



## LEONARDO DA VINCI, ANAMORFOSE E MODELAGEM MATEMÁTICA

## LEONARDO DA VINCI, ANAMORPHOSIS AND MATHEMATICAL MODELING

## LEONARDO DA VINCI, ANAMORFOSIS Y MODELIZACIÓN MATEMÁTICA

Rodrigo Medeiros dos Santos\*  

### RESUMO

Esta investigação busca discutir os aspectos históricos e técnicos da perspectiva e da Anamorfose na arte e, a partir de um processo de modelagem matemática, propor um método de resolução para o problema de estimar o ângulo ótimo de observação da obra anamórfica *Rosto de uma criança*, de Leonardo da Vinci. Para tanto, é levada a cabo uma pesquisa descritiva, no que tange os seus objetivos, com certas nuances de pesquisa histórico-bibliográfica, no que tange o seu processo de coleta e análise de dados. Os principais resultados apontam para uma descrição histórica do desenvolvimento da perspectiva e da anamorfose na arte, assim como algumas de suas intersecções com a matemática. Também é proposta uma solução para o problema de estimar um ângulo ótimo de observação de uma arte anamórfica, a obra *Rosto de uma criança*, de Leonardo da Vinci, a partir de uma distância dada. Após a obtenção do modelo matemático e os respectivos cálculos de cada ângulo ótimo de observação, é apresentada uma simulação que retrata a visão corrigida da imagem anamórfica, obtida a partir de uma transformação projetiva inversa (homografia).

**Palavras-chave:** Anamorfose. Modelagem Matemática. Leonardo da Vinci. Perspectiva.

### ABSTRACT

This research aims to discuss the historical and technical aspects of perspective and anamorphosis in art and, based on a process of mathematical modeling, propose a method for solving the problem of estimating the optimal viewing angle for Leonardo da Vinci's anamorphic work, *The Face of a Child*. To this end, a descriptive research is conducted regarding its objectives, with certain nuances of historical and bibliographical research regarding its data collection and analysis process. The main results point to a historical description of the development of perspective and anamorphosis in art, as well as some of their intersections with mathematics. A solution is also presented for the problem of estimating an optimal viewing angle for an anamorphic work, Leonardo da Vinci's *The Face of a Child*, from a given distance. After obtaining the mathematical model and the respective calculations for each optimal viewing angle, a simulation is presented that depicts the corrected view of the anamorphic image, obtained from an inverse projective transformation (homography).

**Keywords:** Anamorphosis. Mathematical Modeling. Leonardo da Vinci. Perspective.

---

\* Doutor pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professor Associado da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Santarém, Pará, Brasil. Endereço para correspondência: Av. Marechal Rondon, s/n., Caranazal, Santarém, Pará, Brasil, CEP: 68040-070. E-mail: [rodrigomedeiros182@hotmail.com](mailto:rodrigomedeiros182@hotmail.com).

## RESUMEN

Esta investigación busca analizar los aspectos históricos y técnicos de la perspectiva y la anamorfosis en el arte y, a partir de un proceso de modelado matemático, proponer un método para estimar el ángulo de visión óptimo de la obra anamórfica de Leonardo da Vinci, *El Rostro de un Niño*. Para ello, se realiza una investigación descriptiva de sus objetivos, con matices de investigación histórica y bibliográfica sobre el proceso de recopilación y análisis de datos. Los principales resultados apuntan a una descripción histórica del desarrollo de la perspectiva y la anamorfosis en el arte, así como a algunas de sus intersecciones con las matemáticas. También se presenta una solución para estimar el ángulo de visión óptimo de la obra anamórfica de Leonardo da Vinci, *El Rostro de un Niño*, desde una distancia dada. Tras obtener el modelo matemático y los cálculos correspondientes para cada ángulo de visión óptimo, se presenta una simulación que representa la visión corregida de la imagen anamórfica, obtenida mediante una transformación proyectiva inversa (homografía).

**Palabras clave:** Anamorfosis. Modelado matemático. Leonardo da Vinci. Perspectiva.

## 1 INTRODUÇÃO

Com aplicação em diversas áreas, o conceito de Anamorfose tem assumido diferentes nuances, dependendo da época ou contexto em que é tomado. De maneira geral, a Anamorfose pode ser definida como a técnica artística usada para deformar deliberadamente uma imagem com o intuito de que ela seja observada com as devidas correções a partir de um determinado ângulo ou ponto de vista, ou ainda, a partir de determinadas superfícies reflexivas.

Essa noção é concebida a partir da ideia de que certas obras de arte são penduradas em cantos ou na parte superior de uma parede, ou mesmo pintadas em superfícies curvas, como nichos ou abóbodas, causando em pinturas que deveriam ser apreciadas de frente e em superfícies planas certas “deformações” advindas do ângulo oblíquo de visão do observador. A anamorfose seria, portanto, uma compensação intencional a essas “deformações”. Trata-se de criar efeitos tridimensionais e ilusões de ótica com o intuito de gerar diferentes interpretações visuais da imagem, dependendo do ponto de vista do observador.

De origem grega, o termo “anamorfose” deriva de “*anamorphosis*“ (αναμόρφωση), cuja etimologia toma a junção das palavras “*aná*”, que significa “nova”, “sobre” ou “em cima”, e “*morphé*”, que significa “forma”, denotando, portanto, “nova forma”, “formado de novo”, “reformado”, “transformado” ou “transformação da forma” (Iavorski, 2014; Ferreira, 2016).

Com amplas aplicações nos mais diversos campos, a técnica anamórfica tem sido utilizada em áreas como *marketing*/propaganda, artes visuais, geologia, ótica, matemática, cartografia etc. É o caso, por exemplo, das placas horizontais observadas em jogos de futebol transmitidos pela TV (Figura 1-a), cuja concepção cria um efeito tridimensional que facilita a

leitura do espectador, ou as sinalizações horizontais de trânsito nas vias públicas, cujo formato, verticalmente alongado, é pensado para ser “corrigido” pelo ângulo de visão do condutor (Figura 1-b).

**Figura 1** - Exemplos de anamorfose: (a) placas de marketing em jogos de futebol e (b) sinalização horizontal de trânsito.

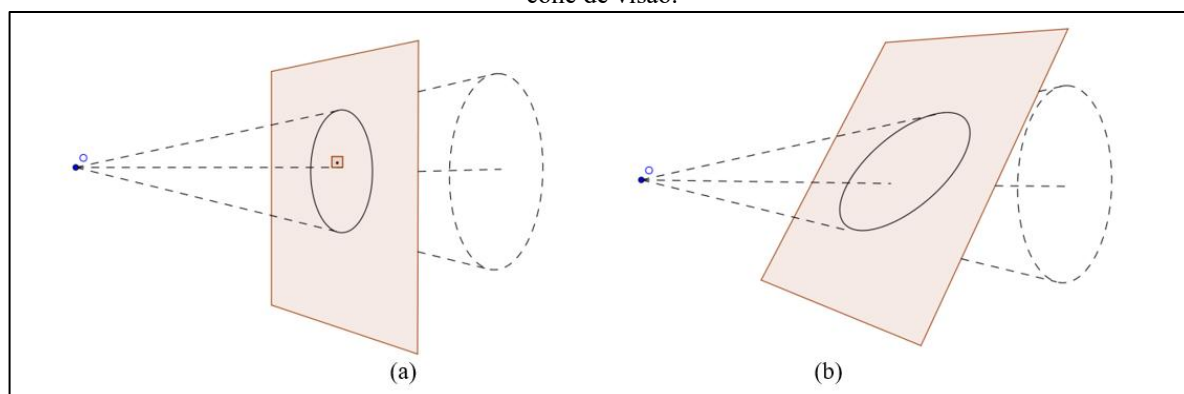


Fonte: (a) Youtube; (b) Prefeitura Municipal de Campinas.

Ao longo da história, o ímpeto criativo dos mais diversos artistas possibilitou a descoberta de diversos tipos de anamorfose. Entretanto, tradicionalmente, têm sido difundidos dois principais tipos, a anamorfose oblíqua e a anamorfose catrópica.

A anamorfose oblíqua é aquela que, a partir do uso da perspectiva, gera imagens em superfícies oblíquas em relação ao eixo do cone de visão do observador. Assim, a imagem é vista sem deformação quando repousa sobre um plano perpendicular ao eixo do cone de visão (Figura 2-a). E é vista deformada quando não está em um plano perpendicular ao eixo do cone de visão (Figura 2-b).

**Figura 2** - Anamorfose oblíqua: (a) plano perpendicular ao eixo do cone de visão e (b) plano oblíquo ao eixo do cone de visão.



Fonte: Iavorski (2014, p. 25).

A anamorfose catrópica é aquela em que a imagem só poderá ser apreciada normalmente se for utilizado um objeto refletor, como um espelho no formato de um sólido dado, que pode ser um cilindro, um cone, uma pirâmide etc. (Figura 3-a e b).

**Figura 3** – Anamorfose catrópica em espelho cilíndrico (a) e em espelho piramidal (b).



Fonte: Iavorski (2014, p. 25).

A criação do conceito de arte anamórfica tem sido atribuída a Leonardo da Vinci (1452-1519) (Atalay, 2007), que demonstrou a técnica em duas ilustrações registradas entre suas anotações. Trata-se do *Estudo de um olho* (também conhecido como *Anamorfose de um olho*) e o *Rosto de uma criança* (também conhecido como *Anamorfose de um rosto infantil*), ambos desenhados de forma demasiadamente alongada e segundo a premissa de serem apreciados por um ângulo oblíquo de observação.

A presente pesquisa foca suas análises especificamente no *Rosto de uma criança* e o que busca é: *i*) discutir os aspectos históricos e técnicos da perspectiva e da Anamorfose na arte, relacionando-as com a matemática; e *ii*) a partir de um processo de modelagem matemática, propor um método de resolução para o problema de estimar o ângulo ótimo de observação da obra *Rosto de uma criança*, segundo uma distância dada.

A despeito das aplicabilidades e do fascínio que a arte anamórfica segue exercendo, ela mantém uma importante limitação, a de só poder ser plenamente apreciada em todas as suas potencialidades a partir do ponto de vista para o qual foi pensada. Com efeito,

(...) as anamorfozes continuam mais na natureza de um jogo visual do que um método que poderia ser largamente utilizado, pois compartilham a principal desvantagem da perspectiva, que é a dependência de um único ponto de visão, e funcionam de modo limitado porque possuem um número menor de pontos de vista perfeitos (Oliveira e Moreira, 2014, p. 178).

Esta premissa, simples em sua natureza, justifica e embala a questão que norteia a presente investigação: como a modelagem matemática pode contribuir para o cálculo de uma estimativa para o ângulo ótimo de observação de uma arte anamórfica? Entenda-se que encontrar o ângulo ótimo de observação significa buscar o melhor ponto de vista para apreciar uma obra de arte. Para tentar responder a esta questão, propomos a construção de um modelo matemático que permita estimar esse ângulo ótimo de observação, para uma distância dada do observador à obra.

## 2 METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se metodologicamente como descritiva, em relação aos seus objetivos; e assume ainda nuances de pesquisa histórico-bibliográfica, em relação ao seu processo de coleta e análise de dados. Em suas fases iniciais, assumiu características de investigação exploratória, notadamente pela necessidade de levantamento de hipóteses ou busca de subsídios que levassem a informações necessárias para melhor definir o objeto, o foco de estudo e o planejamento estrutural da pesquisa.

É caracterizada como Histórico-bibliográfica em sua natureza metodológica de coleta e análise de dados, uma vez que demanda o levantamento de material bibliográfico como material primordial de análise, na busca de discutir a trajetória histórica do desenvolvimento da perspectiva até o advento da Anamorfose na arte. É ainda classificada como descritiva, segundo os seus objetivos, uma vez que o que busca, de fato, é “descrever ou caracterizar com detalhes uma situação, um fenômeno ou um problema” (Fiorentini e Lorenzato, 2009, p. 70). Em outras palavras, busca descrever um modelo matemático que aponte para o ângulo ótimo de observação de uma arte anamórfica, para uma distância dada.

## 3 PERSPECTIVA E ANAMORFOSE: APONTAMENTOS HISTÓRICOS

Derivada da expressão em latim “*perspicere*”, a palavra “perspectiva” significa “ver através de” (Montenegro, 1987; Oliveira e Moreira, 2014). De acordo com o dicionário Houassiss, perspectiva significa ponto de vista, uma técnica de pintura ou desenho tridimensional que possibilita a ilusão de espessura e profundidade nas figuras (Houassiss, Villar e Franco, 2004).

Os artistas da antiguidade, sobretudo no Egito, na Suméria e na Mesopotâmia, ignoravam a perspectiva, embora na Grécia e em Roma já houvesse uma aplicação intuitiva dos seus princípios (Oliveira e Moreira, 2014). O arquiteto romano Vitruvius (séc. I a.C.) atribuiu aos filósofos gregos Demócrito e Anaxágoras (460 a.C.-370 a.C. e 500 a.C.-428 a.C., respectivamente) a primeira referência escrita sobre a arte da perspectiva.

Em seu tratado, *Ótica*, Euclides (300 a.C.) combateu a ideia de que as dimensões de um objeto eram exatamente aquelas vistas pelo olho, por não levar em consideração a redução dessas dimensões em razão do ponto de vista do qual o objeto é observado. “Seu enfoque era sobre a grandeza dos objetos em função da grandeza do ângulo de visão e não da grandeza da imagem” (Silva, 2006, p. 2). Euclides foi o primeiro a propor a noção de cone de visão, embora defendesse a ideia de que o olho humano emitisse um feixe de raios em formato cônico que iluminava os objetos vistos. Essa teoria foi refutada pela primeira vez no tratado *Tesouro da ótica*, do matemático árabe Alhazen (965-1040), que estabeleceu definitivamente que eram os raios de luz refletidos pelos objetos que chegavam ao olho.

A partir do século XIV, a perspectiva começou a ser mais explorada, embora ainda de maneira intuitiva. Neste período, grande destaque teve o pintor Giotto (1266-1337), a quem é atribuído o epíteto de “primeiro artista que, de uma maneira consciente, tratou de incorporar a perspectiva nos seus quadros com a preocupação de que as linhas coincidam, como fazem na natureza, em um ponto de projeção” (Parramón, 1998, p. 15).

Durante o Renascimento, a perspectiva tornou-se o centro das transformações artísticas, uma vez que conferia respeitabilidade ao trabalho do artista (Oliveira e Moreira, 2014). Nesse período, as possibilidades artísticas vislumbradas pelos efeitos obtidos pela utilização da perspectiva linear representaram motivo de muita pesquisa e investigação por parte dos artistas, produto de uma visão marcada pela tendência de interpretação científica do mundo, típica do Renascimento.

Nesse sentido, o arquiteto Filippo Brunelleschi (1377-1446) foi o primeiro a dar à perspectiva um tratamento matemático, criando uma teoria para descrever matematicamente a perspectiva linear. Leon Baptista Alberti (1404-1472), continuador da obra de Brunelleschi, escreveu o *Della pittura*, primeiro livro da história a abordar ensinamentos sobre perspectiva. Nele, Alberti aborda que o pintor devia ver o quadro através de um “véu” – o que atualmente é chamado de plano imagem –, de uma tal maneira que os feixes de luz que vão do modelo até os olhos do espectador, ao atravessar o “véu”, desenhavam o modelo.

Enquanto Alberti tinha focado seus esforços em resolver problemas de perspectiva limitado à representação bidimensional de figuras no plano da terra, Piero della Francesca (1415-1492), um excepcional artista e matemático italiano, contemporâneo de Alberti, buscou generalizações mais amplas e atacou o problema de representar figuras a partir de um ponto de vista qualquer. Ele foi o primeiro autor a descrever com riqueza de detalhes os métodos para solucionar todos os tipos de problemas envolvendo perspectivas que podiam ocorrer durante a prática (BOYER, 1974). Diz-se de Piero della Francesca que a sua obsessão pela perspectiva foi tão intensa que isso acabou tornando seus quadros frios e impessoais (Kline, 1953).

Ao longo da segunda metade do século XV e no início do século XVI, a perspectiva passou a ser descrita como a arte da “*costruzione legittima*” (Parramon, 1998, p. 24), tendo se tornado quase uma obsessão para muitos pintores, chegando a casos extremos, como o do pintor Paolo Ucello (1396-1475), que “deixou de pintar e caiu na mais absoluta pobreza por ficar obcecado pela ‘sua querida Geometria’” (Parramón, 1998, p. 24). Em sua célebre obra *Le vite dei più eccellenti pittori, scultori e architettori*<sup>1</sup>, Giorgio Vasari (1511-1574) comenta que Ucello teria sido o mais famoso dentre os pintores de sua época “se tivesse dedicado o seu tempo a pintar figuras humanas e animais em vez de desperdiçá-lo a resolver perspectivas” (Vasari, 1997, p. 104).

Fortemente influenciado por Alberti e Piero della Francesca, Leonardo da Vinci foi um mestre da perspectiva, cujos aspectos teóricos descreveu em seu *Tratatto della pittura*. Nesta obra, Leonardo definiu a perspectiva a partir da ideia de um corpo visto por detrás de um cristal, aplicando a mesma noção de “véu” anteriormente utilizada por Alberti, ideia compartilhada por outros artistas como Albrecht Dürer (1471-1528). Entretanto, Leonardo avançou em alguns aspectos, estabelecendo, dentre outras coisas, a perspectiva atmosférica, a qual ele demonstrou em obras como *A virgem dos rochedos* e *A anunciação*, além de intuir a noção de perspectiva de dois pontos.

Para Oliveira e Moreira (2014, p. 179), “Leonardo da Vinci situa-se no auge do desenvolvimento da perspectiva. Foi ele quem mais completamente percebeu e investigou a natureza da invenção de Brunelleschi. Abordou todos os assuntos várias vezes e de modos distintos”.

Com efeito, o interesse de Leonardo pelo estudo da perspectiva foi de tal maneira intenso que o levou a novas elucubrações, mais complexas em sua natureza. Leonardo ponderou

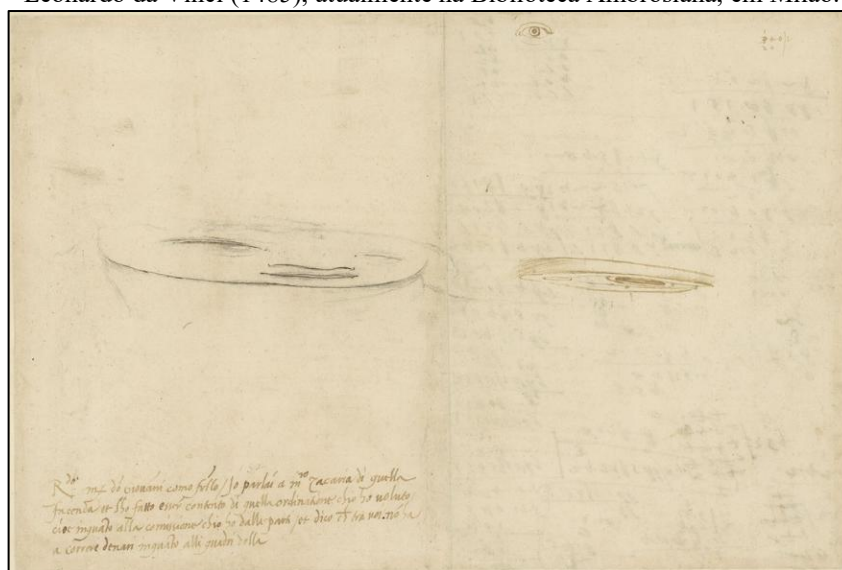
---

<sup>1</sup> Em uma tradução literal, *As vidas dos mais excelentes arquitetos, pintores e escultores*. No Brasil, a obra ficou conhecida simplesmente como *As Vidas dos Artistas*.

que um ângulo oblíquo de observação alterava não apenas a forma como é percebido um objeto, mas também a própria arte. Uma pintura ou um desenho usualmente presumem uma apreciação frontal, de tal modo que o eixo do cone visual seja perpendicular ao plano em que se encontra a obra de arte. Mas, e nos casos em que a obra é apreciada por um ângulo oblíquo? Leonardo observou que certas obras de arte sofriam deformações advindas dos diferentes pontos de vista dos quais eram observadas. Por essa razão, ele passou a “errar” propositalmente a perspectiva em algumas obras no intuito de que elas fossem “corrigidas”, em termos de compensação, pelo ângulo de visão do observador. Por essa razão, Leonardo é reconhecido como o criador da anamorfose.

Como parte de suas experiências e observações, Leonardo elaborou o *Estudo de um olho* e o *Rosto de uma criança* (Figura 4), dois desenhos executados com lápis sépia sobre papel, datados de 1485, considerados as primeiras imagens anamórficas oblíquas da história (Iavorski, 2014). Esses desenhos integram atualmente o *Codex<sup>2</sup> Atlanticus*, uma coleção de documentos composta por 1.119 folhas de papel, totalizando 2.238 páginas, organizadas em 12 volumes. Essas anotações incluem estudos sobre anatomia, astronomia, matemática, mecânica, projetos de engenharia diversos e escritos sobre variados temas. Atualmente, o *Codex Atlanticus* encontra-se arquivado na Biblioteca Ambrosiana, em Milão, na Itália.

**Figura 4** – *Rosto de uma criança* (à esquerda) e *Estudo de um olho* (à direita): *codex Atlanticus*, f. 98r, de Leonardo da Vinci (1485), atualmente na Biblioteca Ambrosiana, em Milão.



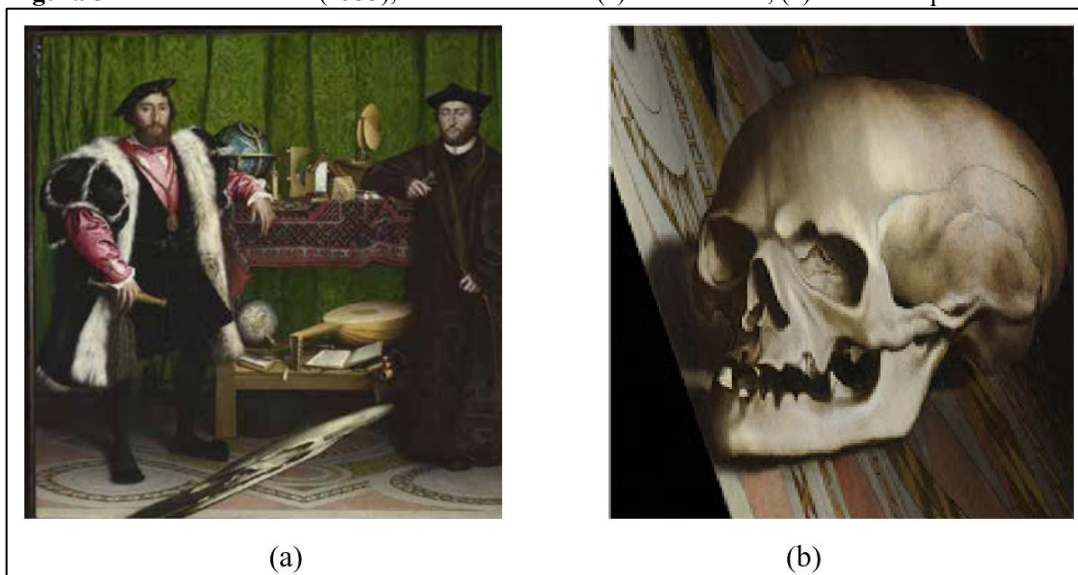
Fonte: Biblioteca Ambrosiana, Milão, Itália.

---

<sup>2</sup> Quase tudo do que se sabe sobre o pensamento e a obra de Leonardo da Vinci vem das inúmeras anotações que deixou, embora estime-se que a maioria tenha se perdido. Essas anotações atualmente estão organizadas em cadernos geralmente separados por tema. Esses cadernos receberam o nome de códigos, tendo sido referidos também como códices (ou *codex*, em latim).

Nos séculos seguintes, muitos pintores passaram a experimentar com a técnica anamórfica como forma de demonstração de virtuosismo técnico. Um dos exemplos mais emblemáticos é a obra *Os embaixadores* (Figura 5), de Hans Holbein (1497-1543), pintura de 1533, que inovou por apresentar um objeto, um crânio, retratado com a técnica anamórfica dentro de uma composição com perspectiva regular.

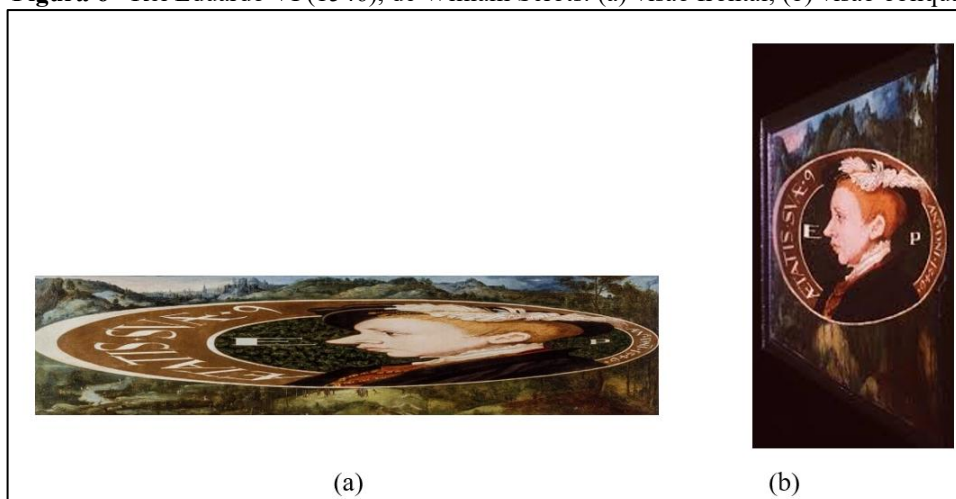
**Figura 5** - Os embaixadores (1533), de Hans Holbein: (a) visão frontal; (b) visão oblíqua em detalhe.



Fonte: National Gallery, Londres.

Outro exemplo é a obra *Rei Eduardo VI*, de William Scrots, de 1546, que retrata o jovem rei pintado em formato horizontalmente alongado (Figura 6-a), demandando que o observador a aprecie a partir da direita (Figura 6-b).

**Figura 6** - Rei Eduardo VI (1546), de William Scrots: (a) visão frontal; (b) visão oblíqua.



Fonte: National Portrait Gallery, Londres.

Em 1638, o matemático francês Jean Louis Nicéron (1613-1646) publicou o livro *La Perspective Curieuse*, que trazia, além de temas relacionados à perspectiva e à ótica, problemas envolvendo anamorfose. A obra abordou a problemática de estabelecer a perspectiva em superfícies irregulares ou curvas, côncavas ou convexas, tais como abóbodas ou nichos, descrevendo quais deformações devem ser aplicadas antecipadamente na imagem para que ela seja vista adequadamente a partir de um determinado ponto de vista, ou a partir de uma determinada superfície refletora. Nicéron demonstrou como construir uma anamorfose catrópica a partir de uma imagem deformada desenhada em uma folha de papel plana e refletida em um espelho de formato cônico, no interior do qual a imagem corrigida deveria se formar.

Com o advento da Geometria Analítica, a partir do século XVII, os estudos matemáticos em perspectiva e anamorfose evoluíram. Após os devidos desenvolvimentos e incrementos teóricos – e a partir da junção de elementos das teorias das Geometrias plana, espacial e analítica –, as pesquisas em perspectiva e Anamorfose deram origem a um novo campo de estudo dentro da Matemática, a Geometria Projetiva, devidamente sistematizada a partir do século XIX, pelo matemático Jean Victor Poncelet (1788-1867), a partir das preciosas contribuições deixadas por Gérard Desargues (1591-1661), Blaise Pascal (1623-1662) e Gaspard Monge (1746-1818) (Hefez, 1985).

#### **4 O ROSTO DE UMA CRIANÇA: OBTENÇÃO DO ÂNGULO DE OBSERVAÇÃO**

A despeito de seu aspecto quase pueril, a obra *Rosto de uma criança* traz em seu formato horizontalmente alongado e assimétrico uma premissa complexa, a de ser concebida para ser apreciada a partir da direita, o que pode ser naturalmente deduzido pela diferença de tamanho entre os olhos da criança. Ao conceber este desenho, é possível que Leonardo estivesse realizando certas experimentações no sentido de estabelecer previamente as deformações que precisaria inculcar intencionalmente na figura para que o ângulo oblíquo de observação pudesse posteriormente compensá-las, de modo que a imagem pudesse parecer proporcional e inteligível.

**Figura 7** – *Rosto de uma criança* (detalhe), de Leonardo da Vinci (1485).

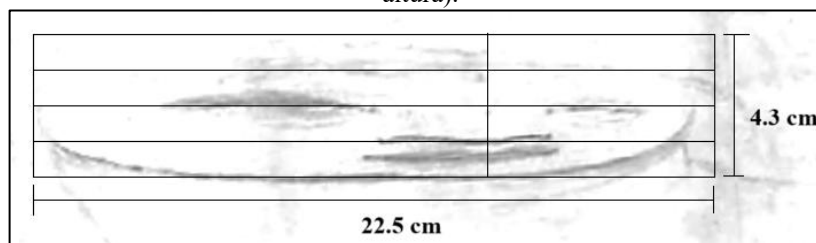


Fonte: Biblioteca Ambrosiana, Milão, Itália.

Para estabelecermos o ângulo ótimo de observação que possibilitará visualizar a imagem sem distorções, vamos tomar uma impressão da obra. Esse trabalho de engenharia reversa em uma anamorfose depende de diversos fatores, incluindo a definição das dimensões da obra, o ponto de distorção e a perspectiva desejada. Sem informações sobre essas variáveis, é impossível determinar com precisão numérica uma distância ou ângulo exato para a visualização correta da imagem distorcida. Como o *Rosto de uma criança* é mantido arquivado na Biblioteca Ambrosiana, em Milão, e muito raramente está exposto ao público, isso contribui para a dificuldade de se encontrarem referências a registros específicos confiáveis que forneçam as suas medidas exatas. Este problema será contornado aqui assumindo valores arbitrários para essas medidas, tomando o cuidado de conservar da obra original a proporção entre as suas dimensões (largura  $\times$  altura), ponto que, para o cálculo, é fundamental.

Em nosso caso, essas dimensões foram de aproximadamente 22.5 cm (largura) e 4.3 cm (altura) (Figura 8).

**Figura 8** – *Rosto de uma criança* (detalhe), de Leonardo da Vinci (1485), ajustada e com medidas (largura  $\times$  altura).



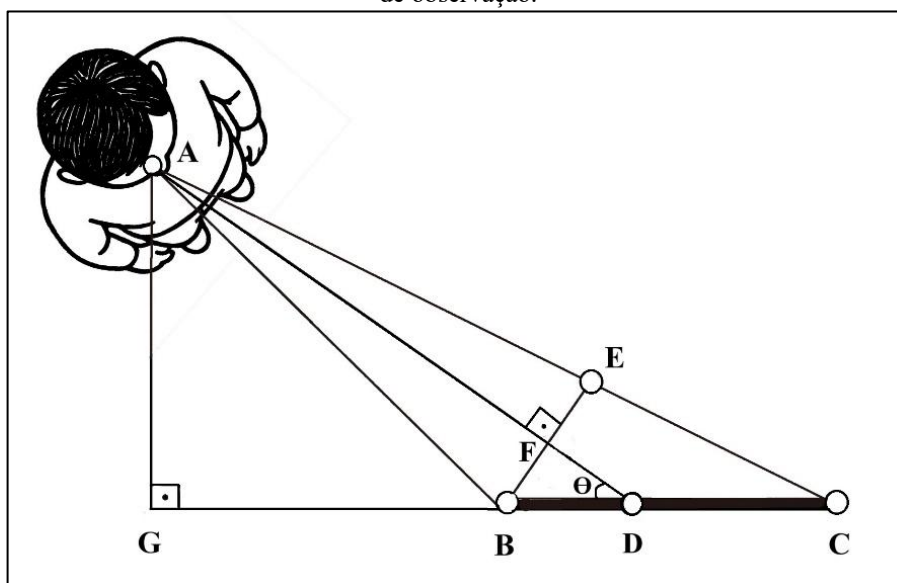
Fonte: Biblioteca Ambrosiana, Milão, Itália.

A Figura 9 ilustra uma visão aérea do problema. Um observador monocular<sup>3</sup> localizado no ponto A observa a obra, representada pelo segmento  $\overline{BC}$ , que está pendurada na parede ( $\overline{GC}$ ).

<sup>3</sup> O modelo monocular está em consonância com os objetivos da óptica geométrica, que são essencialmente a previsão de trajetórias de luz e análise de sistemas ópticos. Ele não busca descrever como o cérebro interpreta imagens, mas sim como a luz se propaga e interage com superfícies. Ademais, esse modelo é didaticamente e

A projeção do semi-plano imagem, onde é formada a imagem sem distorções, está definida pelo segmento  $\overline{BE}$ . O cone de visão do observador determina o triângulo  $\triangle ABE$  (isósceles). Assumimos como distância do observador à obra o comprimento do eixo do cone de visão ( $\overline{AD}$ ), que forma um ângulo  $\Theta$  ( $\angle BDF$ ) com a parede ( $\overline{GC}$ ) e, conseqüente, com a obra ( $\overline{BC}$ ), uma vez que elas são coplanares. Como, por definição, o eixo do cone visual ( $\overline{AD}$ ) é perpendicular ao semi-plano imagem ( $\overline{BE}$ ) e  $\triangle ABE$  é isósceles, então daí decorre que  $\overline{AD}$  corta o segmento  $\overline{BE}$  no seu ponto médio, definido como o ponto  $F$ . O segmento  $\overline{AG}$  é a distância ortogonal do observador ( $A$ ) à parede ( $\overline{GC}$ ).

**Figura 9** – Visão aérea do problema: um observador contempla a obra na parede a partir de um ângulo oblíquo de observação.

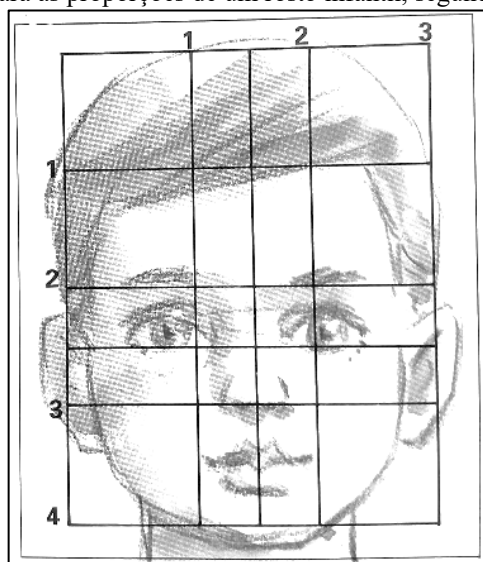


Fonte: o autor (2025).

As únicas medidas conhecidas no problema são  $\overline{BC} = 20.5 \text{ cm}$  e  $\overline{AD}$  (que é dado). Entretanto, podemos estimar um valor plausível para  $\overline{BE}$ . Como trata-se de uma anamorfose oblíqua, o valor da altura da figura ( $4.3 \text{ cm}$ ) será preservado no semi-plano imagem  $\overline{BE}$ , alterando-se apenas a largura ( $20.5 \text{ cm}$ ), por conta do ângulo oblíquo de observação, que corrigirá a imagem deformada. Para estimarmos o valor da largura da obra corrigida no semi-plano imagem, vamos considerar o cânone apresentado em Virgué (1993), que descreve, em linhas gerais, as proporções no rosto de uma criança (Figura 10).

cientificamente justificado para garantir a correção matemática e perceptiva do fenômeno aqui estudado. Daí que desconsideremos a visão estereoscópica (binocular).

**Figura 10** - Cãnone para as proporções de um rosto infantil, segundo Virgué (1993, p. 69).



Fonte: Virgué (1993, p. 69).

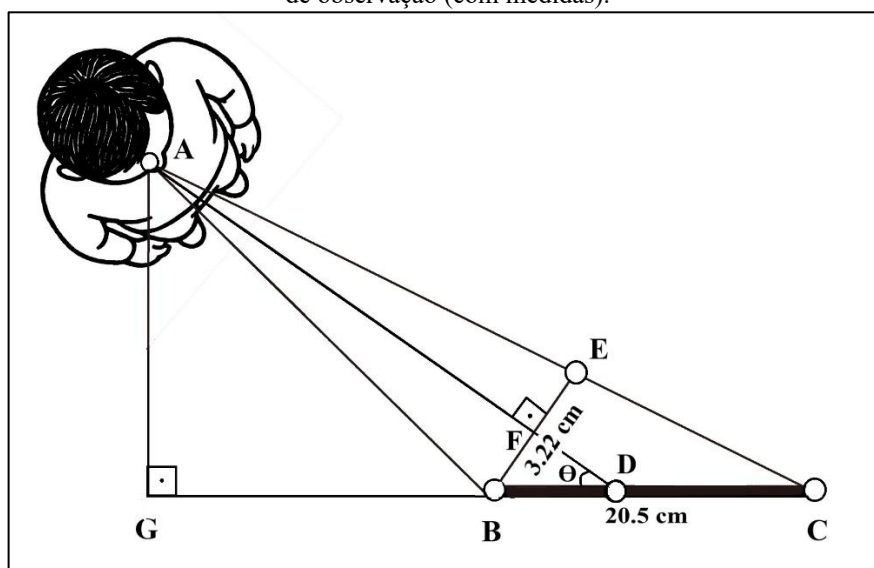
O cãnone aponta para uma relação entre largura  $\times$  altura na razão de três para quatro, conforme mostra a Figura 10. Utilizando razão e proporção, podemos calcular a largura ideal esperada ( $\overline{BE}$ ) para a imagem, de acordo com o cãnone utilizado.

$$\frac{3}{4} = \frac{\overline{BE}}{4.3}$$

$$\overline{BE} = 3.22 \text{ cm}$$

Assim, o problema ganha a seguinte configuração mostrada na Figura 11.

**Figura 11** – Visão aérea do problema: um observador contempla a obra na parede a partir de um ângulo oblíquo de observação (com medidas).



Fonte: o autor (2025).

Dependendo da distância  $\overline{AD} = x$ , poderemos ter valores distintos para o ângulo  $\Theta$  ( $\angle BDF$ ), ou seja,  $\Theta$  é dinâmico e a sua obtenção estará condicionada à distância  $\overline{AD} = x$  que o observador se encontra em relação ao plano que contém a obra  $\overline{BC}$ .

Note-se que há duas importantes suposições assumidas para a resolução do problema. A primeira consiste em assumir valores arbitrários para as dimensões da obra, cujos registros originais são desconhecidos. A segunda consiste na obtenção da largura esperada para o rosto no semi-plano imagem  $\overline{BE}$ , a partir da consideração de um cânone que relaciona largura  $\times$  altura em um rosto infantil e que, portanto, traz apenas um modelo generalista daquilo que se espera, em nível de proporções, para o rosto de uma criança.

Daí decorre o fato de que estejamos buscando nesta investigação *estimar* o ângulo ótimo de observação, em detrimento de *calculá-lo* efetivamente. Sobretudo porque, no decorrer do trabalho, temos assumido essas premissas com o intuito de viabilizar o cálculo, sem olvidar o fato de que essas suposições, generalistas em sua natureza, possibilitam, no máximo, uma aproximação aos verdadeiros valores dos ângulos ótimos de observação que estamos buscando.

Para a obtenção de um modelo matemático que relacione o ângulo  $\Theta$  com a distância  $\overline{AD} = x$ , vamos sintetizar os principais parâmetros do problema. As medidas existentes são  $\overline{BE} = 3.22 \text{ cm}$  e  $\overline{BC} = 20.5 \text{ cm}$ .  $F$  é o ponto médio de  $\overline{BE}$ , o que implica  $\overline{FB} = \overline{FE} = 1.61 \text{ cm}$ .  $\overline{AD}$  é perpendicular a  $\overline{BE}$  ( $\overline{AD} \perp \overline{BE}$ ). Os pontos  $A, F, D$  são colineares, assim como os pontos  $A, E, C$  e  $B, F, E$ . Vamos assumir que  $G$  seja a origem  $(0,0)$  do sistema de coordenadas e, portanto,  $\overline{AG}$  estará sobre o eixo das ordenadas e  $\overline{GC}$  sobre o eixo das abscissas. Buscaremos calcular inicialmente as coordenadas dos pontos  $A, B, C, D, F$  e  $E$ .

Para a obtenção das coordenadas dos pontos  $A$  e  $D$ , tomamos o triângulo  $\triangle AGD$  (retângulo em  $G$ ), com  $\overline{AD} = x$ . A coordenada  $y$  de  $A$  será  $y_A = \overline{AG} = x \cdot \text{sen } \Theta$  e a coordenada  $x$  de  $D$  será  $x_D = \overline{GD} = x \cdot \text{cos } \Theta$ . Portanto,

$$A = (0, x \cdot \text{sen } \Theta) \quad (i)$$

$$D = (x \cdot \text{cos } \Theta, 0) \quad (ii)$$

Para a obtenção do ponto  $F$ , consideramos o triângulo  $\triangle DFB$  (retângulo em  $F$ ) e  $\overline{AD} \perp \overline{BE}$ . Temos então as distâncias  $\overline{FB} = 1.61 \text{ cm}$  (metade de  $\overline{BE}$ ) e  $\overline{FD} = 1.61 / \text{tan } \Theta$ . As coordenadas de  $F$  podem ser encontradas usando sua posição como ponto médio de  $\overline{BE}$  e a sua pertença a  $\overline{AD}$ . Como  $\overline{BE}$  tem uma inclinação perpendicular a  $\overline{AD}$ , então a sua inclinação em relação ao eixo  $X$  será  $90^\circ - \Theta$ . Logo, a coordenada  $y$  de  $E$  será

$$y_E = \overline{BE} \cdot \text{sen } (90 - \Theta) = 3.22 \cdot \text{cos } \Theta \quad (iii)$$

e, como  $F$  é o ponto médio de  $\overline{BE}$ , sua coordenada  $y$  será

$$y_F = \frac{y_E}{2} = 1.61. \cos \theta. \quad (iv)$$

Como o ponto  $F(x_F, y_F)$  está sobre  $\overline{AD}$ , então a equação da reta definida por  $\overline{AD}$  será:

$$y = -\tan \theta (x - x. \cos \theta). \quad (v)$$

Substituindo (iv) em (v), teremos:

$$1.61 \cos \theta = -\tan \theta (x_F - x. \cos \theta)$$

$$1.61 \cos \theta = -\frac{\text{sen } \theta}{\cos \theta} (x_F - x. \cos \theta)$$

$$1.61 \cos^2 \theta = -\text{sen } \theta. x_F + x. \text{sen } \theta. \cos \theta$$

$$x_F. \text{sen } \theta = x. \text{sen } \theta. \cos \theta - 1.61 \cos^2 \theta$$

$$x_F = x. \cos \theta - 1.61 \frac{\cos^2 \theta}{\text{sen } \theta}. \quad (vi)$$

Assim, a partir de (iv) e (vi), teremos:

$$F = (x. \cos \theta - 1.61 \frac{\cos^2 \theta}{\text{sen } \theta}, 1.61. \cos \theta) \quad (vii)$$

Para a obtenção do ponto  $B$ , vamos observar que as coordenadas de  $E$  e  $B$  estão relacionadas pelo segmento  $\overline{BE}$ . A diferença horizontal entre  $E$  e  $B$  é  $x_E - x_B = \overline{BE}. \cos(90 - \theta) = 3.22. \text{sen } \theta$ . Então:

$$x_E = x_B + 3.22. \text{sen } \theta. \quad (viii)$$

Como  $F$  é o ponto médio de  $\overline{BE}$ , sua coordenada  $x$  pode ser escrita como:

$$x_F = \frac{x_B + x_E}{2}. \quad (ix)$$

Substituindo (viii) em (ix), teremos:

$$x_F = \frac{x_B + x_B + 3.22. \text{sen } \theta}{2} = x_B + 1.61. \text{sen } \theta. \quad (x)$$

Igualando (vi) e (x):

$$x_B + 1.61. \text{sen } \theta = x. \cos \theta - 1.61 \frac{\cos^2 \theta}{\text{sen } \theta}$$

$$x_B = x. \cos \theta - 1.61 \frac{\cos^2 \theta}{\text{sen } \theta} - 1.61. \text{sen } \theta. \quad (xi)$$

Assim, teremos as coordenadas do ponto  $B$ :

$$B = (x. \cos \theta - 1.61 \frac{\cos^2 \theta}{\text{sen } \theta} - 1.61. \text{sen } \theta, 0). \quad (xii)$$

E, substituindo (xi) em (viii), teremos:

$$x_E = x. \cos \theta - 1.61 \frac{\cos^2 \theta}{\text{sen } \theta} - 1.61. \text{sen } \theta + 3.22. \text{sen } \theta$$

$$x_E = x \cdot \cos \theta - 1.61 \frac{\cos^2 \theta}{\sin \theta} + 1.61 \cdot \sin \theta. \quad (xiii)$$

Assim, tomando (iii) e (xiii), teremos as coordenadas do ponto  $E$ :

$$E = (x \cdot \cos \theta - 1.61 \frac{\cos^2 \theta}{\sin \theta} + 1.61 \cdot \sin \theta, 3.22 \cdot \cos \theta). \quad (xiv)$$

Para tratarmos das coordenadas do ponto  $C$ , vamos considerar a colinearidade de  $A$ ,  $E$  e  $C$ . É possível utilizar a igualdade das inclinações das retas determinadas por  $\overline{AE}$  e  $\overline{AC}$ , a partir de seus respectivos coeficientes angulares ( $m_{\overline{AE}}$  e  $m_{\overline{AC}}$ ). Assim, a partir de (i) e (xiv), teremos:

$$m_{\overline{AE}} = \frac{y_E - x \cdot \sin \theta}{x_E - 0} = \frac{3.22 \cdot \cos \theta - x \cdot \sin \theta}{x \cdot \cos \theta - 1.61 \frac{\cos^2 \theta}{\sin \theta} + 1.61 \cdot \sin \theta}. \quad (xv)$$

E, a partir de (i), teremos:

$$m_{\overline{AC}} = \frac{0 - x \cdot \sin \theta}{x_C - 0} = \frac{-x \cdot \sin \theta}{x_C}. \quad (xvi)$$

Igualando (xv) e (xvi) e isolando  $x_C$ , teremos:

$$x_C = \frac{-x \cdot \sin \theta (x \cdot \cos \theta - 1.61 \frac{\cos^2 \theta}{\sin \theta} + 1.61 \cdot \sin \theta)}{3.22 \cdot \cos \theta - x \cdot \sin \theta} \quad (xvii)$$

É possível observar que os valores de  $x_C$  (xvii) e  $x_B$  (xi) dependem unicamente de  $x$  e  $\theta$ . Combinando as informações de que  $\overline{BC} = x_C - x_B$  e  $\overline{BC} = 20.5 \text{ cm}$ , poderemos encontrar uma equação que relacione  $x$  e  $\theta$ . Assim,

$$\overline{BC} = x_C - x_B$$

$$20.5 = \frac{-x \cdot \sin \theta (x \cdot \cos \theta - 1.61 \frac{\cos^2 \theta}{\sin \theta} + 1.61 \cdot \sin \theta)}{3.22 \cdot \cos \theta - x \cdot \sin \theta} - (x \cdot \cos \theta - 1.61 \frac{\cos^2 \theta}{\sin \theta} - 1.61 \cdot \sin \theta). \quad (xviii)$$

A equação (xviii) descreve o modelo matemático que relaciona a distância  $x$  ( $\overline{AD}$ ) do observador à obra com o ângulo  $\theta$  ( $\angle BDF$ ) que o eixo do cone de visão forma com o plano que contém a obra. Desta forma, para um observador que esteja a  $1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$  de distância, por exemplo, o ângulo ótimo de visão correspondente seria  $\theta \cong 10.051^\circ$ .

Vale ressaltar que a expressão (xviii) é uma equação transcendental complexa, o que, na prática, significa que não é possível isolar  $\theta$  algebricamente com a finalidade de obter uma função do tipo  $\theta = f(x)$ . Para encontrar um valor específico de  $\theta$  para um  $x$  dado (ou vice-versa), é necessário resolver esta equação numericamente, atribuindo arbitrariamente valores a  $x$  e calculando os valores correspondentes para  $\theta$ , utilizando *software* dedicado especializado.

A Tabela 1 a seguir apresenta um conjunto de valores calculados para ângulos ótimos de observação de acordo com as respectivas distâncias do observador à obra. A partir desses valores, ainda é possível calcular, via relações trigonométricas, as respectivas distâncias ortogonais do observador à parede.

**Tabela 1** - Valores calculados para o ângulo ótimo de observação do *Rosto de uma criança* e as respectivas distâncias ortogonais, para uma distância dada.

Distância (cm)	Ângulo (graus)	Distância ortogonal (cm)
60	15.659°	16.195
80	12.352°	17.113
100	10.051°	17.452
120	8.877°	18.518
140	7.842°	19.102
160	7.039°	19.607
180	6.438°	20.183
200	5.922°	20.635

Fonte: o autor (2025).

A partir da análise da Tabela 1, é possível verificar que, à medida em que a distância do observador à obra aumenta, há uma tendência de redução no valor do ângulo ótimo de observação.

A partir do uso de uma rotina de programação na linguagem *Python* e com o auxílio de inteligência artificial, foi aplicada sobre a imagem do *Rosto de uma criança* (Figura 7) uma transformação projetiva inversa (homografia), com o intuito de simular a perspectiva de visão da obra a 1 metro de distância e a partir de um ângulo de inclinação de 10.05° formado com o plano da parede. O resultado consta na Figura 12.

**Figura 12** - *Rosto de uma criança*, de Leonardo da Vinci (imagem modificada).

Fonte: Biblioteca Ambrosiana, Milão, Itália – modificado pelo autor (2025).

A imagem apresentada na Figura 12 é o resultado da engenharia reversa da anamorfose, produto dos cálculos aqui desenvolvidos. Embora esta imagem corrigida seja mais inteligível e proporcional que a original, mostrada na Figura 7, ainda é possível notar certas assimetrias – sobretudo nos olhos –, possível produto de uma tentativa mal calibrada de Leonardo em compensar a deformação visual esperada pela visão oblíqua.

Com efeito, no *Rosto de uma criança*, Leonardo parece ter desenvolvido mais um exercício empírico, exploratório e pouco sistematizado, na busca de testar hipóteses e avaliar possibilidades para as elucubrações que nutria. Isso está demonstrado tanto na qualidade de esboço inacabado que a obra traz, quanto na total ausência de qualquer cálculo envolvendo ângulos, proporções ou medidas acompanhando o desenho. Cumpre acrescentar que as experimentações com anamorfose realizadas por Leonardo ocorreram antes da formalização matemática da perspectiva projetiva, o que só viria a ocorrer mais efetivamente a partir do século XVII, tornando, portanto, definitivamente inviável que o mestre italiano pudesse ter se utilizado de tais ferramentas para a elaboração do desenho em questão.

## 5 CONSIDERAÇÕES

Esta pesquisa buscou discutir alguns aspectos históricos e técnicos da perspectiva e da Anamorfose na arte e, a partir de um processo de modelagem matemática, propor um método de resolução para o problema de estimar o ângulo ótimo de observação da obra *Rosto de uma criança*, de Leonardo da Vinci.

A técnica de anamorfose é baseada em princípios geométricos e ópticos complexos, o que significa que o artista deve planejar e antecipar em suas ações o resultado que almeja para a imagem corrigida final. No caso específico do *Rosto de uma criança*, as ideias de Leonardo sobre anamorfose estavam lá, mas pareciam ainda existir apenas em um cenário estritamente intuitivo e, portanto, desprovido de uma formalização matemática que desse conta de uma construção mais precisa e anatomicamente correta. Embora a anamorfose enquanto técnica artística tenha quase desaparecido nos séculos XVIII e XIX (Iavorski, 2014), alguns artistas do século XVII, como Andrea Pozzo (1642-1709) e Emanuel Maignan (1601-1676), deram continuidade aos estudos na área e foram capazes de atingir grandes resultados em termos de anamorfose, utilizando cálculos complexos envolvendo Geometria Projetiva em suas obras.

Para além do objetivo de inspirar e encorajar a busca pela estimação do ângulo ótimo de observação em outras obras anamórficas, esta pesquisa se insere em um contexto maior, na

esteira de uma tendência teórica dentro da área da Educação Matemática que busca utilizar a Matemática para criar, explicar e analisar obras de arte. Essa zona de confluência entre a Educação Matemática e a Educação Artística parte do princípio de que a beleza pode ter estrutura, tanto quanto a estrutura, em si, pode ser bela. E as contribuições mútuas de uma área e outra têm comprovado uma interlocução profícua e produtiva para ambas. Nosso desejo foi o de contribuir para essas discussões.

## REFERÊNCIAS

- ATALAY, B. **A Matemática e a Mona Lisa**: a confluência da arte com a ciência. Tradução: Mário Vilela. São Paulo: Mercúrio, 2007. 349 p.
- BOYER, C. B. **História da matemática**. São Paulo: E. Blucher, 1974.
- FERREIRA, H. Entre a realidade e o engano: as anamorfoses na comunicação visual. **Visualidades**, v. 14, n. 1, p. 150-171, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/VISUAL/article/view/33969/21633>. Acesso em: 21 abr. 2025.
- FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. **Investigação em Educação Matemática**: percursos teóricos e metodológicos. Campinas: Autores Associados, 2009. 228 p.
- HEFEZ, A. **Uma introdução à história da Geometria Projetiva**. In: REUNIÃO REGIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MATEMÁTICA, 1985, Vitória-ES.
- HOASSIS, A.; VILLAR, M. S.; FRANCO, F. M. M. **Minidicionário Houassis da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: objetiva, 2004. 907 p.
- IAVORSKI, C. **Anamorfose**: uma arte no ensino de matemática e sua aplicação em atividades interdisciplinares. 2014. 81 f. Dissertação (mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- KLING, M. **Mathematics in western culture**. New York: Oxford Univ., 1953.
- MONTENEGRO, Gildo A. **A perspectiva dos profissionais**. São Paulo: E. Blucher, 1987.
- OLIVEIRA, R. M.; MOREIRA, D. C. A perspectiva na arte do Renascimento. **Educação Gráfica**, v. 18, n. 1, p. 169-182, 2014. Disponível em: [http://www.educacaografica.inf.br/wp-content/uploads/2014/05/14\\_A-PERSPECTIVA-NA-ARTE\\_169\\_182.pdf](http://www.educacaografica.inf.br/wp-content/uploads/2014/05/14_A-PERSPECTIVA-NA-ARTE_169_182.pdf). Acesso em: 29 abr. 2025.
- PARRAMÓN, J. M. **A Perspectiva na arte**. Lisboa: Editorial Presença, 1998. 112 p.
- SILVA, L. Matematicarte: quando a Matemática encontra a Arte. **Educação Pública**, v. 6, n. 41, p. 1-3, 2006. Disponível em:

<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/6/41/matematicarte-quando-a-matemaacutetica-encontra-a-arte>. Acesso em: 29 abr. 2025.

VASARI, G. **Le vite dei più eccellenti pittori, scultori e architettori**. Florença: Newton Compton editori, 1997. 780 p.

VIRGUÉ, J. **El gran libro del retrato**. Barcelona: Parramón ediciones, 1993. 192 p.

---

## APÊNDICE 1 – INFORMAÇÕES SOBRE O MANUSCRITO

### AGRADECIMENTOS

Não se aplica.

### FINANCIAMENTO

Não se aplica.

### CONTRIBUIÇÕES DE AUTORIA

Não se aplica.

### CONFLITOS DE INTERESSE

O autor declara não haver nenhum conflito de interesse de ordem pessoal, comercial, acadêmica, política e financeira referente a este manuscrito.

### DISPONIBILIDADE DE DADOS DE PESQUISA

Disponibilizo, a título de transparência e/ou possível reutilização por terceiros, a rotina (em código Python) que gerou a imagem produto desta pesquisa (imagem anamórfica corrigida).

```
import cv2
import numpy as np

# Carregar imagem
image = cv2.imread("1111.png") # substitua pelo caminho da sua imagem
h, w = image.shape[:2]

# Coordenadas da imagem original
src_pts = np.float32([[0, 0], [w-1, 0], [w-1, h-1], [0, h-1]])

# Ajustes para ângulo de 10° com o plano da imagem (compressão visual controlada)
compression = 0.45 * w
depth = 0.1 * w

# Lado direito mais próximo do observador
dst_pts = np.float32([
    [compression, depth],          # canto superior esquerdo (mais distante)
    [w - compression, 0],        # canto superior direito (mais próximo)
    [w - compression, h],        # canto inferior direito (mais próximo)
    [compression, h - depth]     # canto inferior esquerdo (mais distante)
])

# Calcular matriz de homografia
matrix = cv2.getPerspectiveTransform(src_pts, dst_pts)

# Aplicar transformação projetiva com fundo branco
warped = cv2.warpPerspective(image, matrix, (w, h), borderValue=(255, 255, 255))

# Salvar a imagem final
```

cv2.imwrite("rosto\_crianca\_beta\_invertido\_inclinado\_ajustado.png", warped)

#### PREPRINT

Não publicado.

#### CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

#### APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

#### COMO CITAR - ABNT

SANTOS, Rodrigo Medeiros dos. Leonardo da Vinci, anamorfose e modelagem matemática. **REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**. Cuiabá, v. 13, e25107, jan./dez., 2025. <https://doi.org/10.26571/reamec.v13.20110>

#### COMO CITAR - APA

Santos, R. M. dos. (2025). Leonardo da Vinci, anamorfose e modelagem matemática. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 13, e25107. <https://doi.org/10.26571/reamec.v13.20110>

#### DIREITOS AUTORAIS

Os direitos autorais são mantidos pelos autores, os quais concedem à Revista REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática - os direitos exclusivos de primeira publicação. Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicado neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico. Os editores da Revista têm o direito de realizar ajustes textuais e de adequação às normas da publicação.

#### POLÍTICA DE RETRATAÇÃO - CROSSMARK/CROSSREF

Os autores e os editores assumem a responsabilidade e o compromisso com os termos da Política de Retratação da Revista REAMEC. Esta política é registrada na Crossref com o DOI: <https://doi.org/10.26571/reamec.retratoacao>



#### OPEN ACCESS

Este manuscrito é de acesso aberto (*Open Access*) e sem cobrança de taxas de submissão ou processamento de artigos dos autores (*Article Processing Charges – APCs*). O acesso aberto é um amplo movimento internacional que busca conceder acesso online gratuito e aberto a informações acadêmicas, como publicações e dados. Uma publicação é definida como 'acesso aberto' quando não existem barreiras financeiras, legais ou técnicas para acessá-la - ou seja, quando qualquer pessoa pode ler, baixar, copiar, distribuir, imprimir, pesquisar ou usá-la na educação ou de qualquer outra forma dentro dos acordos legais.



#### LICENÇA DE USO

Licenciado sob a Licença Creative Commons [Attribution-NonCommercial 4.0 International \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Esta licença permite compartilhar, copiar, redistribuir o manuscrito em qualquer meio ou formato. Além disso, permite adaptar, remixar, transformar e construir sobre o material, desde que seja atribuído o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico.



#### VERIFICAÇÃO DE SIMILARIDADE

Este manuscrito foi submetido a uma verificação de similaridade utilizando o *software* de detecção de texto [iThenticate](https://www.iThenticate.com/) da Turnitin, através do serviço [Similarity Check](https://www.similarity.com/) da [Crossref](https://www.crossref.org/).



#### **PUBLISHER**



Universidade Federal de Mato Grosso. Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM) da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC). Publicação no [Portal de Periódicos UFMT](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da referida universidade.



#### **EDITOR**

Dailson Evangelista Costa  

#### **AVALIADORES**

Alan Kardec Carvalho Sarmiento  

Avaliador 2: não autorizou a divulgação do seu nome.

#### **HISTÓRICO**

Submetido: 17 de julho de 2025.

Aprovado: 13 de outubro de 2025.

Publicado: 30 de dezembro de 2025.

---