

FETRANS Lab

— Simulador de Fenômenos de Transporte

fetrans-lab.vercel.app

Régis, Luan

Novembro de 2025

Índice

Introdução

Tecnologias

Assuntos

Demonstração

Pressão hidrostática

Transferência de calor

Propriedades dos materiais

Calculadora de resistência térmica

Jogo de tanques

Próximos passos e palavras finais

Introdução

Introdução e resumo

- **Objetivo:** apoiar estudantes na visualização e compreensão de Fenômenos de Transporte.
- Interface interativa com simulações, fórmulas e explicações didáticas.
- Destaques: tema claro/escuro, componentes React, foco educacional e usabilidade.

Tecnologias

Tecnologias

- **Front-end:** Next.js 13+, React 18.
- **UI/UX:** Material UI, dnd-kit (drag-and-drop).
- **Visualização:** Chart.js (react-chartjs-2), Recharts.
- **Modelagem numérica:** Hooks (`useMemo`, `useState`, `useEffect`) para simulações em tempo real.

Assuntos

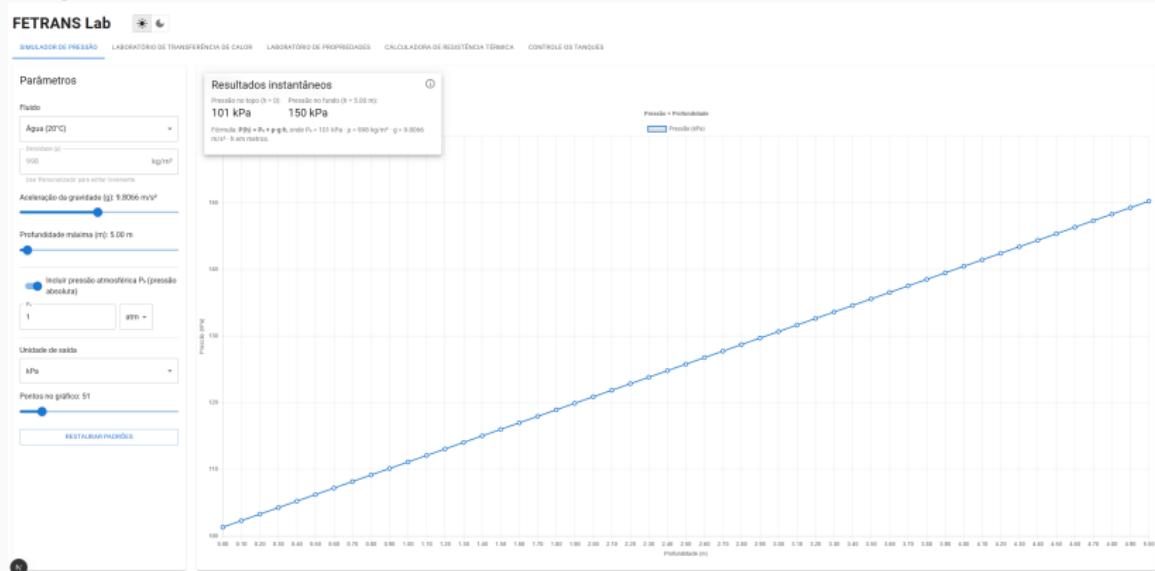
Assuntos abordados

- **Parte 1:** Introdução térmica, trabalho, calor, balanços de massa/energia.
- **Parte 2:** Transferência de calor — condução, convecção, radiação, equivalência elétrica.
- **Parte 3:** Mecânica dos fluidos — pressão hidrostática, forças em superfícies, empuxo, escoamento.
- Propriedades dos materiais: $\rho(T)$, $c_p(T)$, $k(T)$, $\mu(T)$.

Demonstra˜o

Simulador de Pressão Hidrostática

Captura de tela do simulador:



Aplicação: Visualizar a variação da pressão hidrostática com a profundidade em diferentes fluidos.

Simulador de Pressão Hidrostática

Funcionalidades:

- Desenha gráfico da pressão em função da profundidade.
- Permite comparação entre fluidos (água, óleo, mercúrio).
- Conversão de unidades: Pa, kPa, bar, atm, psi.
- Interface: seleção de fluido, ajuste de ρ , g , profundidade e quantidade de pontos no gráfico.

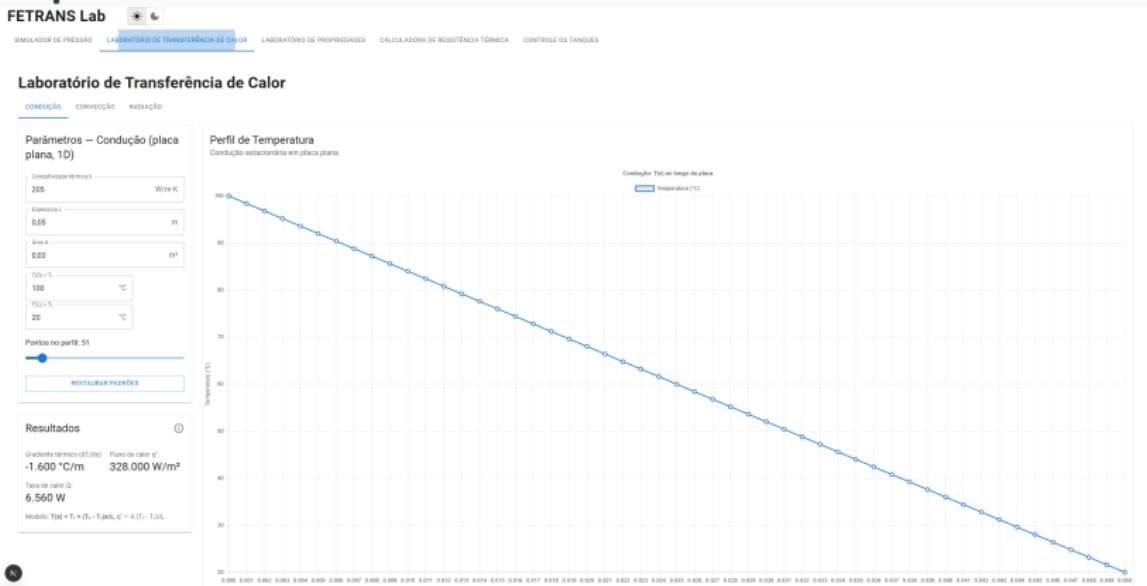
Fórmula da pressão hidrostática:

$$P(h) = P_0 + \rho gh$$

, onde P_0 é a pressão na superfície, ρ é a densidade do fluido, g é a aceleração gravitacional e h é a profundidade.

Laboratório de Transferência de Calor

Captura de tela do simulador:



Aplicação: Explorar os três modos de transferência de calor: condução, convecção e radiação.

Laboratório de Transferência de Calor - Condução

Funcionalidades:

- Simulação de condução em uma placa 1D em estado estacionário.
- Entrada de parâmetros: temperaturas nas faces, condutividade térmica k , comprimento L e área A .
- Cálculo do perfil de temperatura e fluxo de calor \dot{Q} .

Fórmulas-chave:

Perfil de temperatura em placa 1D em regime estacionário:

$$T(x) = T_1 + (T_2 - T_1) \frac{x}{L}$$

Gradiente de temperatura, fluxo de calor por unidade de área, e taxa total de transferência de calor:

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{L}, \quad q'' = -k \frac{dT}{dx}, \quad \dot{Q} = q'' A$$

Laboratório de Transferência de Calor - Convecção

Funcionalidades:

- Simulação de convecção em uma superfície plana.
- Entradas: temperatura da superfície T_s , temperatura do fluido T_∞ , coeficiente de convecção h , área A .
- Cálculo do fluxo convectivo q'' e Taxa de calor \dot{Q} .

Lei de Resfriamento de Newton:

$$\dot{Q} = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty)$$

Aqui supõe-se h uniforme e escoamento externo simples.

Laboratório de Transferência de Calor - Radiação

Funcionalidades:

- Simulação de troca de calor por radiação. De superfície cinza para ambiente grande.
- Entradas: temperaturas T_1 , T_2 , emissividade ε (constante), área A .
- Cálculo do fluxo radiativo q'' e taxa de calor \dot{Q} .

Lei de Stefan-Boltzmann aplicada à radiação entre superfície e ambiente:

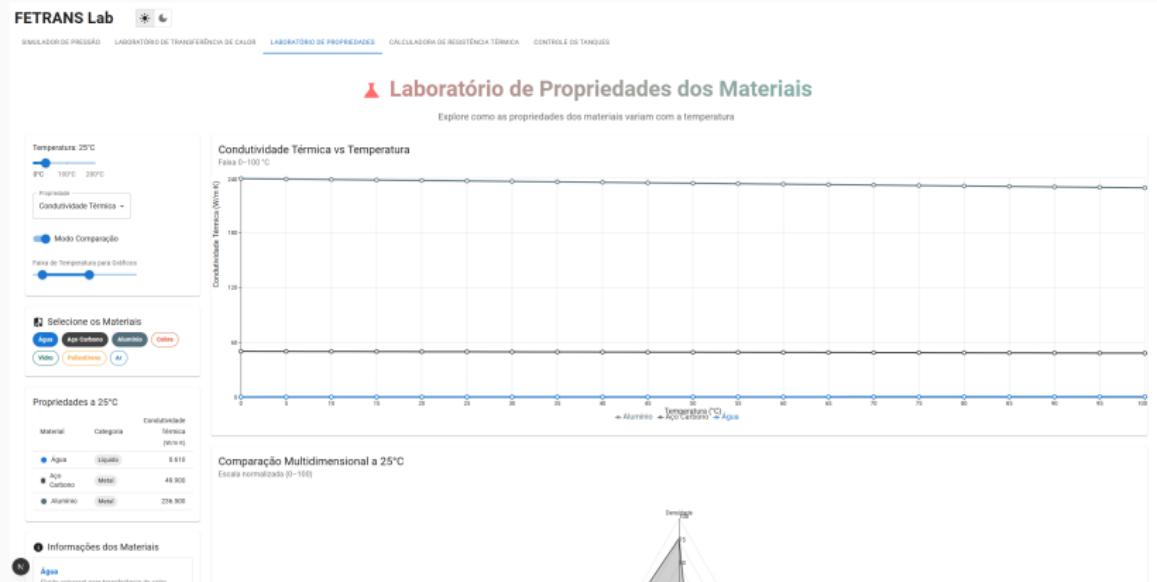
$$q'' = \varepsilon\sigma(T_s^4 - T_{\text{sur}}^4)$$

Taxa total de transferência de calor:

$$\dot{Q} = q''A$$

Laboratório de Propriedades dos Materiais

Captura de tela do simulador:



Aplicação: Visualizar como as propriedades dos materiais variam com a temperatura.

Laboratório de Propriedades dos Materiais

Funcionalidades:

- Simulação interativa de propriedades térmicas e físicas de materiais comuns.
- Visualização gráfica das propriedades em função da temperatura.
- Comparação multidimensional de propriedades entre materiais.
- Seleção de materiais: metais, cerâmicas, polímeros, líquidos, e gases.
- Seleção de propriedades:
 - Densidade $\rho(T)$
 - Calor Específico $c_p(T)$
 - Condutividade Térmica $k(T)$
 - Viscosidade $\mu(T)$

Calculadora de Resistência Térmica

Captura de tela do simulador:

FETRANS Lab



SIMULADOR DE PRESSÃO LABORATÓRIO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

LABORATÓRIO DE PROPRIEDADES

CALCULADORA DE RESISTÊNCIA TÉRMICA

CONTROLE DE TANQUES

Sistema Térmico (Série e Paralelo)

Monte o empilhamento de materiais (incluindo grupos em paralelo), configure convecção e resistências de contato para obter a resistência térmica total (área = 1 m²).

Materiais disponíveis

Arraste para a área de comparação

Concreto

Concreto comum para paredes estruturais.

$$k = 1.7 \text{ W/mK} \quad L = 0.15 \text{ m} \quad R = 0.082 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Tijolo

Tijolo cerâmico maciço.

$$k = 0.72 \text{ W/mK} \quad L = 0.12 \text{ m} \quad R = 0.1667 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Isolante EPS

Isolamento térmico de poliestireno expandido.

$$k = 0.03 \text{ W/mK} \quad L = 0.05 \text{ m} \quad R = 0.15 \text{ m}^2\text{K/W}$$

L3 de vidro

Vidro comum de 3 mm de espessura.

$$k = 0.04 \text{ W/mK} \quad L = 0.05 \text{ m} \quad R = 0.12 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Gesso acartonado

Aislamento interno de gesso.

$$k = 0.25 \text{ W/mK} \quad L = 0.015 \text{ m} \quad R = 0.0667 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vidro

Vidro comum para janelas.

$$k = 1 \text{ W/mK} \quad L = 0.05 \text{ m} \quad R = 0.0200 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Composição do sistema

Recicle os materiais, crie grupos em paralelo, configure contatos e convecção

Convecção externa (solhares) → 1º material

$$R_{\text{conve}} = 1 / h \text{ (área = 1 m}^2)$$

Considerar convecção

$$h = 0.01 \text{ m}^{-1}\text{K/W}$$

$$E_{\text{conve}} = 0.0400 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Arraste materiais da lista à esquerda para iniciar o sistema.

Resultados de resistência térmica

$$R_{\text{total}} = 0,1400 \text{ m}^2\text{K/W}$$

(considerando área de 1 m² e combinação série-paralelo)

Detalhamento por elementos

- Convecção externa (solhares) → 1º material; $R = 0.0400 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Convecção interna (último material → ambiente); $R = 0.1000 \text{ m}^2\text{K/W}$

Fundamentos térmicos utilizados

Considera-se área A = 1 m² em todos os cálculos.

1. Condução em uma camada (única)
 - Condução térmica $k \text{ (W/mK)}$
 - Espessura da camada $L \text{ (m)}$
 - Resistência térmica $R = L / k \text{ (m}^2\text{K/W)}$
2. Convecção (aperto) → ambiente
 - Coeficiente de convecção $h \text{ (W/m}^2\text{K)}$
 - Resistência de convecção $R_{\text{conve}} = 1 / h \text{ (m}^2\text{K/W)}$
3. Resistência de contato entre camadas
 - Valor definido pelo usuário $R_{\text{cont}} \text{ (m}^2\text{K/W)}$
 - Considera-se que a resistência em série é $R_{\text{cont}} \ll R_{\text{total}}$
4. Grupos de contato em paralelo
 - Cálculo da resistência do grupo em paralelo tem resistividades $R_1 = L_1 / k_1$ e equivalente do grupo $R_{\text{par}} = 1 / (1 / R_1 + 1 / R_2 + \dots + 1 / R_n)$
5. Cálculo da resistência em série (sistemas complexos)
 - Sistemas com resistências em série (convecções, camadas simples e grupos em paralelo já equivalentes) são somados
 - $R_{\text{total}} = E \cdot R_{\text{series}}$
6. (Opcional) Coeficiente global de transmissão:
 - A partir da resistência total, pode-se obter o coeficiente E :
$$E = 1 / R_{\text{total}} \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

Aplicação: Calcular a resistência térmica total de sistemas compostos por múltiplas camadas e mecanismos de transferência de calor.

Calculadora de Resistência Térmica

Funcionalidades:

- Construção interativa de sistemas térmicos com múltiplas camadas.
- Cálculo automático da resistência térmica total R_{total} .
- Suporte para condução entre camadas e convecção externa.

Resistência térmica por condução e convecção:

$$R_{cond} = \frac{L}{kA}, \quad R_{conv} = \frac{1}{hA}$$

Resistência térmica equivalente em série e paralelo:

$$R_{\text{série}} = \sum R_i, \quad R_{\text{paralelo}} = \left(\sum \frac{1}{R_i} \right)^{-1}$$

Jogo: Controle de Tanques Pressurizados

Captura de tela do simulador:

FETRANS Lab 

SIMULADOR DE PRESSÃO LABORATÓRIO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR LABORATÓRIO DE PROPRIEDADES CÁLCULADORA DE RESISTÊNCIA TÉRMICA CONTROLE DE TANQUES

Painel de Controle – Tanques sob Pressão

Use os switches para abrir/fechar as comportas. Em sobrepressão/reação, você tem 5s e 5s para corrigir.

Tanque geral  **Resultado em alerta**

Defina o comportamento global e acompanhe o estado do sistema.

Tanque de simulação
Desacelerado: 0,00 m/s
O tanque irromperá se o nível exceder o limite por mais de 5 s.

Controles da simulação
INICIAR  **PAUSAR**  **REINICIAR** 
Aplicar todos os

Comporta global igual para todos os tanques! Defina material e dimensões antes de iniciar. Aperte iniciar, ou valente ficar brilhante.

Apoio
após acelerar, nível para etos pressões. (limite superior: 40.000)
Altura da comporta (m): 3,0 Largura da comporta (m): 2,0
Aceleração (m/s²): 0,25 Limite de força (m/s): 60

Área de comporta: 6,00 m²

Condições de falhar e reacção
• Onde explosed: 1 + P, Andar: 2 por mais de 5 s → explosão.
• Desac. > 10 para mais de 5 s → falha operacional.
• Se impulsionar falhar and 90s → reacção.

Mobilidades e Móveis

Tanques

Tanque 1  **Nível muito baixo**
Nível: 0,00 m / 5 m Pressão base: 0,0 kPa Força: 0,0 kN / limite 60,0 kN

Tanque 3  **Nível muito baixo**
Nível: 0,00 m / 5 m Pressão base: 0,0 kPa Força: 0,0 kN / limite 60,0 kN

Tanque 5  **Nível muito baixo**
Nível: 0,00 m / 5 m Pressão base: 0,0 kPa Força: 0,0 kN / limite 60,0 kN

Tanque 7  **Nível muito baixo**
Nível: 0,00 m / 5 m Pressão base: 0,0 kPa Força: 0,0 kN / limite 60,0 kN

Tanque 9  **Nível muito baixo**
Nível: 0,00 m / 5 m Pressão base: 0,0 kPa Força: 0,0 kN / limite 60,0 kN

Tanque 2  **Nível muito baixo**
Nível: 0,00 m / 5 m Pressão base: 0,0 kPa Força: 0,0 kN / limite 60,0 kN

Tanque 4  **Nível muito baixo**
Nível: 0,00 m / 5 m Pressão base: 0,0 kPa Força: 0,0 kN / limite 60,0 kN

Tanque 6  **Nível muito baixo**
Nível: 0,00 m / 5 m Pressão base: 0,0 kPa Força: 0,0 kN / limite 60,0 kN

Tanque 8  **Nível muito baixo**
Nível: 0,00 m / 5 m Pressão base: 0,0 kPa Força: 0,0 kN / limite 60,0 kN

Tanque 10  **Nível muito baixo**
Nível: 0,00 m / 5 m Pressão base: 0,0 kPa Força: 0,0 kN / limite 60,0 kN

Controles das comportas (switches)
Up/Down → Abre/Empurra → Fecha

Tanque 1  Fechada
Tanque 2  Fechada

Tanque 3  Fechada
Tanque 4  Fechada

Tanque 5  Fechada
Tanque 6  Fechada

Tanque 7  Fechada
Tanque 8  Fechada

Tanque 9  Fechada
Tanque 10  Fechada

Aplicação: Aplicar conceitos de mecânica dos fluidos e controle em um jogo interativo.

Jogo: Controle de Tanques Pressurizados

Funcionalidades:

- Monitore e controle níveis de líquido em múltiplos tanques.
- Dimensões e material da comporta ajustáveis.
- Eventos aleatórios para aumentar o desafio.
- Condição de falha: Nível seco ou sobrepressão por mais de 5s.

Força hidrostática na comporta:

$$F_h = \frac{1}{2} \rho g h_{\text{eff}}^2 w$$

Escoamento por orifício:

$$Q_{\text{out}} = C_d A_{\text{comporta}} \sqrt{2gh}, \quad C_d = 0,62$$

Balanço de massa:

$$\frac{dV}{dt} = Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}$$

Próximos passos e palavras finais

Próximos passos

- Adicionar suporte a mais materiais, propriedades e customizações.
- Aprimorar laboratório de transferência de calor com mais cenários.
- Adicionar visualização do perfil de temperatura na Calculadora de resistência térmica.
- Adição de mais simulações e tópicos avançados.
- Melhorias na interface e usabilidade.
- Feedback de usuários para aprimorar a ferramenta.

Palavras finais

Com esse trabalho, esperamos contribuir para o aprendizado de Fenômenos de Transporte, oferecendo uma ferramenta interativa e acessível para estudantes e educadores.

Agradecemos a atenção de todos!

Links úteis:

- Aplicação hospedada em:

<https://fetrans-lab.vercel.app>

- Código-fonte no GitHub:

<https://github.com/RegisBloemer/simulador-pressao>