

Projeto 2

Termodinâmica

Integrantes:

Carlos Felipe

Matheus Oliveira

Pedro Dannecker

Modelagem e Simulação do Mundo Físico

Turma A - Engenharia



Contextualização

- Objetivo do projeto;
- Como as dimensões influenciam no tempo de equilíbrio térmico após saída da freezer?
- Como os líquidos escolhidos influenciam no tempo de equilíbrio térmico após saída da freezer?
- O material do copo influencia nessa análise de tempo?

Densidade da água

$$997 \text{ kg/m}^3$$

Densidade do copo (cerâmica/porcelana)

$$2300 \text{ kg/m}^3$$

Volume de água

$$150 \text{ cm}^3$$

Dimensões do recipiente

$$\text{raio} = 4 \text{ cm}$$

$$\text{altura} = 3 \text{ cm}$$

Calor específico da água

$$4190 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

Calor específico da cerâmica

$$1085 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

Temperatura ambiente, em kelvin

$$T_a = 23.1 + 273.15$$

Temperatura inicial

$$T_i = 0 + 273.15$$

espessura

$$5 \text{ mm}$$

Área da superfície lateral

$$A_s = 5.10^{-2} \text{ m}^2$$

Área de contato com o líquido

$$A_r = 7.5.10^{-2} \text{ m}^2$$

Condutividade térmica

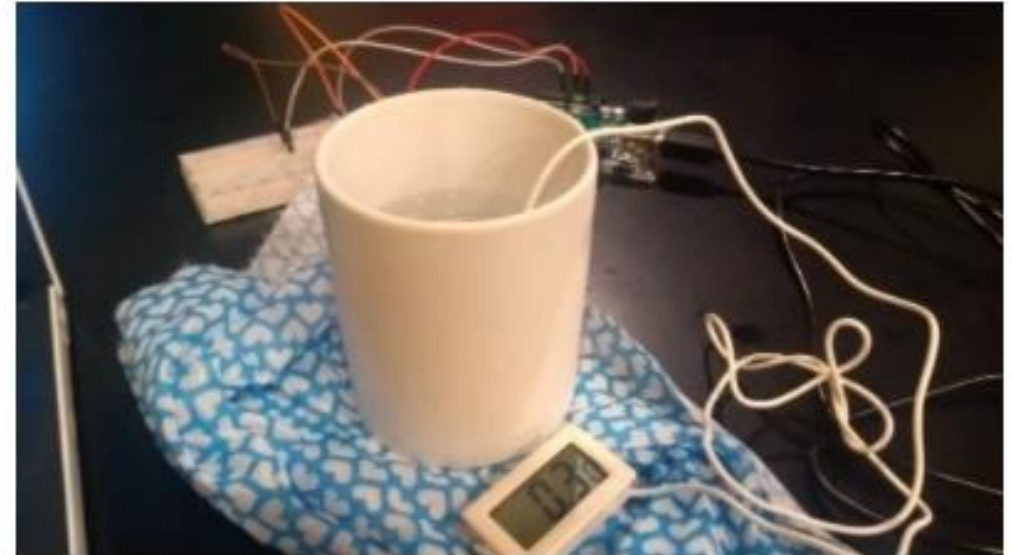
$$k_c = 3 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

Coefficiente de transferência convectiva da superfície do ar para o água

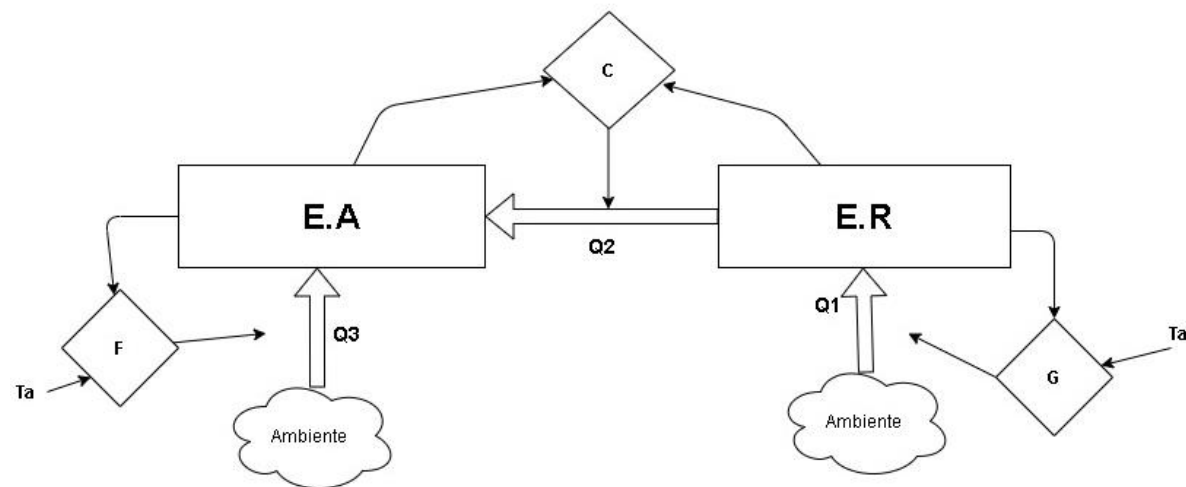
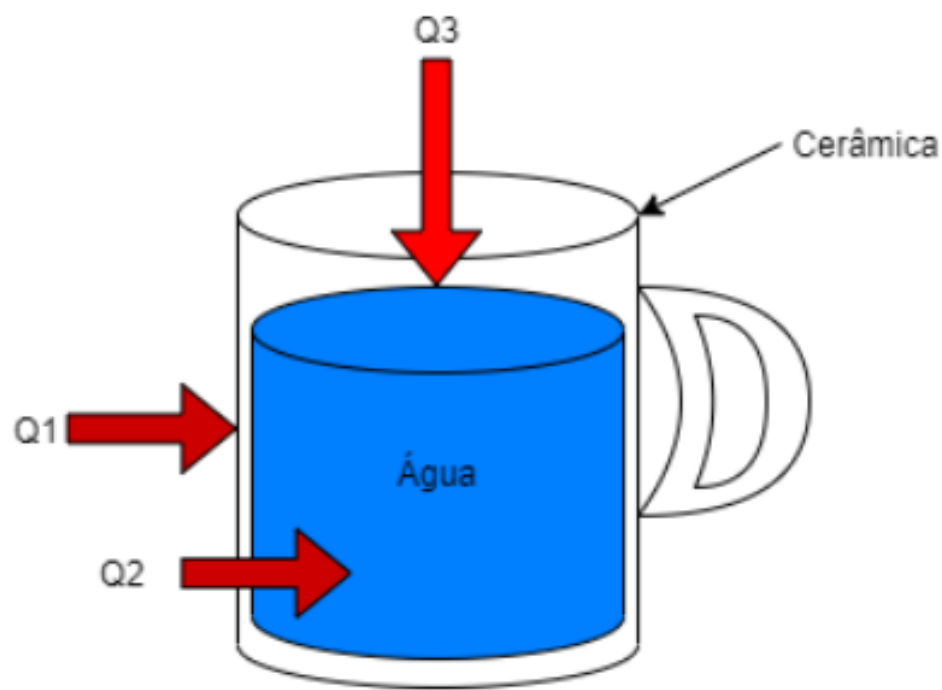
$$h_a = 15.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Coefficiente de transferência convectiva do ar para o recipiente

$$h_c = 15.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$



Esquematisação e Diagrama



$$\frac{dT_{Liquido}}{dt} = \frac{1}{m_o \cdot c_o} \cdot [\dot{Q}_2 + \dot{Q}_3]$$

$$\frac{dT_{Copo}}{dt} = \frac{1}{m_r \cdot c_r} \cdot [\dot{Q}_1 - \dot{Q}_2]$$

Sendo:

$$\dot{Q}_1 = \frac{T_a - T_r}{\frac{e}{k_c \cdot A_r} + \frac{1}{h_c \cdot A_c}}$$

$$\dot{Q}_2 = \frac{T_r - T_o}{\frac{e}{k_c \cdot A_c}}$$

$$\dot{Q}_3 = \frac{T_a - T_o}{\frac{1}{h_a \cdot A_s}}$$

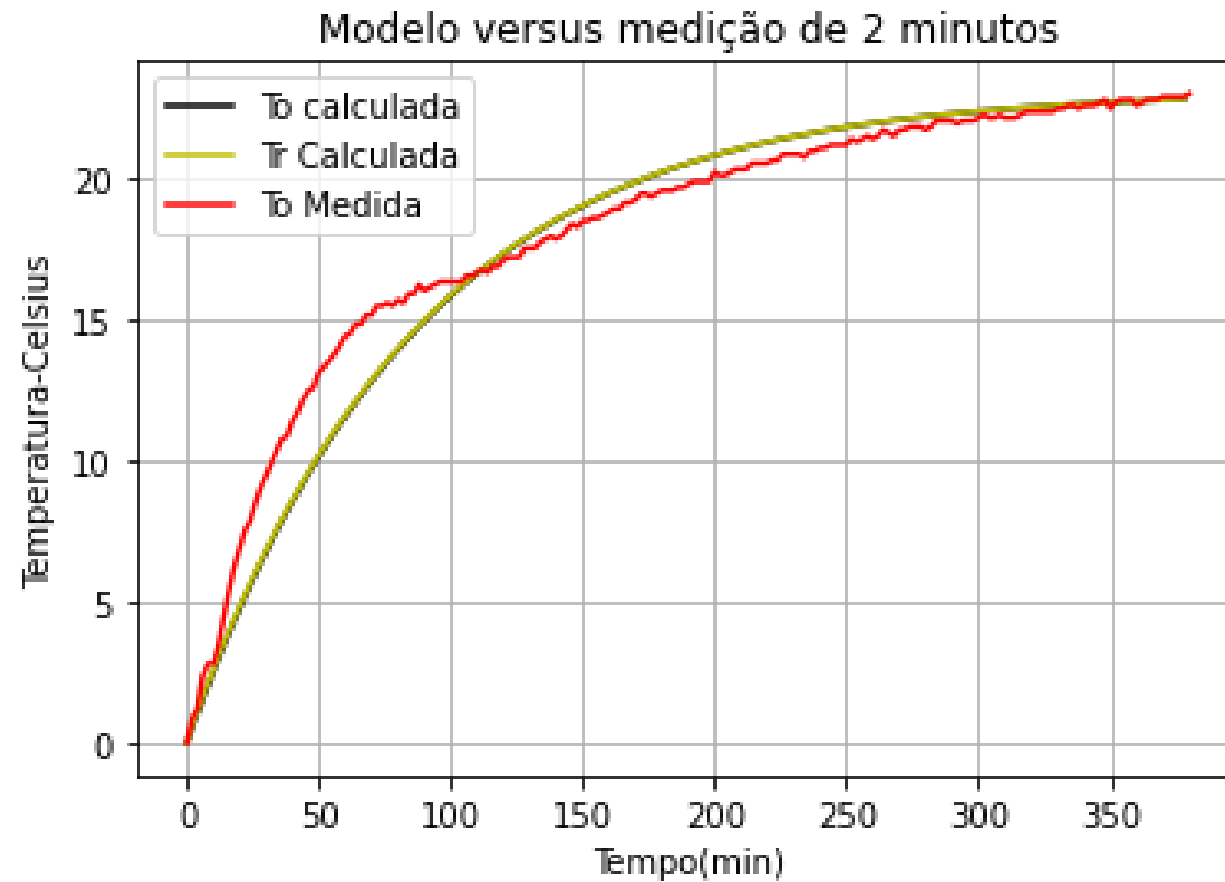
Legenda do diagrama:

E.A = Energia interna da água
E.R = Energia interna do Recipiente
Ta = Temperatura ambiente

Legenda das equações:

Mo = massa do líquido
Co = calor específico do líquido
Mr = massa do recipiente
Cr = calor específico do recipiente
Tr = Temperatura do Recipiente
To = Temperatura do líquido
e = Emissividade
K = Condutividade térmica
A = Área (superficial e lateral)
H = Coeficiente de convecção

Coleta e validação



Modificando os líquidos

Gráfico com variação do líquido

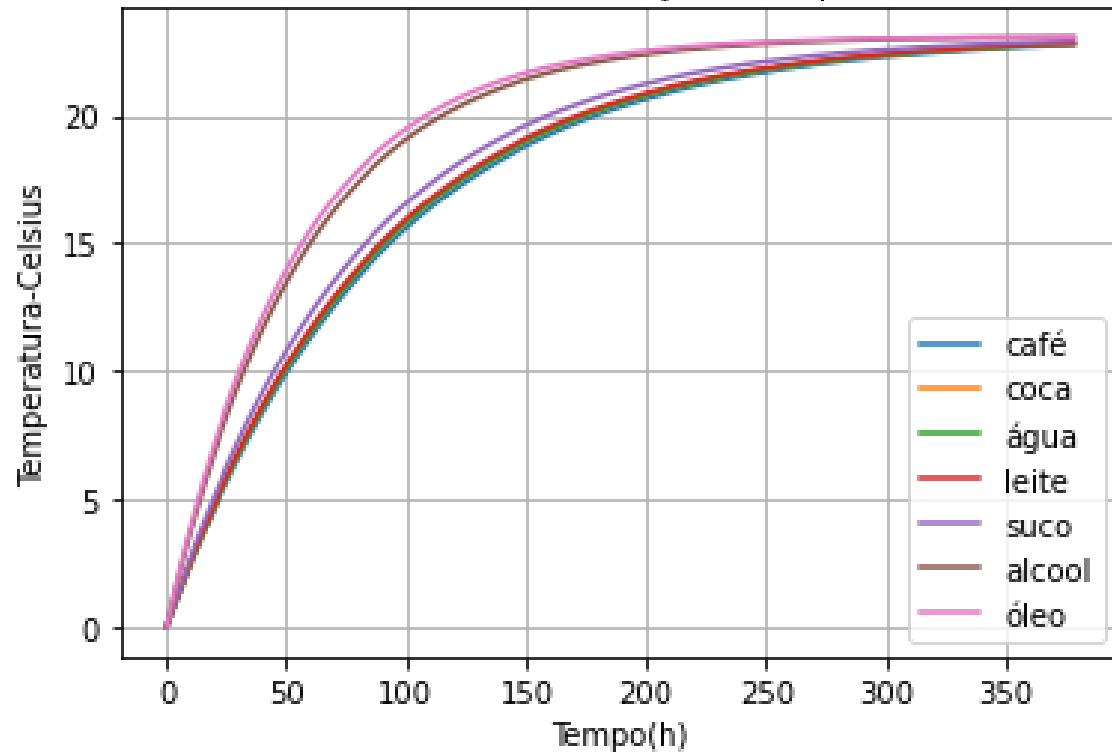
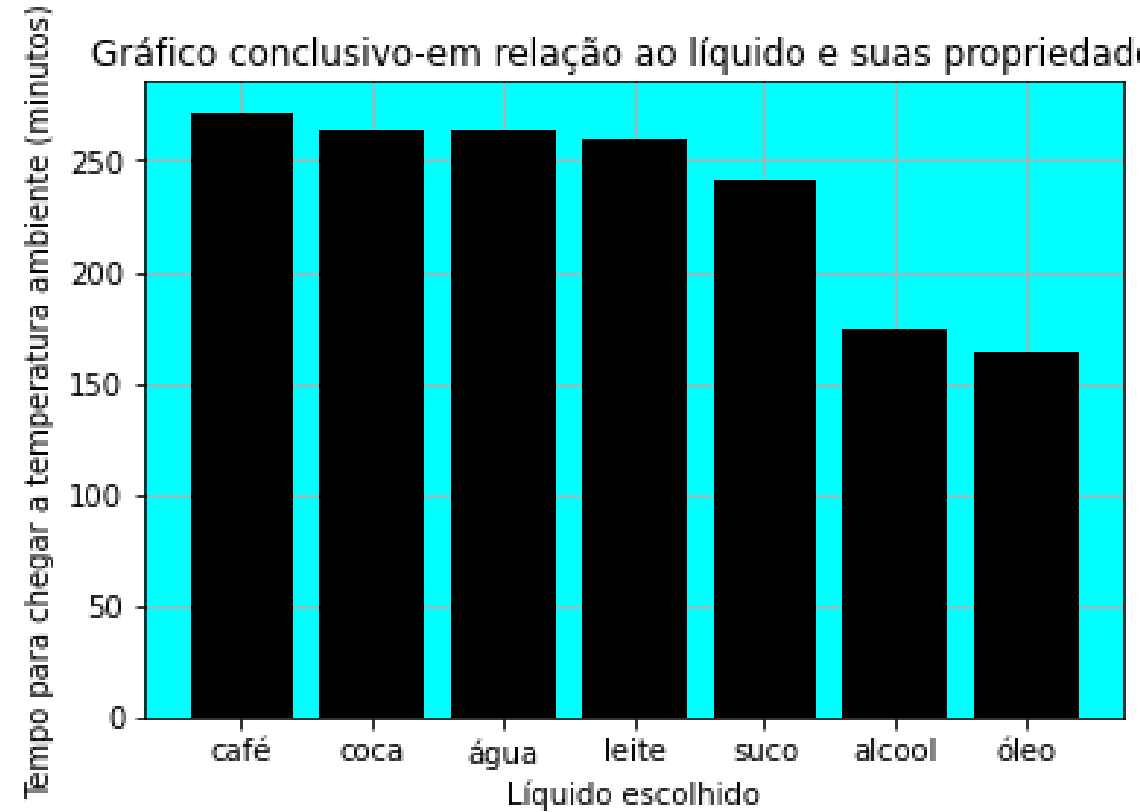


Gráfico conclusivo-em relação ao líquido e suas propriedades





Modificando as dimensões

variação do raio

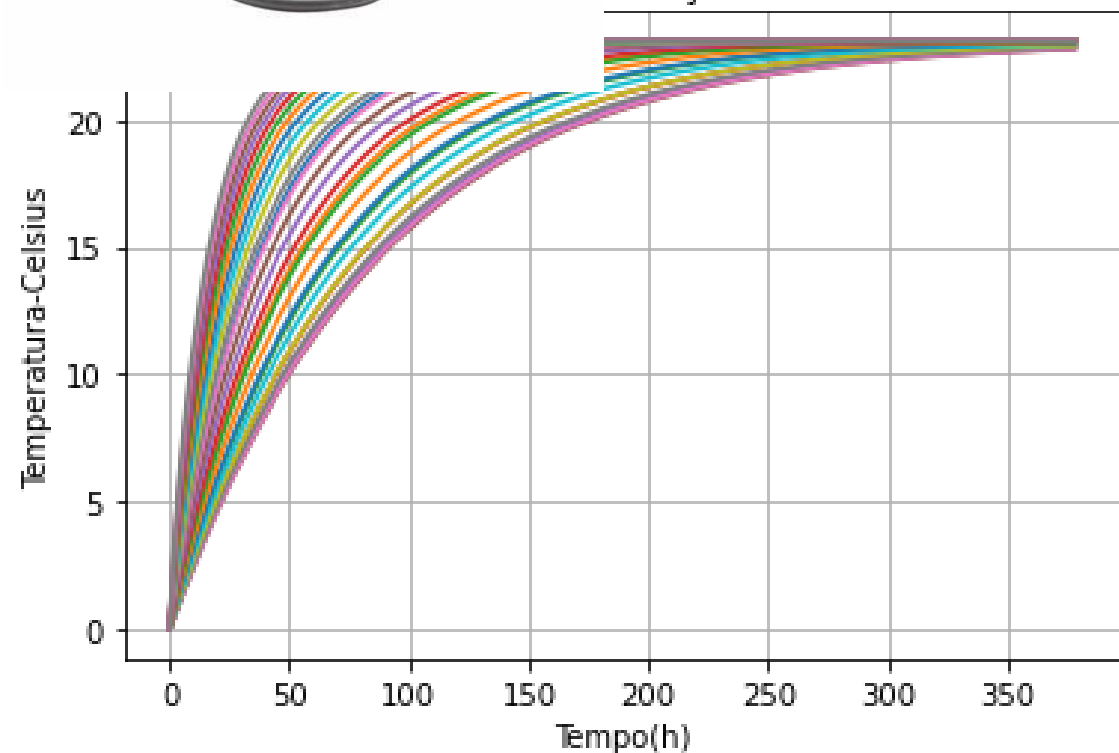
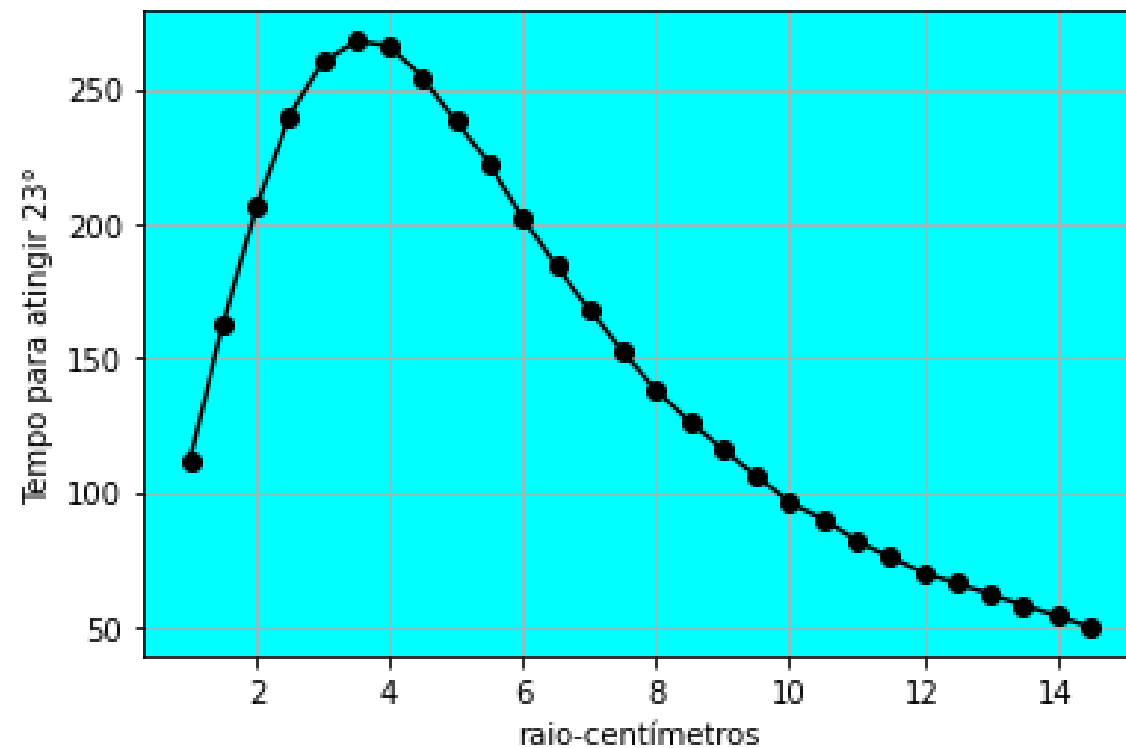
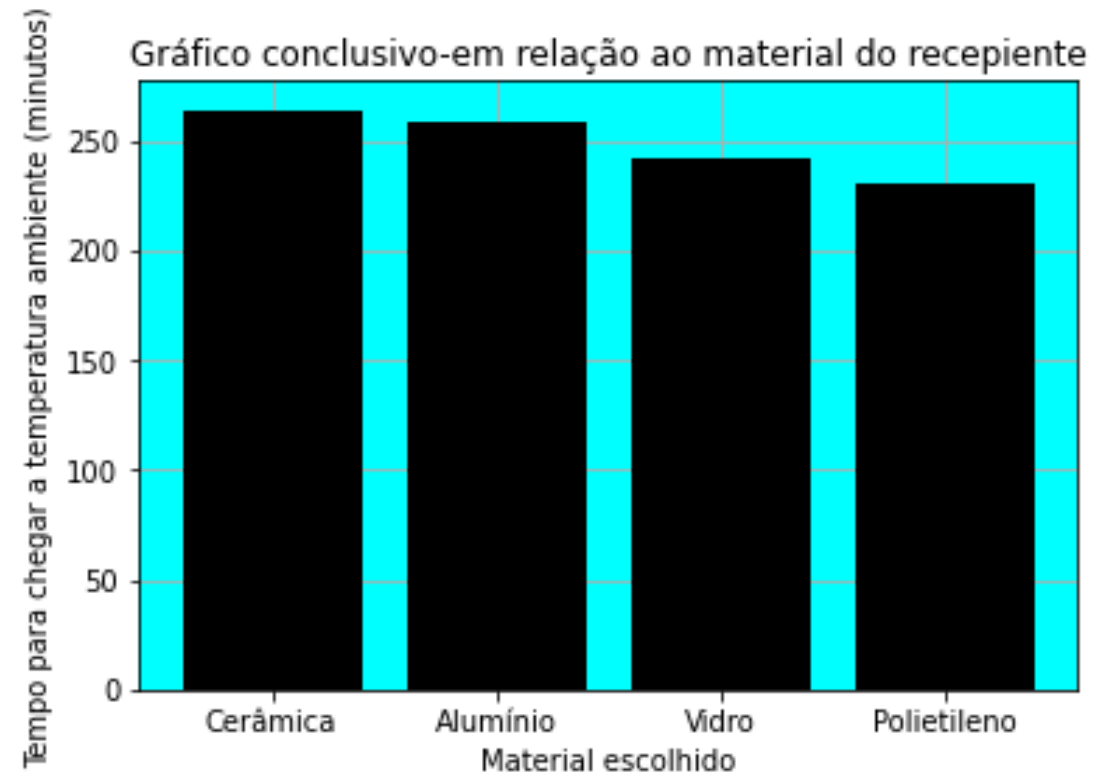
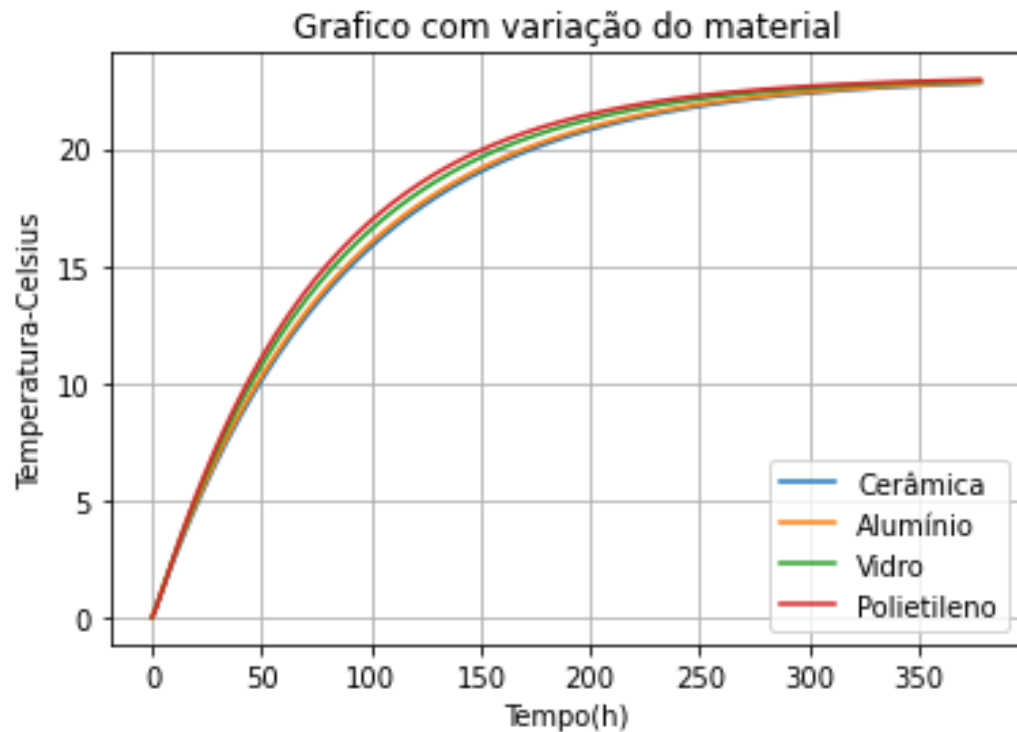


Gráfico conclusivo-dimensões

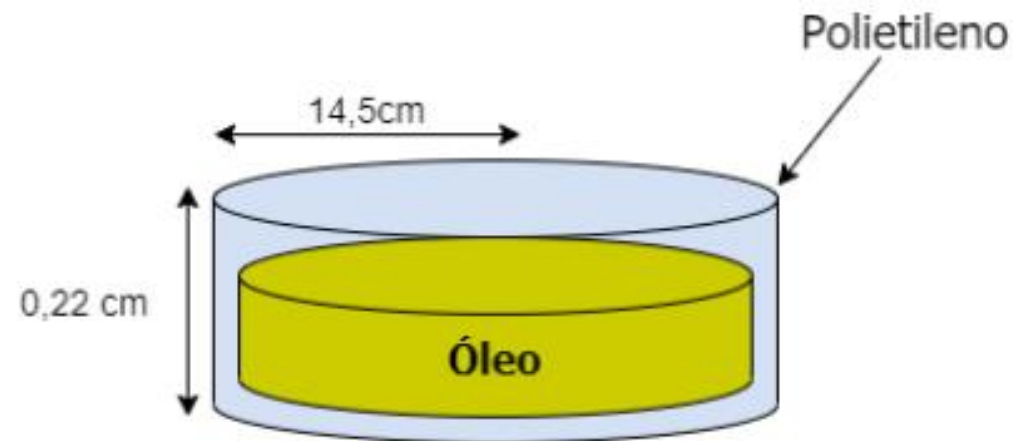
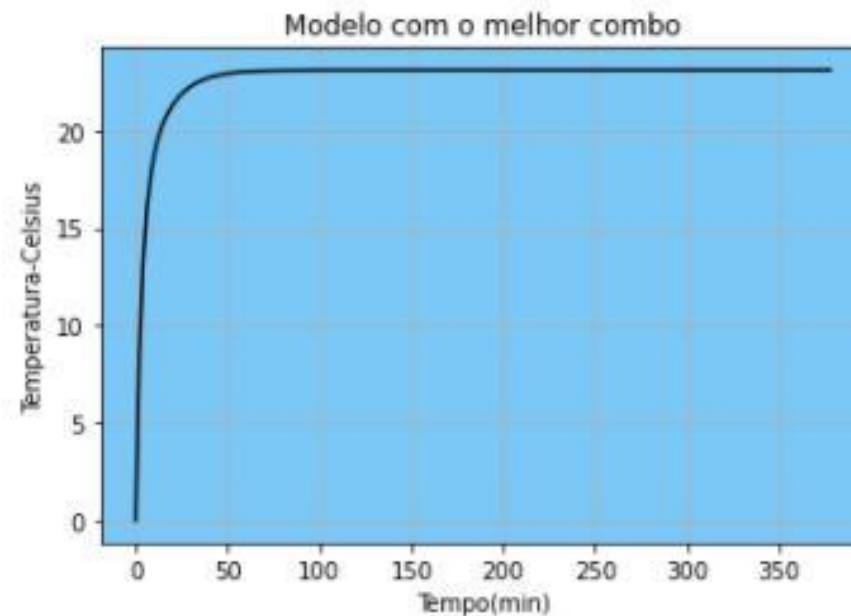


Modificando o material



Melhor combinação

- Raio = 14.5cm
- Líquido = Óleo
- Material = Polietileno
- 28min para alcançar a temperatura ambiente



Possíveis melhorias

Ambiente sem interferências;

Sensor com menor porcentagem de erro;

Recipientes e líquidos mais usuais;

Maior amplitude (range) térmica;

Obrigado!

Referências

https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/catalogo_caixa_v4.PDF#:~:text=Material%20Propriedade%20t%C3%A9rmica%20Densidade%20de%20massa%20aparente%20%28%CF%81%29,0%2C96%20Telha%20met%C3%A1lica%20de%20a%C3%A7o%207800%2055%200%2C46

<https://www.materiais.gelsonluz.com/2018/09/calor-especifico-do-plastico.html#:~:text=Calor%20espec%C3%ADfico%20do%20Pl%C3%A1stico%20Vou%20apresentar%20nesta%20p%C3%A1gina,saber%20mais%20sobre%20o%20que%20%C3%A9%20calor%20espec%C3%ADfico>

<https://www.materiais.gelsonluz.com/2019/04/densidade-do-plastico.html>

<https://www.materiais.gelsonluz.com/2018/09/calor-especifico-vidro.html>

<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17341/material/Cer%C3%A2micas.pdf>

<http://www.protolab.com.br/Tabela-Conductividade-Material-Construcao.htm>

https://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-d_391.html

https://www.mspc.eng.br/dir70/tec_dat_09.php

<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17341/material/Cer%C3%A2micas.pdf>

https://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/f/fe/Apostila_TCL_2010_Parte_3.pdf