos que as mudanças de padrões e paradigmas não ocorrem

instantaneamente, nem deixam de existir na passagem de um ciclo a outro, verificamos que tudo deve ser estruturado de maneira orgânica, não como um mundo com valores que tenham tido momentos de ascensão, apogeu e decadência.

De fato, ainda hoje, nossa cultura está impregnada pelo paradigma cientificista sustentado no modelo cartesiano, que tem como principais fundamentações teóricas os pensamentos de Descartes, Newton e Bacon. Para eles, qualquer sistema, por mais complexo que fosse, poderia ser compreendido a partir das propriedades das partes e, automaticamente, a dinâmica do todo se explicitaria. Acreditamos hoje numa evolução e que nossos sistemas são como “holarquias” (LAURENTIZ, 1991), onde

parte e todo deixam de ter sentidos isolados e passam a compor um sistema único, íntegro e coeso ... . O modo de pensar oriental, com sua maneira intuitiva de estabelecer valores, aponta na mesma direção quando afirma que "o caminho e caminhante são fundamentalmente uma coisa única formando um todo, onde o primeiro não existe isolado do segundo, e muito menos esse longe do primeiro. (HILDEBRAND, 1994, p.14).

Cada ciclo aqui citado faz parte da evolução de um modelo que, antes de ser determinado, é um processo de investigação científica, onde acreditamos no caminho percorrido em busca das verdades mais do que em sua definição absoluta. Quando estamos elaborando estas reflexões, ainda temos em mente um princípio fragmentário claramente cartesiano, sabemos que é difícil abandonar estas concepções por completo, uma vez que, a constituição de nossas subjetividades ainda estão atreladas a este modelo. Basta observar os jogos digitais e verificar como nossas representações são baseadas na geometria euclidiana.

## **1. O Período Pré-Industrial**

As cidades começam a crescer. Além das muralhas que protegem os burgos ainda se pode ver, no horizonte, o infinito, o irreconhecível, o imponderável, o místico: a Idade Média. Uma nova vida se abre com a expansão marítima, com a economia comercial e monetária e com o gradativo abandono dos castelos medievais. Os centros culturais deslocam-se do campo para as cidades.

A população está em constante movimento: os cavaleiros por meio das cruzadas pregam a doutrina cristã, os mercadores andam de cidade em cidade trocando suas mercadorias, os camponeses deixam suas terras para virar

comerciantes, os artistas e artesãos vagueiam em busca de trabalho enfim, o mundo se move e o homem percebe esse movimento.

Os princípios estabelecidos pela fé começam a cair por terra diante de duas formas de conhecimento: a teologia e a filosofia. A Igreja como uma instituição soberana permanece viva ditando normas, regras e valores e, em particular, estabelece um conceito ético moral de “lei natural” definido por algo superior aos seres humanos. (EDGERTON, 1991, p. 14). De fato, nossas reflexões sobre a racionalidade a partir do século XIII começa, na Idade Média, num momento em que tínhamos uma percepção baseada em valores místicos da cultura medieval e à crença que tudo era orientado por leis naturais estabelecidas por algo superior a nós; acreditávamos em um Deus onipotente e onipresente.

Pelo lado matemático, acreditávamos que o sistema geométrico conhecido, com bases nas teorias do matemático Euclides, era um modelo lógico divino organizado por leis da natureza e do pensamento humano. Nossos sensores eram apenas nossos órgãos sensitivos. Os nossos olhos, mãos e mentes estavam a produzir conhecimentos calcados nas particularidades dos indivíduos. A vida no campo nos levava a conviver com as forças da natureza e, para suportá-las, éramos obrigados a respeitá-las, admitindo sua superioridade e seu caráter místico.

Nas artes plásticas a perspectiva linear com apenas um ponto de fuga que também tinha como base a geometria linear resumia uma situação, na qual a obra de arte como uma produção humana deveria ser observada, por um indivíduo a partir de um único ponto de vista, subjetivamente, num momento particular. Dürer, parafraseando Piero Della Francesca, afirmava que “primeiro é o olho que vê; segundo, o objeto visto; terceiro, a distância entre um e outro” (PANOFSKY, 1979, p. 360). No final deste período tínhamos construído três formas de se pensar a ciência do espaço e dos números, todas elas baseadas em uma visão geométrica intuitiva fundada na observação. A que ficou mais conhecida foi a geometria euclidiana espacial.

A produção artesanal imprimia as marcas individuais do produtor no objeto criado. Percebemos também que todas as teorias matemáticas olhavam para seus objetos de estudo pelos aspectos geométricos e euclidianos com bases na observação pura e simples dos sensores naturais. Neste momento, os espaços topológicos utilizados pelos artistas e matemáticos sustentavam-se numa métrica

plana dada, sem quaisquer instrumentos auxiliares de observação. Deste modo, a visão sistêmica dos espaços topológicos matemáticos e artísticos era dada pela percepção intuitiva humana sem ferramentas de observação; o que realmente valia era o olho e a nossa percepção individual.



---

**Figura 10** - A descida da cruz, de Rogier Van der Weyden (1435/6).  
In: O livro da arte, tradução de Monica Stahel, Martins Fontes, São Paulo, 1996, p. 491.

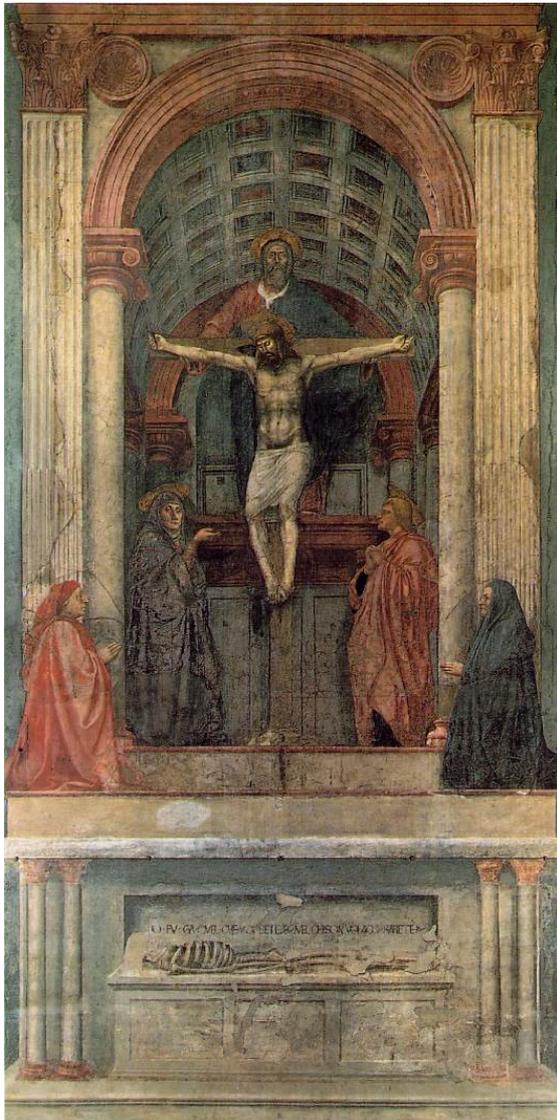
---

Na arte tudo era medida e ordem quando estabelecia as relações de proporcionalidade no mundo, na arquitetura e nas representações das figuras humanas. As ordens: dórica, jônica e coríntia são exemplos das regras utilizadas em nossas representações pictóricas no período pré-industrial. Estávamos diante de formas de representações baseadas no sistema perspectivo linear e o senso comum era a simetria, o equilíbrio, a ordenação e a mensuração.

O homem passa a ter consciência de seu passado e vai à antiguidade clássica em busca dos ideais gregos, querendo retomar os valores daquela cultura, obviamente ligado à ideia do renascimento de um Novo Império Romano. Porém,

em vez de trazer à nova era uma antiguidade renascida, contribui definitivamente para a formação do homem moderno.

A partir do século XIII, em plena Idade Média, as concepções individualistas e fragmentárias que irão formar a modernidade começam a tomar forma e estão presente nos palácios, nas igrejas e nas casas dos burgueses. Na verdade, estamos diante do início do capitalismo moderno, do surgimento de uma economia monetária urbana e da emancipação dos burgueses. Estes aspectos são consequência do período medieval e não do período renascentista. A partir da segunda metade da Idade Média, o homem busca a racionalidade e a individualidade que o coloca diante de “Deus” como um ser presente com razão e personalidade.



---

**Figura 11** - Masaccio - Trindade (1427-1428)  
Afresco (6.67 x 3.17 m)  
Santa Maria Novella, Florença.

---

O momento pré-industrial tem suas características bem definidas e se manifesta plenamente por volta do final século XV início do XVI. Esses valores estão presentes na Idade Média, na Renascença e por muito tempo mais, atingindo outros períodos, inclusive os nossos dias. Não devemos ser rígidos nestas segmentações históricas, pois, ainda hoje podemos sentir reflexos de pensamentos anteriores a nós. A cultura da cavalaria medieval, baseada em princípios cristãos, pode ser considerada uma das primeiras formas de organização moderna na qual verificamos a “unidade” calcada em princípios espiritualistas que defendiam os valores e princípios cristãos. (HAUSER, 1972, p. 287) Na Renascença temos as “guildas” que são associações entre corporações de operários, artesãos, negociantes e artistas e seus estatutos e um grande poder econômico e político que não podem ser deixadas de lado ao compor a mecânica de elaboração desse momento.

Todos esses agrupamentos estruturados a partir de profissões ou princípios corporativos carregam em seu interior uma unidade de pensamento que consiste numa mudança estrutural na sociedade. Eles ajudam a construir a visão moderna da economia na qual, as organizações por interesses de categorias profissionais passam a existir. Esse raciocínio se for levado às últimas consequências nos leva as ideias de classes sociais em Marx. Os fatos históricos devem ser observados num processo contínuo em que transformações ocorrem lentamente. As características orgânicas, estáveis e conservadoras da Idade Média atingem o Renascimento e, porque não dizer, a Modernidade. É impossível determinar rigidamente cada momento e suas características. A ideia de padrões de medida nasce neste momento e para medir longitudinalmente o globo terrestre, utilizou-se

a posição da Lua entre as estrelas [que] pôde ser prevista pela teoria lunar de Newton e, assim obteve-se o tempo aparente do mesmo fenômeno celeste, medido em dois lugares. A partir daí, os vastos espaços marítimos puderam ser “controlados” e as projeções nos mapas puderam ser feitas com precisão cada vez maior. (MATOS, 1990, p. 285).

Enfim, encontramos o espírito e a matéria sendo ordenados e medidos com precisão e rigor, mas sempre subordinados as leis naturais universais estabelecidas pelo cristianismo. A “Matemática Universal” de René Descartes denominada de “Ciência Universal da Ordem e da Medida” está calcada na razão humana e em tudo aquilo que pode ser matematicamente determinado,

diferenciando-se das coisas da memória e dos sonhos, pois, para Descartes, estes fenômenos são fontes de incerteza, erro e ilusão.

Descartes dizia que a percepção é determinada pela razão de modo que ela não gera dúvidas, pois, se assim o fizer, será descartada como uma percepção enganosa. Nas palavras do fundador da filosofia moderna, em “Meditação Primeira”

tudo o que recebi até presentemente, como o mais verdadeiro e seguro, aprendi-o dos sentidos ou pelos sentidos: ora, experimentei algumas vezes que esses sentidos eram enganosos e é de prudência nunca se fiar inteiramente em quem já nos enganou uma vez. Mas, ainda que os sentidos nos enganem, é neles que devemos basear nossas percepções e em diversos casos, deles, não se pode razoavelmente duvidar. (1983, p.85-86).

Assim, ele encontrava nos sentidos a principal fonte da percepção e compreensão do mundo e considerava o sonho uma percepção falsa. Descartes afirmava que sonhar é iludir-se, em suas próprias palavras:

tenho o costume de dormir ... e sonhar, durante a noite, que estava neste lugar, que estava vestido, que estava junto ao fogo, embora estivesse inteiramente nu em meu leito? ... o que ocorreu no sono não parece ser tão claro nem tão distinto quanto tudo ..., mas pensando cuidadosamente nisso, lembro-me de ter sido muitas vezes enganado, quando dormia, por semelhantes ilusões. (DESCARTES, 1983, pp. 85-86).

Ele percebe a existência de uma única saída para a superação da dúvida e ela deve ser trilhada segundo a mesma estrada que a sua “Matemática Universal”. Nela vamos encontrar a “ordem das razões” e a “ordem das matérias” e, segundo seu pensamento, estas ordens devem ser edificadas na matemática e estruturada com a coerência perfeita de uma demonstração.

No “Discurso do Método” ele mostra que o único caminho para conhecer a verdade, é o da dedução, respaldado, evidentemente, pela intuição. Quatro são os princípios que nos levam à lógica da razão humana, e são eles:

1. Jamais tomar algo como verdadeiro que não se reconheça como tal;
2. Dividir cada uma das dificuldades a serem examinadas em tantas parcelas quanto possível e em quantas forem necessárias, a fim de resolvê-las;
3. Ordenar os pensamentos pelos objetos mais simples, até o conhecimento dos mais complexos; e por fim,
4. Fazer enumerações tão extensas e revisões tão gerais de modo a ter certeza que nada omitiu. (DESCARTES, 1983, p. 37-38).

O pensamento desse filósofo marcou a história neste período e estabelece um universo univocamente determinado e que deve ser dividido em partes para ser compreendido, mas a soma das partes configuram um todo.

O mundo ocidental começa a se dividir quando o homem deixa de produzir só para seu próprio consumo e começa a produzir em maior quantidade para trocar e comercializar. Ao gerar excedente para a produção percebemos a possibilidade de trocar de mercadorias. Daí, os burgueses, aproveitando-se desse lapso da economia feudal, começam a pensar em um sistema baseado na troca de produtos por moedas. Este mesmo sistema gera também novas necessidades que se alimentam dos desejos humanos e, assim, notamos a separação entre a produção e o consumo. Obviamente, essas formas produtivas possuíam características bastante afastadas do modelo abstrato da produção capitalista moderna, segundo a qual, as mercadorias passam por intermediários antes de chegar ao consumidor final. (HAUSER, 1972, p. 271)

Iniciamos um processo de pensamento em pedaços, porém ainda substancialmente ligado aos valores orgânicos e univocamente determinados na Idade Média. Os profissionais atribuem ao bem produzido um conceito de “valor mercadológico” que permite a liberdade de criar novos valores para antigos objetos, sem produzir novas mercadorias. Este fato, unido à necessidade de troca dos bens culturais gera a necessidade de quantificação dos valores dos objetos. Precisamos atribuir valor às nossas mercadorias.

Em plena Idade Média percebemos as individualidades, fragmentações e os valores racionalistas. Abandonamos as concepções transcendentais baseadas em uma sociedade de economia natural estruturada sob o domínio da Igreja Católica Cristã e passamos para uma economia monetária urbana que propunha a emancipação da burguesia, no entanto, ainda estruturada pela ideologia cristã.

Na filosofia, particularmente no princípio “humanista individualista” vamos encontrar o homem em busca da afirmação de sua personalidade, em busca do seu eu, tendo como base a tomada de consciência da própria espécie. Para isso ele proclama contra a autoridade estabelecida em busca de uma nova ordem. Hauser diz que o individualismo da Renascença é novo apenas no sentido em que o homem toma consciência desse fenômeno (1972, pp. 361-362). A unidade totalitária estabelecida pela fé medieval, gradualmente dá lugar à dualidade entre a

crença e o conhecimento, entre a fé e ciência, entre a autoridade e a razão, entre um mundo orgânico e outro fragmentário; é uma nova ordem que começa a despontar.

As obras de arte que antes eram produzidas para os reis e para o clero passam a ser encomendadas pela burguesia. Eles, com as mudanças na dinâmica da economia, vão, gradativamente, introduzindo seus valores e princípios no mundo europeu ocidental. As camadas sociais que, até então, eram rigidamente definidas, aos poucos vão dando lugar a um espírito mais dinâmico e flexível. Ainda na Idade Média temos uma visão religiosa unicamente determinada. Porém, mais adiante, encontramos os elementos de ordem, grandeza e o cientificismo definindo nosso pensamento com base no cristianismo. A diferença entre as produções artísticas desses dois períodos que antecedem a Revolução Industrial está na forma de ver essa realidade. O primeiro representa o mundo percebido de "modo natural", já o segundo faz dele um "estudo de proporções" baseado na Geometria Perspectiva Linear estruturada matematicamente pelos princípios de Euclides de Alexandria que viveu por volta do século IV.

No entendimento de Edgerton, como já vimos, a terceira parte do tripé que dá sustentação à revolução científica no mundo ocidental é exatamente a possibilidade de se estabelecer uma filosofia para a pintura possível de ser demonstrada através de deduções matemáticas estruturadas pela geometria euclidiana. Para ele, a arte do período pré-industrial influenciou várias culturas no mundo, não porque foram impostas, mas sim porque teve um trabalho mais convincente de representação - uma percepção mais natural da realidade, uma representação magicamente aceita por todos que com ela tiveram contato. (EDGERTON, 1991, p. 8).

A geometria perspectiva foi rapidamente difundida por toda a Europa Ocidental, principalmente, depois do século XV. A partir do Renascimento acreditava-se que ao contemplar uma pintura, na qual a "Geometria Divina" estava presente, os seres humanos contemplavam a essência da realidade, réplica do instante em que Deus tinha concebido o mundo: o momento da Criação.



---

**Figura 12** - Casal Arnolfini (1450),  
Jan Van Eyck.

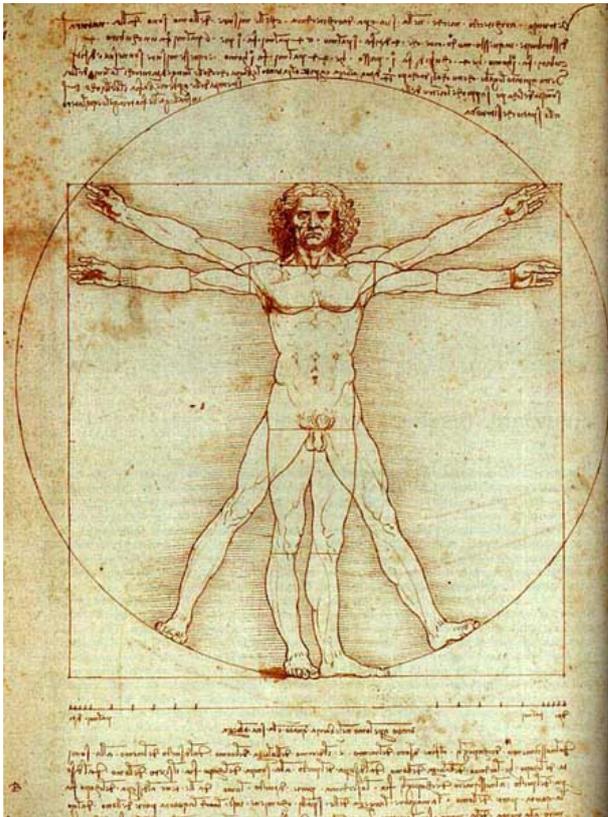
---

De fato, nesta época, na academia, ensinava-se que a matemática, as artes e as ciências eram áreas de conhecimento comum e que, a “perspectiva linear”, assim como a “teoria das proporções” eram conhecimentos matemáticos e deveriam ser utilizados pelos artistas. Isso nos faz compreender porque os artistas Leon Alberti, Albrecht Dürer e Leonardo da Vinci estudavam profundamente as proporções humanas e as proporções espaciais em suas representações artísticas e também eram grandes formuladores de princípios matemáticos.

Neste momento, o homem é representado de forma fixa em proporções com os demais objetos a sua volta. Os artistas, no final do período medieval e em todo o período do renascimento, representavam o mundo nas telas usando regras e proporções matemáticas oriundas dos Pitagóricos da Grécia Antiga e as regras da geometria euclidiana demasiadamente simples, ou seja, a geometria utilizada era aquela que conhecemos até hoje como sendo a geometria de um ponto de fuga.

Representar o homem e o seu espaço, de modo científico, era um dos objetivos da arte no período pré-industrial, que, para tanto, utilizavam a matemática e a geometria intensamente. Diante dessas modificações de percepção

dos artistas plásticos, somos obrigados a olhar para as representações com profunda estabilidade gravitacional, em harmonia com o mundo ao redor.



**Figura 13** - Michelangelo (1510-11),  
Desenhos e Homem Vitruviano.

Os espaços de representação das obras artísticas renascentistas modificaram substancialmente após o período medieval. Abandonamos a representação de espaço sem referência gravitacional que era típico das representações das cúpulas nas catedrais onde as figuras flutuavam num fundo indeterminado. (LAURENTIZ, 1991, p. 76) No período renascentista detectamos diversas formas de representar através da perspectiva, e o psicólogo James J. Gibson (HALL, 1977, p. 169) identificou treze tipos distintos neste momento. Segundo Edward T. Hall, o homem do final do período medieval conhecia seis formas diferentes desses treze tipos identificados por Gibson.

Não éramos capazes de distinguir as diferenças entre o “campo visual” e o “mundo visual”, ou seja, não conseguíamos verificar as diferenças entre as imagens percebidas em toda a extensão do globo ocular, incluindo nela a imagem periférica e as imagens de representação do homem achatado pelo sistema perspectivo monocular. Os renascentistas vivem essa contradição. Para eles, os espaços de representação se comportavam de forma estática e os objetos eram organizados de

maneira a serem observados a partir de um único ponto de vista. O olho imóvel achata os objetos além de cinco metros de distância e, assim, estamos realmente representando o mundo de maneira bidimensional.



---

**Figura 14** - São Tiago a caminho de sua execução (1455), Andrea Mantegna. Afresco (destruído) Igreja de Eremitani, de Padua.

---

Essa contradição somente será resolvida por volta do século XVII quando o empirismo renascentista dá lugar a um conceito mais dinâmico de espaço, muito mais complexo e difícil de ser organizado. O espaço visual do final da Idade Média e no Renascimento era demasiado simples e estereotipado. Os artistas medievais e renascentistas

examinavam a “organização visual dos objetos à distância com o “observador” constante, Rembrandt prestou particular atenção à como a pessoa vê, quando o “olho” permanece constante e não se movimenta de um lado para outro, mas repousa em certas áreas específicas da pintura. (HALL, 1977, p. 82)

Rembrandt transferiu essa percepção para sua obra introduzindo a noção de sombra e de “claro-escuro” e quando observámos os trabalhos deste artista a uma determinada distância eles ganham tridimensionalidade e uma dinâmica de representação muito particular.



---

**Figura 15** - Hendrickje banhando-se no rio (1654), Van Rijn Rembrandt. Óleo sobre Tela - 61.8 x 47 cm, Galeria Nacional, Londres.

---

Para o homem da Grécia Antiga, assim como o do princípio da Idade Média, era impossível a compreensão do conceito de distância. A perspectiva linear baseada na distância fixa entre o olho e o objeto representado com apenas um ponto de fuga e a noção de distância temporal tendo o presente como um ponto fixo e o passado como algo projetado para trás, só terá sentido no período renascentista. Erwin Panofsky em “Significado nas Artes Visuais” afirma que essa consciência plástica surge com a consciência histórica representada na busca dos valores culturais da Antiguidade Clássica. Para ele,

os artistas podiam empregar os motivos dos relevos e estátuas clássicas, mas nenhum espírito medieval podia conceber a arqueologia clássica. Do mesmo modo que era impossível para a Idade Média elaborar um sistema moderno de perspectivas, que se baseia na conscientização de uma distância fixa entre o olho e o objeto e permite assim ao artista construir imagens compreensíveis e coerentes de coisas visíveis, assim também lhe era impossível desenvolver a ideia moderna de história baseada na conscientização de uma distância intelectual entre o presente e o passado que permite ao estudioso armar conceitos compreensíveis e coerentes de períodos idos. (1979, pp. 82-83).

Para Panofsky é óbvio que a perspectiva linear foi se modificando ao longo desses períodos. As figuras de Giotto e de Paolo Uccello eram estaticamente

construídas por meio de formas geométricas marcadamente determinadas. Mais adiante, nas obras de Leonardo da Vinci e Tintoretto verificamos a utilização da perspectiva com dois pontos de fuga e outra dinâmica de construção.

---

**Figura 16** - Giotto di Bondone  
Afresco "A Lamentação" na Capela  
de Scrovegni - (1304 a 1306)

---



Por fim, se tomarmos Dürer, Miguel Angelo e Rubens notamos o auge na utilização das formas em perspectiva onde as sombras determinando volume nos levam a reconhecer o espaço e as formas representadas muito mais que a própria forma perspectiva utilizada.



---

**Figura 17** - Michelangelo (1510-11)  
Esboços e Desenhos.

---

O homem sai do campo para a cidade e, desse modo, começa a perceber a rigidez das construções urbanas. O movimento de tridimensionalidade passa a estar diante de nossos olhos. Nas obras plásticas do final da Idade Média e do Renascimento vamos encontrar representadas as formas arquitetônicas, a partir do que os gregos haviam elaborado. As ordens, como o dórico, o jônico ou o coríntio, são reutilizadas, ao compor os palácios, as igrejas, as casas dos burgueses e as telas dos artistas plásticos que nesse instante utilizam constantemente os elementos de arquitetura para compor os cenários de suas obras.

Apesar de não ser nosso objetivo tratar das obras de arquitetura, é importante citar a descrição da reconstrução da Capela-Mor da Abadia de Saint-Denis do Abade Suger e o tratado sobre a Harmonia Universal publicado em 1525 por Francesco Giorgi que estabelece regras para a construção da Catedral de Milão.

O primeiro demonstra o valor matemático que se atribuía a produção artística em geral. Essa obra traz consigo a verdadeira força espiritual e material das proporções e razões utilizada em toda arte visual do ocidente europeu, em especial a produzida sobre o patrocínio do Abade Suger. Ele salienta nesta descrição que o valor mais alto, realizado no novo edifício é a “Harmonia” - isto é, “a perfeita relação das partes, em termos de proporções ou razões matemáticas - que é a fonte de toda a beleza, pois exemplifica as leis segundo as quais a “razão divina” construiu o universo.” (JANSON, 1977, p. 285).

O segundo em seu tratado une a teoria neoplatônica com o cristianismo reforçando a crença, já existente na eficácia da razão numérica. Para a Catedral de Milão, Giorgi sugere um sistema global de medidas que relaciona proporções do “Homem Vitruviano” com as “Harmonias Cósmicas” de Platão e Pitágoras. (PENNICK, 1980, p. 110)

As ordens arquitetônicas ajudam a interpretar o homem e seu meio ambiente através das medidas. A dimensão total da figura humana é expressa em frações ordinárias e o homem, agora dividido em partes, serve para definir o tamanho das naves centrais das catedrais construídas nesse período. Na verdade a fração ordinária é o único signo matemático que representa precisamente a relação entre duas quantidades mensuráveis.

O uso da teoria das proporções e a utilização de cânones geométricas sempre estiveram presente nas artes visuais. Verificamos também que há

diferenças fundamentais entre o método dos egípcios, o método de Policleto considerado o formulador da antropometria clássica grega, o método utilizado na Idade Média e o de Leonardo da Vinci. Porém, tentando estabelecer uma definição única para o que possa ser a “teoria das proporções,” somos levados ao texto “Significado nas Artes Visuais” de Erwin Panofsky e de lá extrairmos que essa teoria é

um sistema de estabelecer as relações matemáticas entre as diversas partes de uma criatura viva, particularmente dos seres humanos na medida em que esses seres sejam considerados temas de uma representação artística. (Panofsky, 1979, p. 90).

Ao fragmentar em módulos os seres humanos e o espaço ocupado por eles, vemos introduzidos outros dois conceitos que irão marcar significativamente os períodos pré-industrial e industrial mecânica.

O conceito de individualidade da produção e o conceito de medida do produto finalizado serão importantes para a compreensão do mundo burguês. Mensurar as obras de arte como igualmente se fazia com as mercadorias é característica marcante do homem-produtor-artístico desse momento histórico.

Os artistas têm no suporte móvel sua mercadoria, com um valor de troca determinado pela individualidade de cada produtor. Agora, ele não é mais um artesão e sim, um intelectual da arte que emprega em sua produção profundos conhecimentos matemáticos aplicados a anatomia e a geometria espacial. Isso traz individualidade às criações humanas onde, o meio de produção ainda é artesanal e o produtor elabora seu produto por completo.

Os esboços, os traçados e os desenhos não são preservados no tempo assim como é a obra de arte final. Eles representam apenas a fragmentação do processo de trabalho do artista plástico, isto é, o que importa é a pintura final; o quadro realizado.

A partir de então as telas a óleo tornam-se a vedete da produção artística e junto com elas seus produtores. Um exemplo disso é a nomeação de Giotto para diretor das obras da catedral de Florença, uma honra e responsabilidade até então reservada a arquitetos e escultores e nunca a pintores. Esse grande artista plástico afirma que a pintura era superior à escultura, e assim dizendo, colocava-a no patamar mais elevado de todas as formas de expressão artística. (JANSON, 1977, p.325).



---

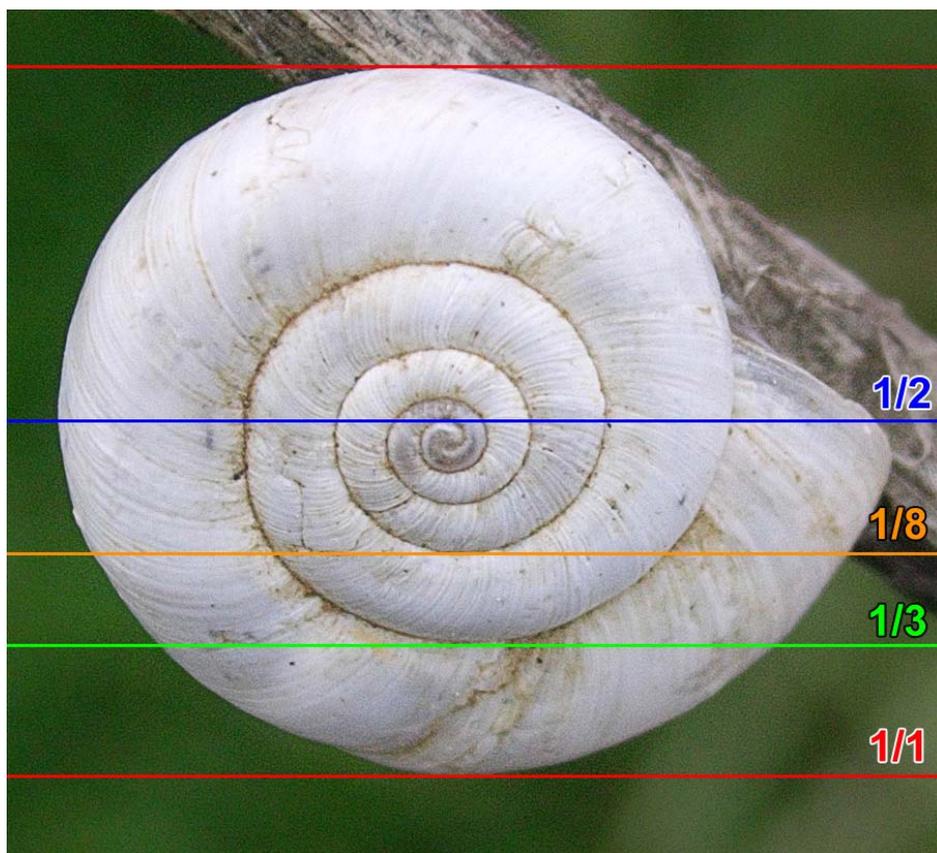
**Figura 18** - Auto-Retrato com Luvas.  
Albrecht Dürer (1498).

---

Dürer pintou vários autorretratos que era o tema pouco comum na época e que pode ser visto como uma promoção do status que o artista passa a adquirir na sociedade da época. Ele era um grande estudioso de matemática e das artes. De fato, não podemos deixar de eleger em segundo plano a prensa de Gutemberg e as técnicas de litogravura e xilogravura que abrem as portas para a reprodução e difusão das ideias no mundo renascentista.

Pollaiuolo e Dürer desenvolveram grande parte de suas obras nesse meio de expressão. O primeiro, além de gravador e pintor era escultor, e levava para seus trabalhos as noções de anatomia que ajudaram a pensar a representação gráfica e as proporções das figuras humanas do renascimento. Já Dürer, que era pintor e matemático, muito contribuiu para todos os segmentos do conhecimento em que atuou.

As mesmas prensas que criam as gravuras no período pré-industrial, imprimem os livros, inclusive os de matemática. Com isso temos uma maior difusão do saber, característica marcante desse momento. Porém, este conhecimento está limitado aos “literatos” e aos “humanistas” da época, já que o latim era a língua mais difundida no ocidente, e até esse momento, grande parte da matemática conhecida era chinesa, hindu e árabe, necessitando ser traduzida por intérpretes que conhecessem tanto a matemática quanto o idioma latino.



**Figura 19** - Série de Fibonacci - Livro de Ábaco (Liber Abaci) um tratado muito completo sobre métodos e problemas algébricos. Parte do princípio que aritmética e geometria são interligados.

O processo de tradução ocorre lentamente nos diversos segmentos do conhecimento e em particular, na ciência dos números. As primeiras fontes matemáticas interpretadas eram de aritmética, de teoria dos números, de teoria das proporções e sobre a secção áurea, esse último de caráter místico, é atribuído a Antiguidade Clássica. A álgebra geométrica e a matemática contábil são as partes da matemática que maior atenção recebem do mundo burguês pelo seu caráter de quantificação, também a trigonometria e a geometria recebem especial atenção nesse período pois auxiliam na solução dos problemas de astronomia, demarcação de terras, desenhos de cartografia e desenhos de perspectiva das obras de arte.

O mundo medieval e renascentista está em busca do conhecimento grego a fim de toma-lo como ideal de representação, assim baseado em Platão, verificamos três formas de conceber o número e a aritmética. E são elas:

o “número-puro,” tratado na “Aritmologia” isto é, mística do número de tendência metafísica, se ocupa daquilo que transcende ao conceito numérico em si;

o “número-científico,” tratado na “Aritmética” propriamente dita, considera o caráter científico abstrato do elemento numérico, segundo um método silogístico e rigoroso do tipo euclidiano e, por fim, o

“número-concreto” que não era considerado como ciência mas sim, como uma técnica, tratado na chamada “Aritmética dos Navegantes” é relegado a um grau inferior e trata-se do cálculo propriamente dito. (GHYKA, 1968, p. 22)

De fato, o “número puro,” “número-divino, “ou” número-ideia” é o modelo ideal do “número-científico,” este “consideraremos geralmente como número; pois a causa do mundo material são as formas - que dependem de quantidade, qualidade e disposições - a única coisa permanente é a estrutura das coisas - cópia do modelo percebido em logo - e sua única realidade é o arquétipo diretor de todo o universo criado, (GHYKA, 1968, p. 22) Aqui encontramos o caráter orgânico da Idade Média presente na matemática onde o “número-divino” e o “número-científico” fazem parte de um único universo de percepção.

Outro aspecto que deve ser destacado nesse momento é a intuitiva noção de quantificação do mundo real, de fácil verificação nos textos de matemática nesse instante que precede a Revolução Industrial na Civilização Ocidental. Notamos isso quando lemos o que Oresme, ao generalizar a teoria das proporções de Bradwardine, escreve: “Tudo que é mensurável ... é imaginável na forma de quantidade contínua.” (BOYER, 1974, p. 192) Ele, ao medir a distância que um corpo percorre quando se move com aceleração constante em um determinado tempo e ao traçar um gráfico de velocidade e tempo com esses dados, realiza a verificação geométrica da regra de distância percorrida.

Richard Suiseth, “O Calculator”, também nos mostra o processo de quantificação do mundo ocidental, quando formula o problema sobre latitude das formas, cujo enunciado, é assim descrito:

Se durante a primeira metade de tempo dado, uma variação continua com uma certa intensidade, durante a quarta parte seguinte do intervalo continua com o dobro da intensidade, durante a oitava parte seguinte com o triplo da intensidade e assim ad infinitum; então a intensidade média para o intervalo todo será a intensidade de variação durante o segundo subintervalo. (BOYER, 1974, p.192).

Hoje ela é traduzida pela série infinita, a qual foi demonstrada de modo geométrico, por Oresme, pois Calculator não conhecia os modos gráficos de demonstração. A ciência dos números começa a tomar impulso significativo com Regiomontanus considerado o matemático mais influente do século XV e que conhecia grego, portanto, entrou em contato com o conhecimento científico e filosófico da antiguidade. Neste momento, já existiam algumas boas traduções para o latim do trabalho de Euclides, e sua “noção de grandeza geométrica tal como

aparece, progressivamente formalizada, em diferentes livros dos Elementos." Gilles Gaston Granger definiu essa noção de grandeza na geometria deixando explícito a relação entre elemento numérico e geométrico, do seguinte modo. Para ele,

a intuição ingênua - pelo menos para a nossa, já educada por séculos de prática social das operações de medida - a grandeza geométrica não coloca problemas, isto é, a ideia de número é espontaneamente aplicada à intuição de um segmento de linha, e até de um fragmento de superfície. (GRANGER, 1974, p. 37)

Já a Euclides coube estabelecer a ligação do ser geométrico com o aritmético, o que foi plenamente realizado em "Os Elementos" e assim, a matemática está preparada para uma aritmética do incomensurável que se realizará plenamente nesse período trazendo no seu interior parâmetros que serão marcantes para a modernidade ou seja, a noção dialética dos números irracionais.

Esses números não podem ser expressos na forma de razão ou fração e causaram dificuldades maiores em sua compreensão "porque, não são aproximáveis por números positivos, mas a noção de sentido sobre uma reta tornou-os plausíveis". (BOYER, 1974, p. 210), assim,

a questão não é inventar um método particular para superar tal dificuldade de medida, mas encontrar princípios gerais que permitam ajustar o sistema dos números e a noção ainda muito intuitiva de ser geométrico linear. (GRANGER, 1974, p. 37).

Esse ajuste irá se realizar com os espaços topológicos matemáticos numa base euclidiana e na noção sistêmica matemática univocamente determinada pelas teorias de Descartes com sua álgebra geométrica, de Fermat com sua álgebra analítica e de Desargues com sua geometria projetiva.

A álgebra, a geometria e a trigonometria são os temas centrais do desenvolvimento matemático no período em questão pelo seu caráter de mensuração e ordenação. Todas as obras matemáticas, aqui expostas, culminaram com sistemas baseados na geometria euclidiana, e nessa visão intuitiva do espaço matemático, podemos observar também que as visões de Descartes, Fermat e Desargues, individualmente concebidas, para efeito sintético, determinam a produção e as características desse momento histórico.

Tomemos inicialmente a álgebra geométrica de René Descartes, que além de matemático contribuiu de forma definitiva para o conhecimento humano nesse período. Sua obra, em especial a matemática, começa a tomar corpo no início do renascimento através da resolução algébrica de equações cúbicas associada a

respectiva demonstração geométrica em termos de subdivisão do cubo. Esta noção de resolução de problemas matemáticos através das noções geométricas está presente em toda produção desse momento. Podemos encontrá-la também nos Livros IV e VI de álgebra de Rafael Bombelli; eles tinham diversos problemas de geometria resolvidos de maneira algébrica.

Descartes dizia que para fazer matemática devemos, por um lado, reter do objeto apenas o que ele possui de mensurável e redutível ao número puro da álgebra, e de outro, guardar a ordem. (GRANGER, 1974, p. 37) Estes dois conceitos podem ser generalizados por todo o mundo matemático, e porque não dizer, por todo o mundo Pré-Industrial onde tudo é concebido em duas partes: a primeira, trata da matéria e, portanto, deve ser medida; o mais importante aqui é mensurar. A segunda trata da organização da matéria e, portanto, de sua ordenação. Assim, estamos diante de dois fenômenos que marcam o período inicial da economia do sistema burguês de troca: a medida e a ordem.

O pai da filosofia moderna transfere a noção intuitiva do “objeto geométrico imaginado” e “a confusa complexidade fenomenológica da figura” para um problema de álgebra. Isto é, segundo Descartes ele se serve de um método onde

tudo o que cai na consideração dos geômetras se reduz a um mesmo gênero de problemas, que é o de procurar o valor das raízes de alguma equação, julgar-se-á que não é difícil fazer uma enumeração de todas as vias pelas quais pode-se encontrá-las. (GRANGER, 1974, p. 65).

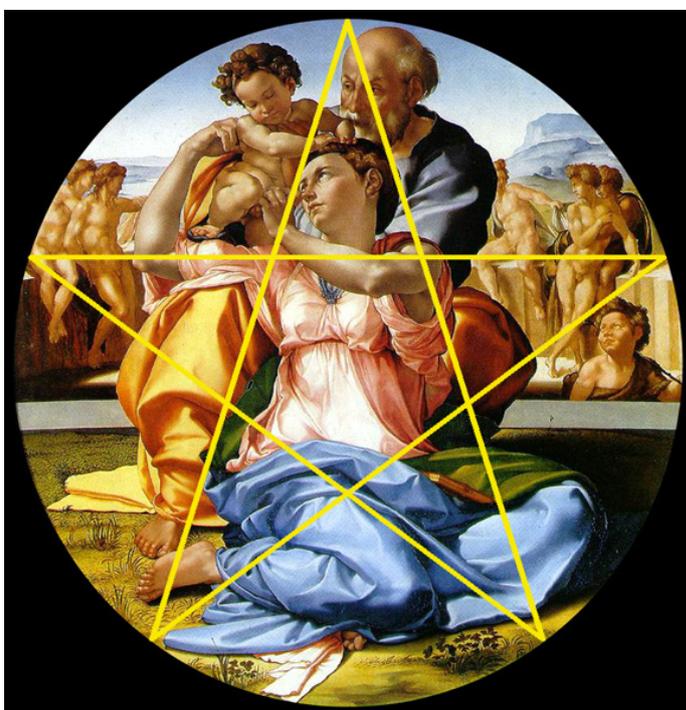
Assim, o objeto matemático é em geral uma construção geométrica, e não necessariamente a redução da geometria à álgebra. O fundamental não é resolver os problemas de álgebra através da geometria, mas "consiste justamente em definir a inteligibilidade da extensão pela medida e em considerar a Geometria como a ciência que ensina geralmente a conhecer as medidas de todos os corpos." (GRANGER, 1974, p. 64).

Já Girard Desargues retomando a Antiguidade, preserva as ideias de Regiomontanus na trigonometria e, assim, elabora um belo trabalho de geometria composto por vinte e dois livros sobre “Elementos de cônicas” traduzindo desse modo, para o latim, os estudos sobre cônicas de Euclides. Esse é o impulso inicial para o *“Brouillon projet d' une atteinte aux événements des rencontres d' un cone avec un plan”* que pode ser traduzido por “Esboço tosco de uma tentativa de tratar o resultado de um encontro entre um cone e um plano” de Desargues sobre a geometria projetiva que, basicamente, opera com as cônicas de maneira

essencialmente simples, podendo ser tratada de maneira a derivar-se da arte da renascença e do princípio de continuidade de Kepler.

Aqui encontramos a mais direta relação de similaridade dos espaços topológicos matemáticos com os espaços topológicos plásticos, a noção de perspectiva linear. Ela pode ser entendida com a representação bidimensional do espaço tridimensional utilizando-se do princípio da redução ou projeção de retas em planos. Este ponto recebeu atenção especial dos matemáticos e dos artistas renascentistas.

Primeiro consideremos Leon Battista Alberti, arquiteto, que, num tratado impresso em 1511, “descreve um método que tinha inventado para representar num plano de figura vertical uma coleção de quadrados num plano de terra horizontal.” Por outro lado, encontramos novamente a obra de Desargues, que descreve um processo de construir perspectiva de qualquer figura humana para artesãos e artistas, uma "noção de transformação projetiva" que ele denominou de “*Méthode universelle de mettre en perspective les objets donnés réellement ou en devis*”, em 1636, que pode ser traduzido por método universal de transformar em perspectiva não empregando ponto algum que esteja fora do campo da obra.



---

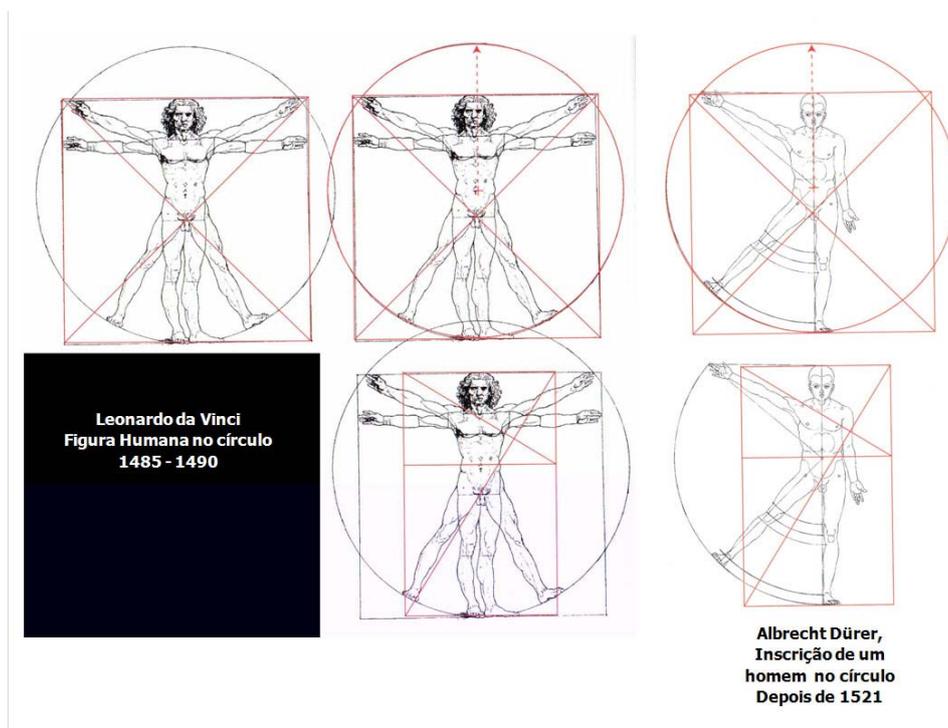
**Figura 20** - Auto-Retrato com Luvas. Albrecht Dürer (1498).

---

Além de Alberti, outros artistas também contribuíram de maneira direta para a matemática desse momento: Leonardo da Vinci com seu Tratado Della

Pittura, Piero della Francesca que tratou da questão da representação de objetos tridimensionais observado de um ponto determinado, ampliando o trabalho de Alberti e, finalmente, encontramos um grande artista renascentista, Albert Dürer, que tinha forte interesse pela geometria e escreveu o livro denominado "Investigação sobre a medida com círculos e retas de figuras planas e sólidas". Dürer foi o artista que mais fundo levou seu conhecimento de matemática, dando atenção especial à geometria representativa nas artes visuais, chegando a publicar também um livro sobre teoria das proporções humanas.

Dürer começou seus estudos sobre as figuras de Vitruvius seguindo seu trabalho através de um método geométrico baseado essencialmente no estilo gótico, mas foi ele o primeiro artista do renascimento alemão a produzir nus corretos e cientificamente proporcionados. Ele também foi autor de inúmeras litogravuras e xilogravuras que levaram aos artistas de sua época os conhecimentos de movimentos das figuras humanas e as proporções humanas de origem clássicas.



**Figura 20** – O Homem Vitruviano de Leonardo da Vinci e as proporções áureas nos desenhos de Albrecht Dürer

Finalizando, observemos a obra de Pierre de Fermat, que como muitos de sua época, dedicava-se à recuperação de obras perdidas da antiguidade com base em informações encontradas nos tratados clássicos, e assim, os trabalhos traduzidos para o latim aumentavam dia após dia e uma parcela significativa do conhecimento humano tem sua origem nos textos clássicos. Entre esses trabalhos encontramos a reconstrução dos Lugares Planos de Apolônio, que possuía como subproduto o “princípio fundamental da geometria analítica”, qual seja: “sempre que numa equação final encontram-se duas quantidades incógnitas, temos um lugar, a extremidade de uma delas descrevendo uma linha, reta ou curva” (BOYER, 1974, p. 253) e assim estamos novamente diante da relação entre os números e a geometria.

Esse matemático do período pré-industrial, junto com Descartes, foi o que mais se aproximou de visualizar outras dimensões, além do plano. Fermat em seu método para achar máximos e mínimos manipula lugares dados por equações que hoje são conhecidas como as parábolas de Fermat e que operavam em “geometria analítica de curvas planas de grau superior” e introduziu o conceito de operações em mais que três dimensões, porém, o pai da geometria analítica se tinha isso em mente não foi além desse ponto. E a teoria baseada em três dimensões teria que esperar até o século XVIII, antes de ser definitivamente desenvolvida. De fato, esses procedimentos levaram o matemático Fermat a um método para achar tangentes a curva  $y = x$ , que por consequência nos deu o teorema sobre as áreas delimitada por essas curvas, isto é, primeiro passo para a “análise infinitesimal”.

Do mesmo modo que Descartes, Desargues e todos seus contemporâneos, inclusive Fermat, tinham uma concepção euclidiana dos espaços matemáticos e tratava-os de maneira planimétrica. E assim, criou a sua geometria analítica e seu método de máximos e mínimos que, entre outras coisas, introduziu o cálculo diferencial e integral e a percepção dos “valores vizinhos” que é a essência da “análise infinitesimal”. Como todas as outras teorias, estamos em busca da consistência entre os seres geométricos e os seres numéricos, estamos tentando estender as proposições sobre os números à geometria, de modo a unificá-los na ideia de um cálculo geométrico, e assim, conceber a matemática como um sistema único. (GRANGER, 1974, p. 87)

A perspectiva com apenas um ponto de fuga “resume uma situação que a própria ‘perspectiva focalizada’ ajudará a formar e perpetuar: uma situação na qual a obra de arte se tornará um segmento do universo, como este é observado - ou pelo menos, como podia ser observado - por um indivíduo particular, a partir de um ponto de vista particular, num momento particular. “Primeiro é o olho que vê; segundo, o objeto visto; terceiro a distância entre um e outro”, diz Dürer, parafraseando Piero Della Francesca (PANOFSKY, 1979, p. 360). A teoria de arte desenvolvida na Renascença pretendia ajudar o artista a chegar a um acordo com a realidade numa base observacional; os tratados medievais de arte, ao contrário limitavam-se quase sempre, ao enunciado de códigos e regras que poupariam ao artista o trabalho de observar diretamente a realidade.

Essa característica de particularidade, a que se refere Dürer, pode ser levada à matemática se tomarmos que, no final deste período, temos construídas três formas de se pensar a ciência dos números. Todas elas baseadas numa visão geométrica intuitiva observacional do ente matemático; uma visão euclidiana de espaço, cada qual com característica específica de seus criadores. Duas delas levavam em conta os procedimentos algébricos estendidos à geometria e, por isso, são chamadas de álgebra geométrica ou geometria analítica, desenvolvidas por Descartes e Fermat.

A primeira experiência, de caráter metafísico, olhava para o mundo através da filosofia, e assim, a álgebra geométrica cartesiana tinha como finalidade encontrar um “método para raciocinar bem e procurar a verdade nas ciências”. Já a segunda, não tão abrangente, contribuiu fundamentalmente para a matemática, uma vez que seu autor, apesar de nada ter publicado possuía uma exposição muito mais didática e sistemática do que o primeiro. Por fim, a terceira teoria, com características próprias, e essencialmente simples, voltadas às coisas do cotidiano, é denominada de geometria projetiva arguesiana, é construída a partir de termos tomados da natureza, em especial da botânica. Desargues, seu autor, atribuía a sua geometria nomes como: “nós”, “ramos”, “raiz” e outros tomados do dia a dia, para as suas definições e os seus conceitos. A secção de cônicas é denominada de “golpe de rolo”, porque faz referência a um rolo de amassar, e é desse modo que a geometria arguesiana vê a transformação da circunferência em elipse; uma massa circular que, se trabalhada com um rolo, pode vira uma elipse.

A produção artesanal imprime “as marcas individuais” do produtor, no objeto criado, fundamentalmente no ciclo pré-industrial. Percebemos também que todas as teorias olhavam para o objeto matemático pelo seu aspecto geométrico e euclidiano, que se fundamenta numa teoria com bases observacionais, na qual o espaço topológico utilizado sustenta-se numa métrica plana dada a partir de nossa percepção pura e simples, sem quaisquer instrumentos auxiliares.

De modo que, nesse período uma das similaridades que podemos destacar, desses dois segmentos do conhecimento humano, é a visão sistêmica dos espaços topológicos matemáticos e artísticos, dados pela percepção intuitiva do homem, sem mecanismos de observação, que não os seus próprios olhos e a sua individualidade. Os homens e seus objetos ao redor são representados numa visão planimétrica tirada da perspectiva monocular de observação, baseada na geometria euclidiana e que trazia à percepção de cada produtor um modo particular de enxergar o mundo.

Os artistas que mais longe levaram essas ideias foram Miguelangelo e Dürer. Um, ao elaborar o juízo final, dá sua opinião a respeito desse tema sagrado, dentro do seio da própria igreja católica, contrariando o modo de pensar dessa. O outro, através de seu autorretrato, desenhando-se com feições semelhantes ao Cristo, “encarava sua missão de reformador artístico”, (JANSON, 1977, p. 464) como já destacamos anteriormente, mostrando assim, que o mundo dependia dele e de sua “genialidade”.

Retomando Dürer, ele fala sobre o terceiro elemento, isto é, a distância entre o olho do observador e o objeto observado, e aí, encontramos outro elemento que irá marcar significativamente as produções artísticas e matemáticas desse período. A questão da mensuração e ordenação tão fortemente buscadas nesse mundo, pretensamente racional. A arte é medida e ordem. Nos momentos em que estabelece as relações de proporcionalidade usadas para construção das figuras humanas, estabelece uma ordem a partir de um sistema perspectivo figurativo e estabelece também a ordenação das formas representadas e construídas sob os olhos das ordens arquitetônicas: dórica, jônica e coríntia. O senso comum passa a ser a simetria, o equilíbrio, a ordenação e a mensuração.

A matemática, na tentativa de estabelecer uma projetividade espacial, opera sobre um conceito semelhante aos artistas. Isto é, apesar de tratar as formas

geométricas de maneira espacial, não vai além de uma convenção planimétrica do espaço representado, concebendo assim, um sistema de ordem e medida calcado na deformação dos objetos, em uma projeção sob o plano. Tomaremos em seguida, duas considerações de Giles G. Granger que nos mostra a forma de pensar de dois matemáticos, a respeito da geometria utilizada:

Do método de projeção de Desargues temos a acrescentar que sua construção perspectiva é uma “transformação”, que permite passar do espaço ao plano”, assim, é apenas “uma deformação particular dos comprimentos”. De Descartes podemos ver que “os problemas de geometria facilmente podem ser reduzidos a termos tais que, depois disso, só há necessidade de conhecer o comprimento de algumas linhas retas para construí-los.” (GRANGER, 1974, p. 78) é evidente que, quando esses matemáticos falam de comprimento estão percebendo o espaço-suporte de seus sistemas inserido num contexto onde só interessa a distância desdobrada em duas direções, comprimento e largura; nos remetendo definitivamente ao plano.

Se enveredarmos pelas obras desses dois autores, como também dos outros matemáticos contemporâneos a eles, verificamos cada vez mais que a percepção espacial matemática desses homens era fundamentalmente bidimensional, apesar de Descartes e Fermat visualizarem outras dimensões. Eles definem conceitos, operando-os com base em um código geométrico extraído da antiguidade clássica; o método de Euclides. A geometria e suas projeções, tanto na arte quanto na matemática, era de concepção euclidiana, única geometria conhecida nesse momento.

A perspectiva linear traduz uma visão monocular do mundo, cria a ilusão e deformação do elemento profundidade ao ser representada na tela bidimensional. O plano está organizado segundo um código de representação que achata a espacialização dos objetos assim como um rolo de amassar. A perspectiva ajuda a mensuração dos objetos naturais no mundo; a realidade percebida é traduzida em um suporte único: o plano; o quadro bidimensional que pode ser tirado da parede, transforma-se em mercadoria num sistema econômico pré-capitalista.

Os artistas do início do período pré-industrial não conseguem levar para suas representações gráficas a diferença entre o “campo visual” e o “mundo visual”, nas palavras de Edward T. Hall. Para ele “o homem ocidental não fizera ainda

distinções entre o 'campo visual' - a verdadeira imagem retiniana - e o "mundo visual", que representa o percebido, pois, ele é "... representado não como registrado na retina, mas como percebido - em tamanho natural." (1977, p. 81).

Rembrandt modificará esse modo de representar, utilizando-se do artifício das sombras e pintando "um campo visual estático, em vez do mundo visual convencional retratado pelos seus contemporâneos" imprime em suas telas a tridimensionalidade se "observadas de distância adequadas - que tem de ser determinadas experimentalmente" (HALL, 1977, p. 81) e aí estamos percebendo conceitos que irão caracterizar a modernidade.

## **2. O Período Industrial Mecânico**

Lentamente o homem deixava de ser passivo e iniciava um processo de imposição de suas relações lógicas ao universo que o cercava. O sistema artesanal de produção gradativamente dá lugar à produção em série, imprimindo cada vez mais velocidade ao nosso sistema produtivo e conseqüentemente à nossa percepção.

Neste período onde o sistema produtivo está baseado nas máquinas, nossos sensores de percepção deixam de estar baseados na díade olho-mão passam a estar apoiados na díade homem-máquina. Dividíamos com as máquinas a autoria dos produtos criados. A partir desse ciclo, fomos obrigados a especializar-nos em áreas de conhecimento, já que, somente assim, com a segmentação de tudo ao nosso redor, acreditávamos que o conhecimento se fazia presente.

A compreensão das partes e a sua união nos levaria a compreensão do todo, inclusive do sistema produtivo que pretendíamos dominar para ter controle total sobre a produção. Fragmentávamos e imprimíamos velocidade ao conhecimento, a produção e a percepção.

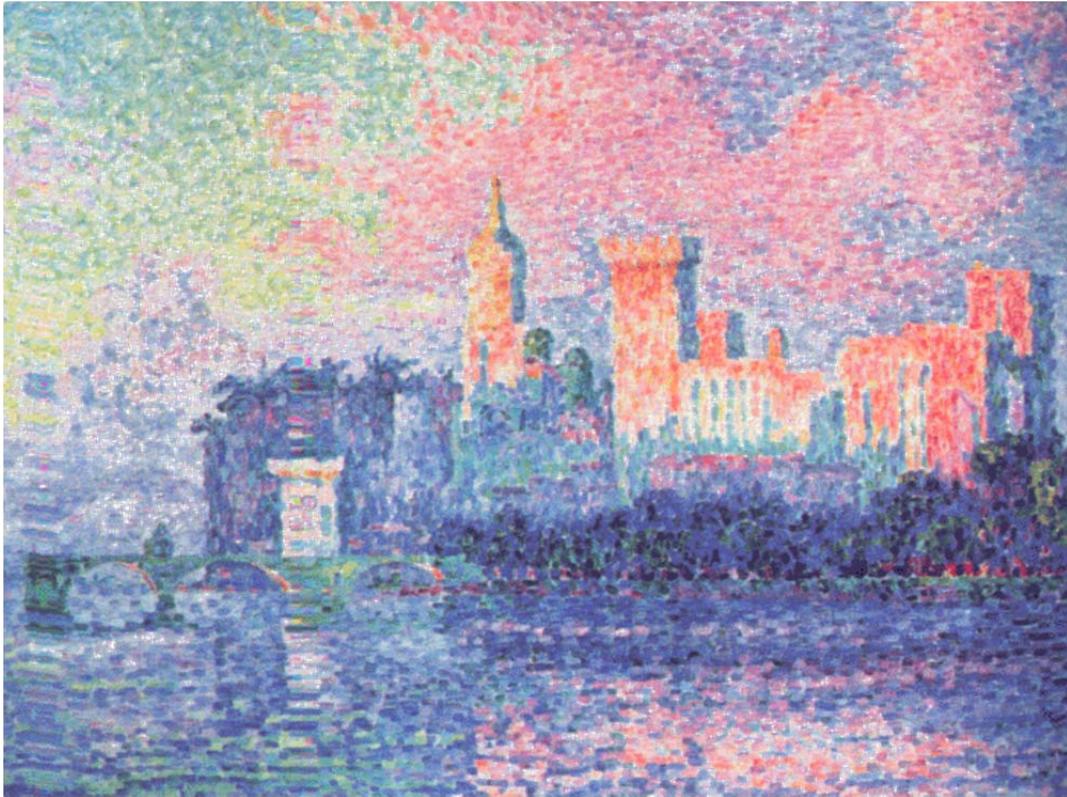
Por outro lado, a racionalidade levada ao extremo produzia um pensamento calcado no inconsciente humano que, num primeiro instante, parecia ser contraditório, porém, não estávamos nada surpresos, ao admitir que os sonhos diziam muito mais ao nosso respeito do que poderíamos perceber conscientemente. O homem via que a máquina lentamente passava a ser um importante meio de produção e assim, conforme Walter Benjamin, consolidava-se

a industrialização mecânica como o período da "reprodutibilidade técnica" (BENJAMIN, 1987, p. 170). Ao implantar-se o novo processo de produção de bens, onde o trabalho das máquinas acrescenta velocidade ao sistema produtivo, redirecionamos nossas percepções e ações no mundo. Os produtos eram executados um a um, para um determinado proprietário e capitalista, assim, a civilização industrial introduzia a serialidade em seu sistema produtivo.

Nas artes podemos verificar que Pieter Bruegel estava preocupado com a vida dos povos humildes e os costumes populares. Já Caravaggio colocava São Mateus como cobrador de impostos dentro de uma taberna, tratando os temas sagrados cotidianamente. David retratava Marat, chefe político da revolução francesa, assassinado dentro de uma banheira por sua secretária. Goya expunha a família de Carlos IV a uma situação de deboche, pintava todos os membros da família real como se fossem um bando de fantasmas e ainda, destacava o rei, dando-lhe a cara de ave de rapina. Ingres, com o mesmo realismo de David, pintava o burguês Louis Bertin em uma tela com grande profundidade psicológica. E assim, vemos que todos os artistas plásticos mudavam e inovavam em suas produções.

De outro lado, procurando compreender a luz enquanto fenômeno em si, a fotografia passava a capturar o momento real vivido, enquanto a pintura tentava compreender, conceitualmente, como se comportava a luz diante dos olhos. Nasceram os movimentos artísticos: impressionista, pós-impressionista, expressionista e pontilhista. Eles poderiam ser sintetizados nas obras de Manet, Monet, Degas, Renoir, Van Gogh, Gauguin, Paul Signac, Toulouse Lautrec e George Seurat, que, entre outras formas de significar, estavam tentando representar o que poderia ser a captura do efêmero, do imaginário, da tensão, do movimento, da luz e do instantâneo em suas pinturas.

Nem bem chegávamos ao ápice da industrialização mecânica, caminhávamos em direção ao seu esgotamento através dos movimentos cubista, concretista, futurista e suprematista. Todos tendo como tema central o abstracionismo, isto é, os artistas queriam suas obras representando a si mesmas, sendo o puro real e não mais a representação de algo. A obra em si passava a ser o próprio objeto real e concreto, nada representava a não ser ela mesma.



---

**Figura 21** - O palácio papal de Avignon, de Paul Signac (1863). In O livro da arte, tradução de Monica Stahel, Martins Fontes, São Paulo, 1996, p. 430.

---

Por outro lado, olhando as artes plásticas, verificamos que duas formas de expressões sobressaiam. A primeira estabelecia relações com o mundo do inconsciente, e tinha, no seu principiar, expoentes como, Henri Matisse, Gustav Klimt e Oskar Kokoschka e suas pinturas retratando o "*fin-de-siècle*", suas angústias e distorções. Esta forma de conduta podia ser reconhecida no movimento artístico dadaísta que, através da deformação deliberada dos objetos representados, determinavam uma forma de protesto contra a civilização industrial. O movimento surrealista acreditava que suas produções eram relativas às percepções do psiquismo e que poderiam exprimir o verdadeiro processo do pensamento. Para eles, isto ocorria, independente do exercício da razão e de qualquer finalidade estética ou moral atribuída aos trabalhos (HAUSER, 1972, p.662).

A segunda forma expressiva, denominada de arte abstrata, era expressa pelas correntes cubista, construtivista, futurista, suprematista, neoplasticista e concretista. O seu expoente inicial foi o artista Cézanne que acreditava que a arte era representação de si mesma, em seguida, na Europa, vieram Kandinsky, Picasso e Braque. Já, na Rússia, vamos encontrar a arte abstrata nos trabalhos de Malevich, Gontcharova, Rodchenko e outros. Um dos maiores expoentes desta forma de expressão artística, e que, editava a revista *De Stijl* especializada neste tipo de arte, é o artista plástico Piet Mondrian. Para todos eles a arte abstrata era o puro real em si e não mais representação dos objetos do mundo. Ela era o próprio objeto concreto, não representa nada a não ser a si mesma.



---

**Figura 22** - Pôster Waterfall, (1961)  
Maurits Cornelis Escher,  
50 x 70 cm.

---

Neste momento, junto com Lobachevsky, Janos Bolyai e Riemann, vamos encontrar o artista gráfico holandês Maurits Cornelis Escher, conhecido por representar os espaços geométricos projetivos ou não euclidianos (elíptico, parabólico e hiperbólico) através de suas xilogravuras e litografias. As imagens produzidas por ele apresentam situações paradoxais, no entanto, factíveis de representação no plano. Ele explora os espaços infinito e as metamorfoses das representações sígnicas dos espaços geométricos não-euclidiano. Escher elabora

seus desenhos e impressões representando os modelos matemáticos pensados por Moëbius (faixa de um lado só) e Klein (Garrafa de Klein).

Essas duas vertentes de representação, uma marcada pelas características psíquicas e mentais e a outra pelas formas abstratas de representação pictórica, determinavam profundamente a produção nas artes plásticas no período industrial mecânico. A continuidade dessas idéias iria determinar significativamente toda a produção artística do período eletro-eletrônico. Este movimento artístico, do qual falamos, foi fundamentalmente desenvolvido na Inglaterra e nos Estados Unidos através da pop-art. Ele vai ser o primeiro de uma série de outros movimentos, marcado por uma continuidade dos princípios psíquicos e abstracionistas, do fim do período industrial mecânico. De fato, a partir deste momento, surgem vários caminhos para a arte. Efetivamente vamos ver obras sendo produzidas para a op-art, a arte conceitual, a arte-objeto, os happenings, as instalações, a video-art, a sky-art, enfim, uma infinidade de linhas de pensamento artístico, definidas de maneira bem particular em relação as suas formas de representação. Todos em busca de uma visualização da unicidade orgânica dada pela linguagem sobre a qual estávamos a produzir conhecimento.

Assim, vamos encontrar Picasso, com um grande número de obras que explicitaram suas metamorfoses e sua fecundidade inesgotável e ininterrupta (PAZ, 1977, p. 7), apresentando uma das características marcantes da modernidade. Encontraremos a serialidade nas diversas formas de produção, inclusive nas obras artísticas. Duchamp, por outro lado, considerado por Paz como autor de uma única obra, nega a pintura moderna fazendo dela uma ideia, um conceito, não concebendo a pintura como uma arte apenas visual. Segundo observou Octávio Paz, em seu livro "*O castelo da pureza*", a pintura-ideia e os ready-made constituíam-se em "*alguns gestos e um grande silêncio*" (1977, p. 8); para ele eram as verdades e os conceitos, nos quais Duchamp enfatizava sua crítica a sociedade em que vivia e elaborava a sua negação à pintura na modernidade.

## **2. O Período Industrial Eletro-Eletrônico e Digital**

O homem descobre a energia elétrica e com ela nosso paradigma de percepção altera-se novamente. Agora, apoiados nos meios eletro-eletrônicos e digitais de produção, somos atingidos em nossos pensamentos pelas diversas formas de energia, em particular pela energia elétrica que nos encaminha em direção à luz e às velocidades e os elementos que ela nos faz perceber.

A energia está presente em tudo que fazemos ou pensamos: na geração da força mecânica através das bobinas, na eletricidade que consumimos em nossas casas, no armazenamento dos dados através dos suportes magnéticos, na transmissão e recepção de informações do mundo digital, enfim, em todas as partículas do universo onde o elétron, o próton e o nêutron estão presentes. De fato, a velocidade de processamento a que somos submetidos, unidos aos mecanismos de armazenamento da informação, nos expõe às novas características e novos paradigmas. A partir de agora, velocidade, conhecimento e decisão são elementos primordiais do processo produtivo e estão incorporados aos novos meios de produção. Detém o poder quem detém as informações, e detém as informações quem detém o domínio sobre os softwares e hardwares.

Para melhor compreendermos o estágio que nos encontramos, ainda em formação, é necessário relembramos que, a memória embutida em nossos equipamentos, aliada à automação de nossas máquinas, acrescenta velocidade ao que fazemos, permitindo maior rapidez, eficiência e expondo a humanidade a uma intensa troca cultural. Logicamente estas modificações perceptivas não aconteceram de uma só vez, nem se configuram instantaneamente, as mudanças de paradigma fazem parte de um processo de observação e elaboração que define e é definido através do uso das diversas linguagens. Assim, para compreendê-lo, é necessário que retomemos valores e pensamentos da história das artes plásticas, a fim de observarmos os processos de mudança que interferem significativamente em nosso atual paradigma de percepção.

Nos Estados Unidos vamos encontrar a *action painting* destacando os trabalhos de Jackson Pollock sobre telas, ele utilizava os gestos e o acaso para criar seus trabalhos, assim como Duchamp, quando incorporou ao seu “Grande Vidro”, a quebra casual de uma de suas peças centrais modificando a interpretação da obra.

O artista americano, Pollock, foi um dos principais representantes da pintura gestual e afirmava que, no chão, se pintava à vontade; ali ele se sentia mais próximo da pintura; fazia parte dela; trabalhava em seus quatro lados e, literalmente, estava dentro da pintura.

Sem dúvida, nestes dois relatos vamos encontrar as marcas da energia humana e da natureza sendo incorporadas aos trabalhos de arte do período eletro-eletrônico. O ato de pintar telas no chão e os vidro quebrado do trabalho de Duchamp, estão repletos de ação, movimento e vitalidade. Pintar para Pollock significava observar sua elaboração nos vários ângulos possíveis e estando a tela no chão isto era possível. Destacando aqui, apenas a action-painting e a pop-art, dois movimentos basicamente americanos de artes plásticas. Enfim, está decretada a maioria internacional da arte americana (JANSON, 1977, p. 664), pois, o poder, a muito já lhes pertencia. Após o final da Segunda Grande Guerra Mundial, quando os americanos junto com os aliados saem vitoriosos, nós vemos crescer significativamente a produção americana, em todas as áreas de conhecimento, particularmente nas artes.

Podemos dizer que a pop-art é uma das expressões desse poder. Suas imagens e representações estão baseadas nos meios de comunicação de massa da sociedade americana. E assim, negando a negação dos “ismos”, a pop-art não é antimoderna; é pós-moderna; e ainda, contrária ao dadaísmo, não é motivada por qualquer desespero ou repulsa em relação à civilização, mas sim, pela exaltação de seus modelos. Os artistas da pop-art exaltando as reproduções em série, como por exemplo, as histórias em quadrinhos, exploram positivamente todos os valores da sociedade de consumo. A simulação do mundo real também é uma das características deste movimento de arte. Os artistas constroem objetos plásticos em tamanho natural. Os trabalhos do artista e escultor Duane Hanson que modelava as pessoas, obtinha esculturas humanas em tamanho natural e que eram verdadeiras réplicas do modelo real e, assim, as características da sociedade que produz para as massas são levadas ao extremo, só faltando-lhe a vida.



---

**Figura 13** – *Old Couple on a Bench*, de Duane Hanson (1994).  
Collection Hanson, Davie, Florida, © VG Bild-Kunst, Bonn 2010, Courtesia do *Institut für Kulturaustausch*.

---

Efetivamente, as artes, desde os ready-made de Duchamp até a computação gráfica e as redes informatizadas, operam sobre ideias, conceitos e signos. As criações plásticas e matemáticas geraram objetos e estruturas concebíveis apenas na mente humana. Em co-autoria com a máquina, o homem, a partir deste instante, elabora seus signos artísticos, dando novas formas e novos significados às suas produções. Tudo se transforma em meios de comunicação. Todos os sistemas de representação são possíveis e os objetos permitem que, deles, possamos extrair todas as interpretações possíveis e imagináveis. Hoje os meios de produção são observados como linguagem de comunicação, no qual os diferentes discursos são possíveis. Concordando com Lucia Santaella, afirmamos, que toda e qualquer interpretação depende dos referenciais que sustentam o pensamento de quem o interpreta (1990, p. 58).

Tanto na matemática, quanto nas artes plásticas, nossos sistemas e linguagens, de agora diante, colocam-se diante de uma "crise de representação" generalizada, portam-se como se estivessem esfacelados, mas, na verdade, apenas deixam claro que, através de nossa percepção, os fenômenos naturais e culturalmente construídos organizam-se segundo modelos que às vezes não estão totalmente determinados para os nossos sentidos, contudo, possuem características que possivelmente se estruturaram a partir de novos modelos de observação que concebemos, num processo contínuo de produção de conhecimento; uma metodologia de investigação científica.

Os novos meios de comunicação geram novos signos, que, por sua vez, abrem novas possibilidades de significação, e, assim, se pretendemos viver intensamente os dias de hoje, devemos estar em busca da compreensão dos significados desses signos que cada vez mais abrem suas portas à interação do homem com tudo aquilo que está ao seu redor, principalmente o que pode ser concebido em sua mente. Entre esses meios, destacamos aquele que, hoje, mais nos atingem, isto é, as novas mídias com seus “códigos de baixo nível”, seus píxeis, sua lógica binária ordenada segundo Boole, estruturando logicamente modelos, algoritmos e princípios matemáticos irremediavelmente incorporados aos atuais meio de comunicação. As imagens da computação gráfica simulando objetos, que em realidade não existem, através das codificações matemáticas, conduzindo-nos aos novos paradigmas de percepção do período eletro-eletrônico. Este processo de elaboração de conhecimento permite-nos unir a produção e o consumo deste meio, num princípio único, simulando, através destas máquinas eletrônicas, ambientes que estão relativamente próximos àqueles estabelecidos pelo nosso sistema nervoso central (MCLUHAN, 1964, p. 391).

Hoje, olhando para nossas produções como elos de um processo cognitivo único, onde mente e mundo fazem parte de um mesmo ecossistema, verificamos que convivemos, intimamente, com a lógica binária e com o mundo digital e, assim, as artes e a matemática unem-se em busca de suas similaridades. O perfil produtivo do momento em que vivemos, está apoiado nos conceitos e procedimentos lógicos matemáticos de nossos equipamentos digitais e está associado aos novos modos de representação, que as diferentes linguagens de comunicação permitem. Os signos matemáticos, cada vez mais, fazem parte e organizam os fundamentos lógicos de todas as outras formas de linguagem do homem.

K. Galloway e S. Rabinowitz, 1977.

*Virtual Space/Composite Image*  
*Space Dance from Satellite Art Project.*

A imagem de Mitsu, in Maryland compõem com a de Keija e Soto, na Califórnia.



Bill Viola, 1992.

*Rezar sem interrupção.*  
Instalação de Vídeo que mostra o ciclo da vida.



C. Sommerer e L. Mignonneau, 1993.

*Interactive plants growing.*

Interação sensível com cinco plantas verdadeiras.



J. Philippe, 1989.

*Totem of the future.*

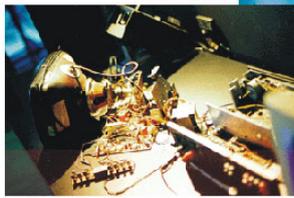
Escultura com diferentes configurações em função da temperatura ambiente.



SCIArts, 1991.

*Entremeios II.*

Sistema de sensores e câmeras que buscam relacionar elementos do espaciais, gerando imagens.



Sterlac, 1990 - 91.

Performance Robótica para ampliação do corpo com terceiro braço.



Detém o poder quem detém os programas dos computadores, que, ao mesmo tempo em que processa o cálculo para o lançamento das espaçonaves, modela os objetos imaginados pelo homem. Através dos meios eletro-eletrônicos e digitais de produção e de sua capacidade de armazenar e processar rapidamente as informações, podemos simular vários ambientes, inclusive aqueles concebidos mentalmente por nós. Hoje, acrescentamos um elemento novo às nossas elaborações lógicas, isto é, a capacidade de simular praticamente tudo ao nosso redor, inclusive aquilo que criamos em nossa mente através dos programas computacionais. De acordo com Milton Sogabe, o poder de simulação destes novos ambientes, unidos aos signos matemáticos e lógicos de nossas linguagens de programação, revelam-nos “imagens sínteses”, imagens em processo que “não representam nada e não têm qualquer tipo de contato físico com algo preexistente: são apenas uma série de informações numéricas.” (1996, p. 114).

As imagens geradas por estes meios não nascem de algum tipo de percepção visual sensível à luz, e também, não fazem referência a qualquer real existente. Cada vez mais, são simulações e representações de objetos abstratos que

existem apenas em nossas mentes, assemelhando-se, em muito, aos signos matemáticos. A possibilidade de geração de um número infinito de simulações, uma das características de nosso tempo, evidencia um grande número de similaridades entre essas duas linguagens.

A partir de agora, vemos que estes signos estão relacionados às questões da visualidade das representações concebidas diante das novas tecnologias que, em suas características fundamentais, estão intrinsecamente ligados aos objetos matemáticos. Estas formas de linguagens, porque estão estruturadas em axiomas, conceitos e princípios lógicos, utilizados na matemática, são semelhantes a ela. E, de fato, o foco deste nosso artigo foi analisar quanto de matemático há nestas representações humanas, em particular, quanto de matemática há nos signos visuais gerados pelos artistas.

Encontramos vários autores analisando as imagens geradas pelas novas mídias eletrônicas como sendo: “imagens sem olhar” (SOGABE, 1996, p. 113), aquelas que se concretizam a partir de processamentos numéricos dos computadores; “imagens sintéticas”, herdeiras ao mesmo tempo da matemática e da arte (POISSANT, 1997, p. 89), imagens que geram uma “ordem visual numérica” (COUCHOT, 1982, p. 42), ou ainda, “imagens em potencial” e “imagens sínteses”, todas elas dando ênfase ao caráter abstrato, lógico e virtual destes modelos de representação. Apesar do grande número de textos que tratam deste tema, pelos diferentes ângulos de percepção e interpretação, verificamos em nossa pesquisa bibliográfica que existem pouquíssimos estudos discutindo as imagens, tendo como foco os aspectos matemáticos e topológicos como abordamos neste artigo.

As novas tecnologias de comunicação trazem embutidas em sua lógica de construção, o conhecimento que, fundamentalmente, está presente na ciência matemática (HILDEBRAND, 1994, p. 137). Os computadores iniciaram processando informações a partir de uma lógica binária, que, em última instância, pode ser olhada como representações numéricas de impulsos elétricos, onde o zero representa o instante que não passa energia nos cabos e circuitos de nossas máquinas e o um representa o oposto disto. De fato, estamos observando um princípio lógico que dá suporte às novas mídias eletrônicas em seu nascimento, oriundas do mesmo universo simbólico que é a matemática.

Verificamos algumas modificações nestes princípios, depois da demonstração do “Teorema das Quatro-Cores” e do “Teorema de Classificação dos Grupos Finitos Simples” devemos estar atentos aos vários tipos de computação não convencionais que começam a tomar conta das nossas formas de produção. Estes novos processamentos lógicos baseados em outros princípios que são diferentes da lógica clássica, assim como, a lógica fuzzy, a paraconsistente, a quântica e a computação baseada no DNA, modificam nossos paradigmas. Entre os mais recentes choques cognitivos, dos quais nos fala Marcus, e que analisaremos neste trabalho, vamos encontrar aquele que resulta da marginalização da energia através da informação, este processo vem sendo desenvolvimento pela teoria da informação do algoritmo, por Kolmogorov e Chaitin (MARCUS, 1997, p. 7).

Hoje podemos dizer que, diante das novas mídias e dos vários princípios lógicos que podem ser elaborados pelos nossos softwares, passamos a conviver com a possibilidade de criar novos ambientes de percepção, nunca antes vivenciados. E, assim, através dos computadores, das novas lógicas na linguagem de programação e de uma grande variedade de formas de visualizar ambientes virtuais, podemos simular situações com as imagens sintéticas impossíveis de serem construídas longe deste universo digital.

Ao analisar estas imagens sabemos estar lidando com uma vasta gama de conhecimento e, assim, finalizando os aspectos que queremos ressaltar neste estudo, devemos comentar que, ainda de maneira vaga e intuitiva, sabemos estar observando fenômenos que possuem um nível de complexidade muito elevado e, com características bem mais abrangentes do que podemos estabelecer neste artigo. No entanto, nosso objetivo foi o de realizar uma abordagem semiótica do signo matemático dando ênfase às questões lógicas da visualidade diante dos novos meios de produção. Assim, contribuir para atingir novos níveis de complexidade através das análises que realizaremos das representações visuais dos modelos matemáticos. Pretendemos, também, verificar neste estudo a tendência que todas as ciências tem a matematização. Para Santaella e Nöth, fundados nos pensamentos de Peirce, todas as ciências caminham para

aumentarem gradualmente seu nível de abstração até se saturarem na matemática, quer dizer, a tendência de todas as ciências é se tornarem ciências matemáticas. O conglomerado de ciências, que hoje recebe o

nome de ciência cognitiva, parece estar no caminho de comprovar essa sugestão. (1998, p. 90).

Assim, as imagens computacionais que são construídas e, em seguida, são destruídas para darem lugar às outras imagens que as substituíram, pois elas existem durante o tempo de processamento e de exposição em nossos sistemas de percepção, são “imagens em processo” ou “imagens virtuais” de modelos lógicos intrinsecamente ligados às novas mídias. Finalizando os aspectos que pretendemos analisar neste texto, devemos ressaltar que, de maneira secundária, mas não menos importante, devemos lembrar das imagens fractais, os grafos de modo geral e os grafos existenciais de Peirce que nos conduzem às belezas explicitadas nas formas e raciocínios lógicos e a estética destas formas.

As Imagens Matemáticas que abordamos em nossa tese de doutorado, são concepções visuais em processo que adquirem valores diferenciados quando são compreendidas relacionadas às linguagens que as geram. Observar esses aspectos associados às novas tecnologias, nos levam a conectar três realidades aparentemente distintas: primeiro a questão da visualidade destas imagens, que, através do processo criativo, expõem características diagramáticas, em segundo lugar, a questão operacional da construção da linguagem matemática em si e, em terceiro os aspectos mentais e simbólicos necessários na realização deste tipo de conhecimento.