

1 Introdução

1.1 Ilustrações

Desde os tempos antigos, o homem tem buscado meios de transmitir conhecimento para contemporâneas e futuras gerações. Muito antes da descoberta da escrita, já se utilizavam *ilustrações* para registrar e transmitir informação. A Figura 1.1 (Lay92, Bru08), feita na era pré-histórica e descoberta na Austrália, ilustra essas intenções (de registrar e transmitir) que milhares de anos depois ainda ajudam arqueólogos e antropólogos a compreender como os povos antigos agiam e pensavam.

Várias civilizações, como gregos, romanos, egípcios, na Idade Antiga (4000 a.C. a 3500 a.C) possuíam desenhistas, pintores e escultores. Porém, apenas no final da Idade Média (460 d.C. a 1453 d.C) na época do Renascimento, iniciou-se uma preocupação em empreender um estudo sistemático e rigoroso de desenho enquanto forma de conhecimento. Diversos artistas, através de seus trabalhos individuais, foram responsáveis por grandes avanços em termos de ilustrações e pinturas. Nomes como *Leon Battista Alberti* (Bru08), que estabeleceu pela primeira vez regras para desenhar uma cena tridimensional no plano bidimensional, *Leonardo da Vinci*, que combinou sua habilidade artística com sua curiosidade científica e impulsionou a mistura entre arte visual, ciência e invenção (Bru08), e *Andrea Versalius*, que criou o primeiro atlas de anatomia, *De Humani Corporis Fabrica* em 1543 (Ves43), foram de grande destaque (Bru08). As Figuras 1.2 (Vin08) e 1.3 (Ves43) ilustram os trabalhos de Leonardo da Vinci e Andrea Versalius relacionados ao estudo da anatomia humana. Já as Figuras 1.4 e 1.5 ilustram o trabalho de da Vinci relacionados ao fluxo de fluidos e a engenharia (Vin08).

Na Idade Moderna (1453 d.C. a 1789 d.C) a invenção da litografia, durante a Revolução Industrial, ajudou na difusão do uso de ilustrações de alta qualidade e, com a produção em massa, foi necessário adotar convenções e padrões sobre ilustração para um entendimento mais geral. O uso de princípios de perspectiva deu aos ilustradores uma ferramenta para produzir ilustrações

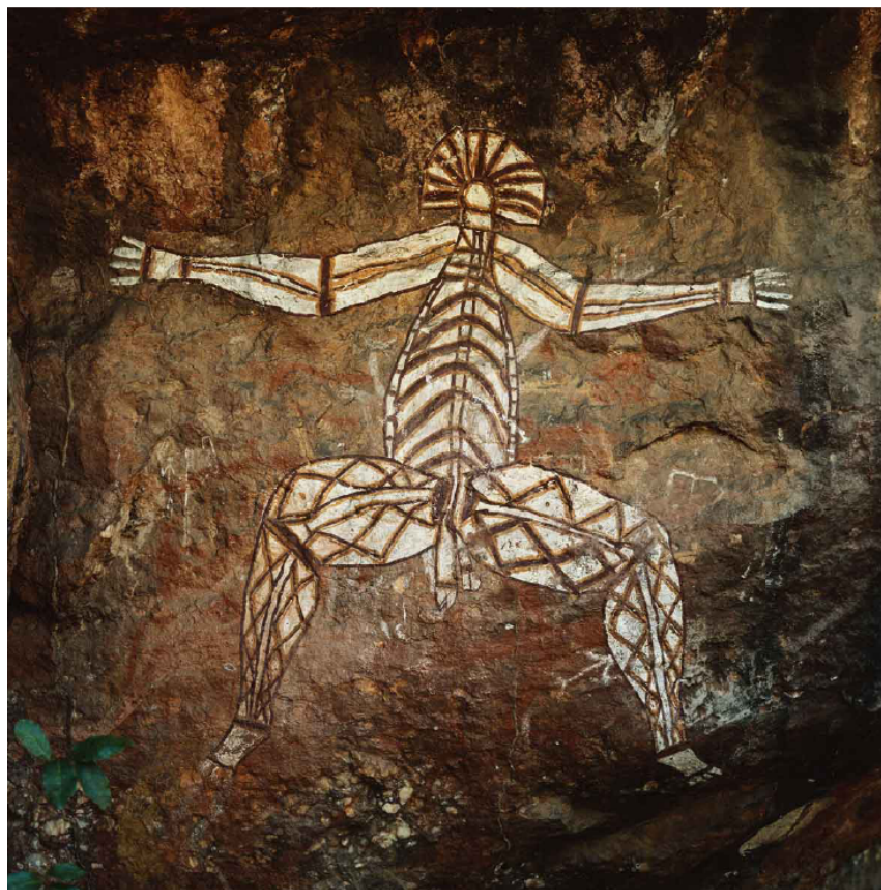


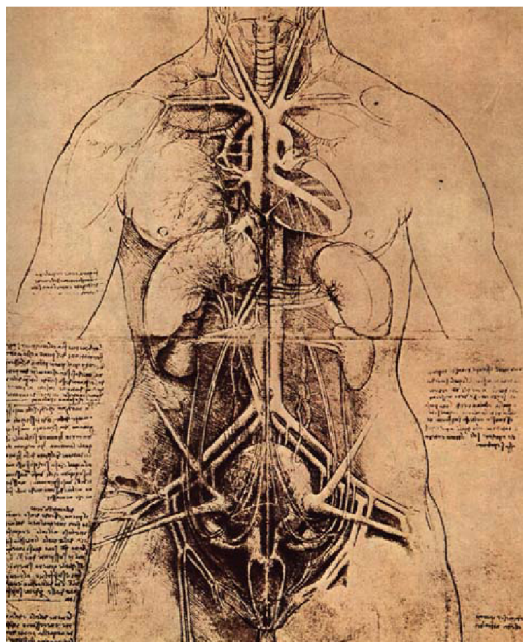
Figura 1.1: Estilo raio-x aborígenes (*Aboriginal x-ray style*) - Parque Nacional de Kakadu, Austrália.

baseadas na experiência visual, os levando neste período a aumentar e variar o uso de tipos de linha em tamanho, espessura, proximidade e intensidade. Partes da ilustração geralmente eram enfatizadas, buscando levar o entendimento a pessoas cada vez menos especialistas no assunto no qual o modelo estava relacionado (Bru08). Atualmente, ilustrações técnicas, científicas, médicas são amplamente usadas, incorporando princípios de percepção visual sob diferentes mídias tradicionais e digitais (Hod03).

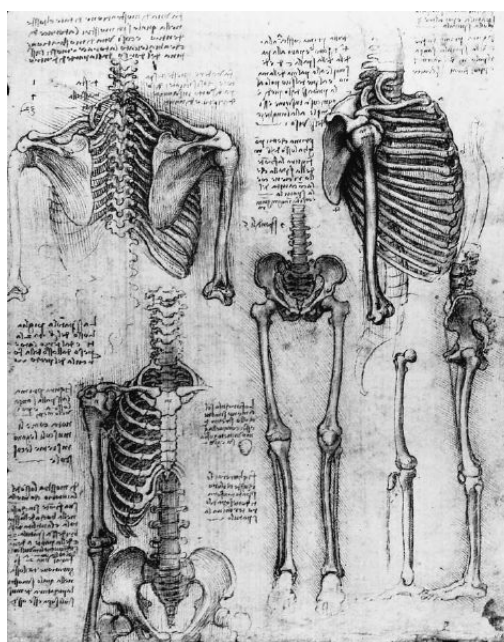
1.2

Visualização Ilustrativa

Ilustrações são eficazes em transmitir informação sobre formas complexas. Artistas têm buscado, através de ilustrações, enfatizar características existentes nos modelos, gerando imagens que permitam um melhor entendimento com vários níveis de abstração visual. Em computação gráfica, a visualização não fotorealista (NPR) (Win94) tenta aproximar as técnicas de ilustração, produzindo imagens inspiradas por estilos artísticos. Técnicas de



1.2(a): Torso de uma mulher.



1.2(b): Estudo do esqueleto humano.

Figura 1.2: Interesse de Leonardo da Vinci na anatomia do corpo humano. Imagens feitas em seu caderno.

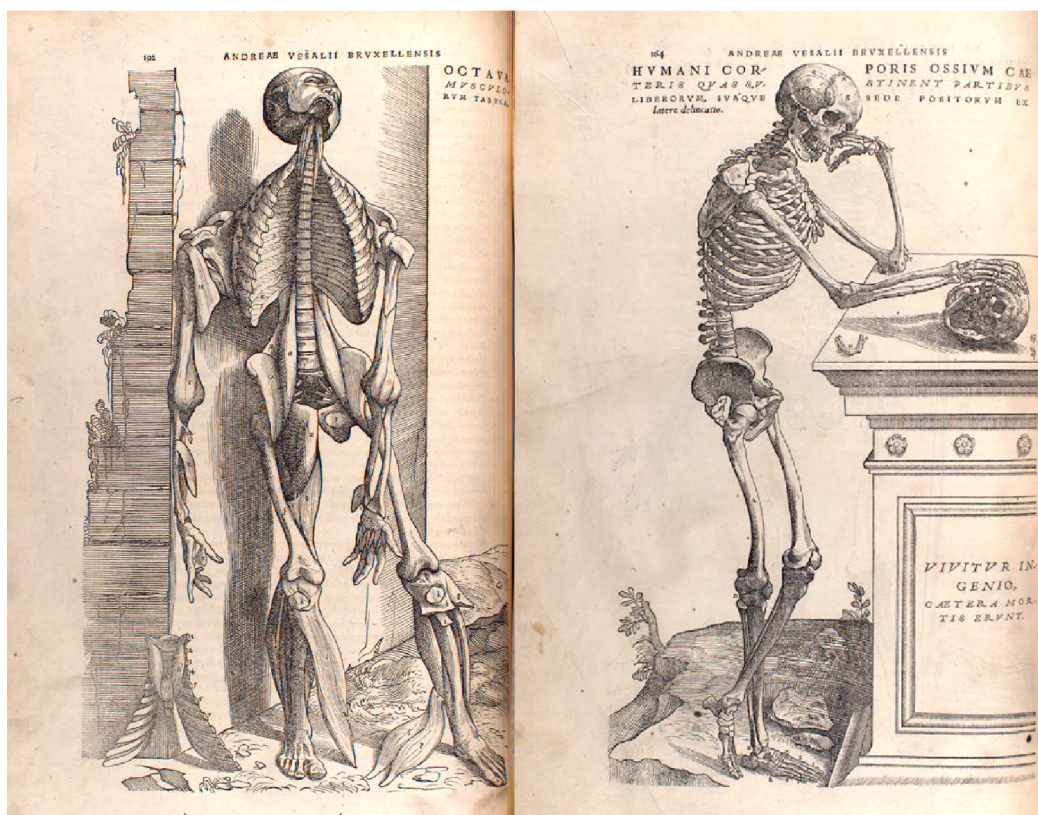


Figura 1.3: Ilustração de Andrea Versalius, em *De Humani Corporis Fabrica* (1543).

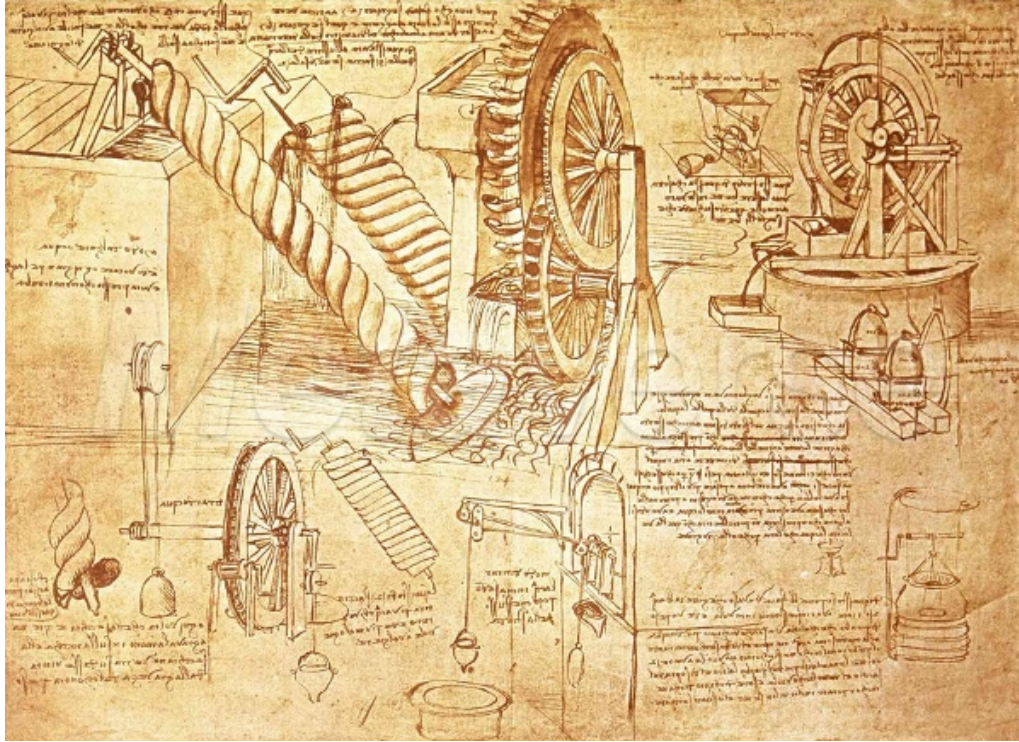


Figura 1.4: Ilustração de da Vinci buscando entender o funcionamento da fluxo de fluidos.

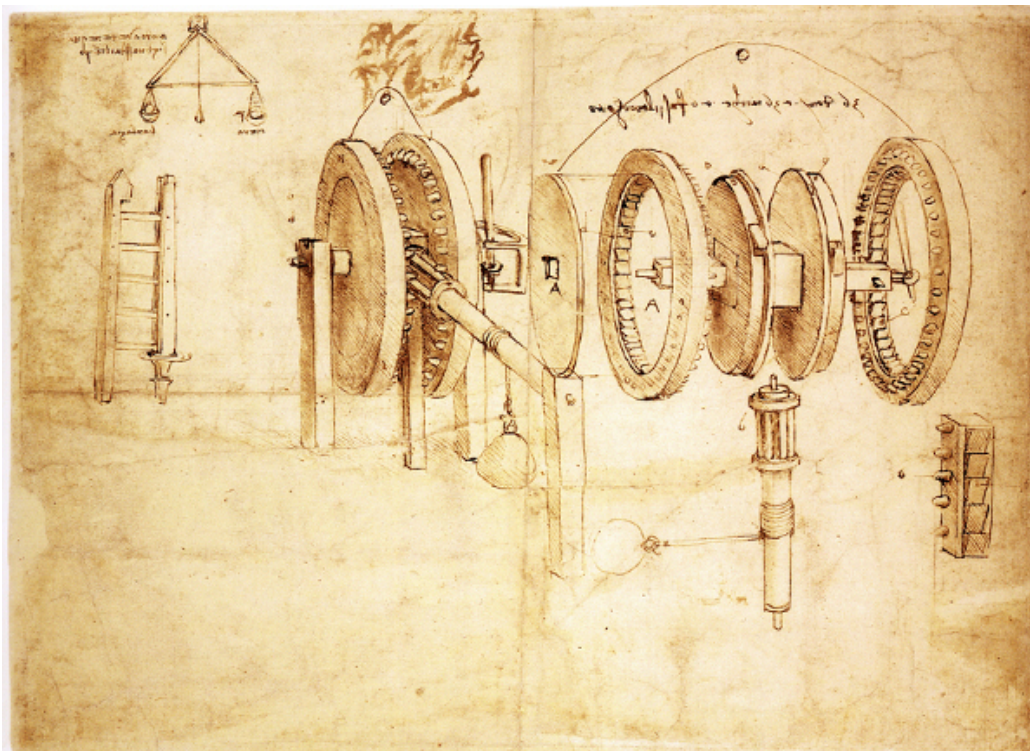


Figura 1.5: Ilustração de da Vinci sobre engenharia de máquinas.

renderização não fotorealistas não representam fielmente os modelos como eles realmente são, mas realçam suas características para facilitar o entendimento da sua forma, tonalidade e material (Goo01). Técnicas de ilustração vão além das técnicas de NPR e usam *abstração* como um componente chave para reproduzir imagens. Ilustrações são eficazes porque geram imagens que conduzem o observador a focar nas partes essenciais do modelo, sem perder o contexto no qual o modelo está inserido (Rau08).

Visualização ilustrativa tenta então combinar a abstração visual a partir das ilustrações, com as técnicas de NPR, a fim de alcançar resultados mais expressivos. Essa abstração visual pode ser dividida em dois níveis: baixo-nível (*low-level*), que responde a pergunta “*como visualizar?*”, coberta na maior parte por técnicas de NPR; e alto nível (*high-level*), que responde a pergunta “*o que visualizar?*”, que é um dos principais objetivos da visualização ilustrativa (Bru08). Desenhos com linhas características são uma das mais efetivas técnicas de abstração de baixo nível, e é explorada pelos ilustradores tradicionais (Col09). Observando uma ilustração produzida por um artista, pode-se notar, além de pontilhados (*stippling*) e hachurados (*hatching*), o uso da combinação de diferentes tipos de linhas. Baseado nisso, várias pesquisas têm sido conduzidas sobre extração e visualização de linhas características em modelos tridimensionais gerados por computador.

No entanto, enquanto concebe sua ilustração, um artista leva em conta a percepção visual do modelo para escolher o conjunto de linhas a serem desenhadas, ao invés de confiar em uma análise puramente geométrica. Um ingrediente chave para o entendimento da forma e das características de um modelo é sua iluminação. Através da variação da luz (incluindo sombras) artistas desenhavam linhas para expressar a forma do objeto. Baseando-se nisso, Xie et al. (Xie07) apresentam uma técnica para extrair as linhas de variação extrema da iluminação (*photic extremum lines* (PELs)), que enfatizam significantes variações de iluminação, sobre superfícies tridimensionais de triângulos. Também tentando explorar a variação da iluminação sobre superfícies de triângulos, Zhang et al. (Zha09) definem as linhas Laplacianas (*Laplacian lines*), que representam os zeros do Laplaciano da função de iluminação sobre a superfície.

Ebert e Rheingans (Ebe00) introduzem o conceito de *ilustração volumétrica*, combinando a extração de linhas com técnicas de NPR em dados volumétricos. Ilustração volumétrica deriva dos mesmos conceitos de abstração visual, integrado com a flexibilidade para manipular uma função de transferência, para obter melhores imagens. Técnicas de ilustração volumétrica são eficientes para transmitir a estrutura interna ao volume e para revelar suas principais características (Kin03, Bru05-1, Bru07-1, Bru07, Bur05, Sva03,

Xie07, Pin08). Nesse contexto, pesquisadores têm desenvolvido métodos de extração de linhas características para enfatizar a visualização de isosuperfícies. Em geral, a isosuperfície é previamente extraída a partir do volume, utilizando técnicas convencionais para extração de malhas de triângulos.

Neste trabalho, propomos combinar visualização volumétrica de malhas de tetraedros não estruturadas com isosuperfícies ilustradas. Isto é realizado estendendo o algoritmo de traçado de raio para incorporar a ilustração com as linhas de variação extrema da iluminação (PELs) (Xie07). Ao invés de previamente extrair a isosuperfície, apresentaremos uma técnica de renderização direta, combinando a renderização de isosuperfícies ilustradas com a visualização volumétrica. As PELs serão extraídas sem impactar drasticamente o desempenho do algoritmo de visualização volumétrica. Mostraremos que a renderização destas linhas proporciona um melhor entendimento do dado, revelando estruturas e características importantes anteriormente ocultas ou não facilmente identificadas. Mostraremos a corretude do nosso método comparando, para uma mesma isosuperfície, as PELs renderizadas diretamente com outros tipos de linhas características obtidas a partir da extração da malha de triângulos. Aplicaremos a técnica proposta em uma variedade de modelos, demonstrando sua eficácia.

As principais contribuições desta dissertação são:

- Combinamos visualização volumétrica com isosuperfícies ilustradas;
- Desenvolvemos uma técnica que estende o algoritmo de traçado de raio em malhas não estruturadas para incorporar as linhas de variação extrema de iluminação (PELs);
- Propomos um método simples para extração direta das PELs;
- Resultado: revelamos características das isosuperfícies não percebidas anteriormente.

1.3

Organização

No Capítulo 2, falaremos sobre alguns trabalhos anteriores, relacionados à linhas características e ilustração volumétrica. Definiremos como o nosso dado volumétrico é representado e como alguns atributos são calculados no Capítulo 3. Ainda no Capítulo 3, falaremos do método de traçado de raio, responsável pela visualização do volume e suas isosuperfícies. No Capítulo 4 definiremos matematicamente as PELs, e descreveremos nosso método de extração direta dessas linhas, a partir de malhas não estruturadas. No Capítulo 5, mostraremos como re-parametrizamos os parâmetros do nosso método, para

permitir obter a visualização ilustrativa das isosuperfícies de maneira simples. Mostraremos a eficácia do método proposto, a correte, e o controle sobre os parâmetros no Capítulo 6, aplicando o método a vários modelos científicos. Por fim, no Capítulo 7, concluiremos e falaremos sobre algumas possíveis extensões deste trabalho.