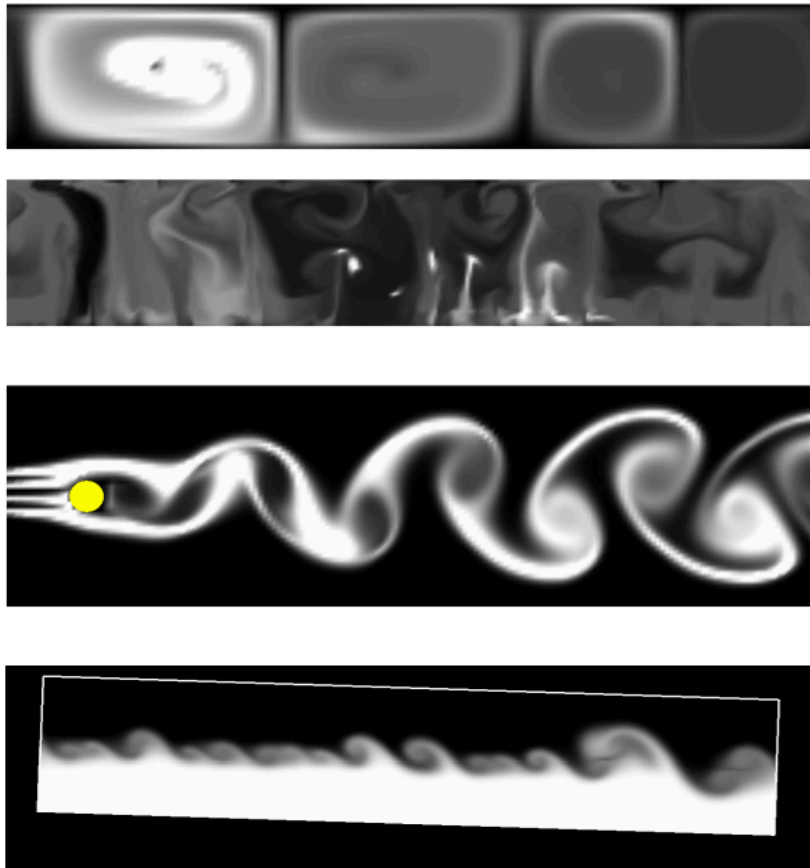


Simulação de Dinâmica de Fluidos com Navier-Stokes em MATLAB

Simulações e Modelação



Joshua Dourado Capistrano nº 115799

Maio, 2024
Aveiro

Índice:

Resumo:	2
Introdução:	3
Métodos e Classes:	3
Classe Fluid:.....	3
Descrição Geral.....	3
Propriedades.....	3
Métodos.....	3
Fluid(N, dt, diff, visc).....	3
setBlock(obj, b).....	4
addDensity(obj, x, y, ammount).....	4
addVelocity(obj, x, y, amountX, amountY).....	4
step(obj).....	4
diffuse(obj, b, x, x0, diff, dt).....	4
lin_solve(obj, b, x, x0, a, c).....	4
project(obj, velocX, velocY, p, div).....	4
advect(obj, b, d, d0, velocX, velocY, dt).....	4
set_bnd(obj, b, x).....	4
Resumo dos Métodos de Processamento.....	5
Conclusão.....	5
Classe Square:.....	5
Classe FluidNavier:.....	5
Resultados:	5
Discussão:	6
Conclusão:	6

Resumo:

Este relatório detalha o desenvolvimento de um simulador de fluidos multifuncional em MATLAB, que integra as equações de Navier-Stokes para estudar a dinâmica de fluidos em diversos cenários. Utilizando as classes Fluid, Square e FluidNavier, este projeto permite a visualização interativa e a manipulação de parâmetros físicos que influenciam o comportamento dos fluidos. Os resultados demonstram a capacidade do simulador em modelar eficazmente o fluxo de fluidos e suas interações com obstáculos, fornecendo uma ferramenta robusta para educação e pesquisa em mecânica dos fluidos.

Introdução:

A simulação de fluidos desempenha um papel crucial em diversos campos técnicos e científicos para compreender o comportamento de líquidos e gases em diferentes condições físicas. Este projeto utiliza MATLAB para desenvolver um simulador de fluidos que combina métodos numéricos clássicos, oferecendo uma plataforma interativa para visualização e análise. O simulador é construído sobre três componentes principais: Fluid, Square e FluidNavier, cada um contribuindo com funcionalidades específicas para estudar desde fluxos laminados até padrões complexos de turbulência.

Métodos e Classes:

Os simuladores são compostos pelas seguintes classes desenvolvidas em MATLAB:

Classe Fluid:

Gerencia o estado básico do fluido, incluindo densidade e velocidade, e implementa métodos para difusão, advecção e projeção.

Descrição Geral

A classe Fluid em MATLAB foi desenvolvida para gerenciar o estado de um fluido dentro de um simulador que implementa as equações de Navier-Stokes. Esta classe é responsável por manipular as propriedades do fluido, como densidade e velocidade, e implementar métodos essenciais para simular processos físicos, como advecção, difusão e projeção. A seguir, detalharemos a implementação e funcionalidade dos métodos principais desta classe.

Propriedades

- **size:** Tamanho da grade (grid) de simulação.
- **dt:** Intervalo de tempo para cada passo da simulação.
- **diff:** Coeficiente de difusão.
- **visc:** Viscosidade do fluido.

- **s**: Matriz auxiliar para cálculos intermediários.
- **density**: Matriz de densidade do fluido.
- **Vx e Vy**: Matrizes de velocidade do fluido nas direções x e y.
- **Vx0 e Vy0**: Matrizes auxiliares de velocidade.
- **block**: Matriz que define a posição de obstáculos no grid.

Métodos

Fluid(N, dt, diff, visc)

Construtor da classe, inicializa as propriedades com os valores fornecidos.

setBlock(obj, b)

Define a matriz de obstáculos dentro do grid.

addDensity(obj, x, y, ammount)

Adiciona uma quantidade de densidade em uma posição específica (x, y) no grid.

addVelocity(obj, x, y, amountX, amountY)

Adiciona uma quantidade de velocidade nas direções x e y em uma posição específica (x, y) no grid.

step(obj)

Executa um passo da simulação, chamando os métodos para difusão, projeção e advecção da velocidade e densidade.

O método step é responsável por atualizar o estado do fluido a cada passo de tempo. Ele segue uma sequência específica de chamadas para métodos que implementam os processos físicos principais.

diffuse(obj, b, x, x0, diff, dt)

Realiza a difusão da matriz x com base na matriz x0, coeficiente de difusão diff e intervalo de tempo dt.

lin_solve(obj, b, x, x0, a, c)

Resolve o sistema linear para a matriz x usando iterações de Gauss-Seidel, ajustando os valores com base nas matrizes x0, a e c.

project(obj, velocX, velocY, p, div)

Corrige a divergência do campo de velocidade, garantindo que o fluido permaneça incompressível.

advect(obj, b, d, d0, velocX, velocY, dt)

Realiza a advecção da matriz d com base na matriz d0 e nas velocidades velocX e velocY.

set_bnd(obj, b, x)

Aplica condições de contorno à matriz x para garantir que o fluido permaneça confinado ao domínio de simulação e interaja corretamente com obstáculos

Resumo dos Métodos de Processamento

Difusão (diffuse): Simula a propagação de densidade e velocidade para suavizar variações.

Projeção (project): Corrige o campo de velocidade para que seja solenoidal (divergência zero).

Advecção (advect): Transporta densidade e velocidade conforme o campo de velocidade.

Condições de Contorno (set_bnd): Mantém o fluido dentro dos limites do grid e trata as interações com obstáculos.

Conclusão

A classe Fluid é fundamental para a simulação da dinâmica dos fluidos no projeto, permitindo modelar e visualizar o comportamento do fluido sob diversas condições físicas. A implementação em MATLAB oferece uma plataforma robusta e interativa, adequada tanto para fins educacionais quanto de pesquisa em mecânica dos fluidos.

Classe Square:

Utilizada para adicionar obstáculos dentro da simulação. Esta classe permite a criação, transformação e rotação de formas quadradas dentro do grid.

Classe FluidNavier:

Combina as funcionalidades das classes Fluid e Square em uma interface GUI completa, permitindo aos usuários configurar parâmetros e visualizar os resultados em tempo real.

Resultados:

As simulações realizadas demonstraram a eficácia do simulador em replicar diversos fenômenos fluidos, incluindo:

1. Comportamento do fluido sob várias configurações de viscosidade e difusão: Testes em diferentes cenários de viscosidade e difusão mostraram como esses parâmetros afetam a fluidez e a dispersão do fluido.
2. Interação do fluido com obstáculos móveis e imóveis: A interação do fluido com diversos tipos de obstáculos foi simulada com sucesso, destacando a capacidade do simulador de lidar com condições dinâmicas e estáticas.
3. Efeitos da adição de densidade e velocidade em pontos específicos do grid: As visualizações detalhadas mostraram como pequenas alterações nos parâmetros de densidade e velocidade influenciam significativamente o comportamento do fluido.

Embora os resultados sejam promissores, o simulador ainda apresenta alguns erros e inconsistências que precisam ser resolvidos para alcançar a precisão desejada. Há um caminho considerável a ser percorrido para aperfeiçoar o simulador e garantir sua robustez em todas as condições de simulação.

Conclusão:

Este projeto alcançou com sucesso seus objetivos ao desenvolver um simulador interativo de fluidos em MATLAB, integrando técnicas de Navier-Stokes. Ele serve como uma ferramenta educacional e de pesquisa, oferecendo insights valiosos sobre a mecânica dos fluidos.