

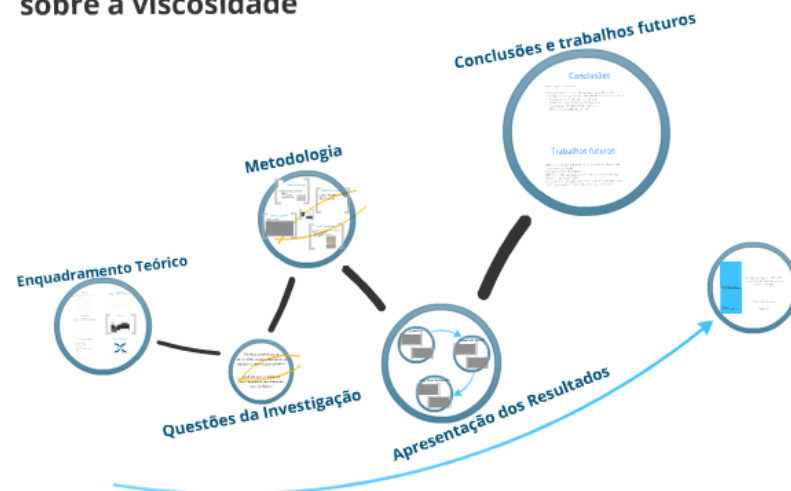


# Efeito do escorregamento dos fluidos nas superfícies de medição do reómetro sobre a viscosidade

Frédéric Oliveira Dos Santos

Outubro de 2012

## Efeito do escorregamento dos fluidos nas superfícies de medição do reómetro sobre a viscosidade





INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

# Efeito do escorregamento dos fluidos nas superfícies de medição do reómetro sobre a viscosidade

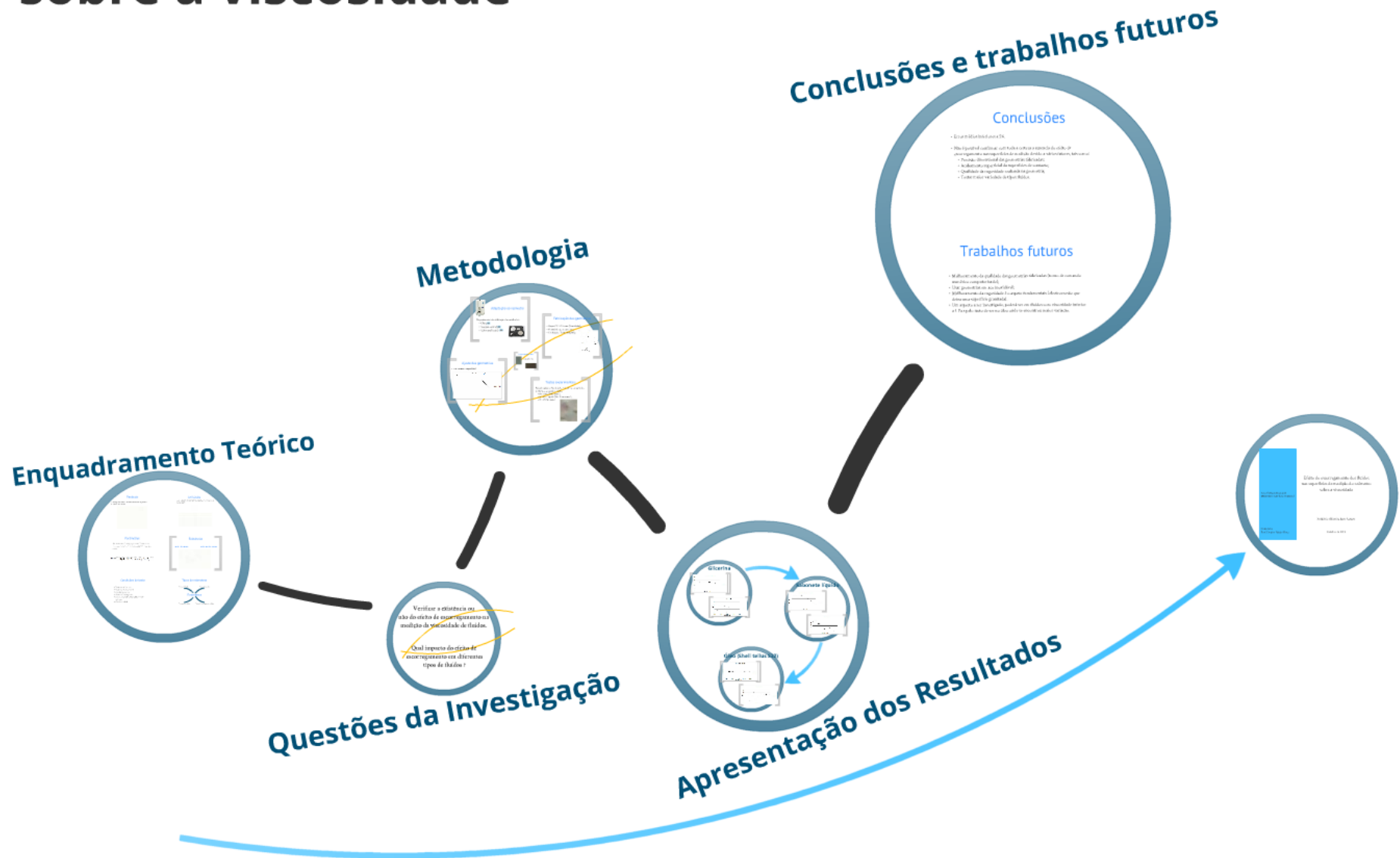
Para obtenção do grau de  
Mestre em Engenharia Industrial

Frédéric Oliveira Dos Santos

Orientador  
Prof. Doutor Sérgio Rosa

Outubro de 2012

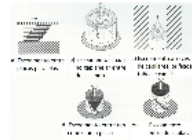
# Efeito do escorregamento dos fluidos nas superfícies de medição do reômetro sobre a viscosidade



# Enquadramento Teórico

## Reologia

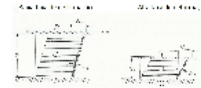
A reologia descreve a deformação de um corpo sob a influência de tensões.



## Lei básica

Isaac Newton foi o primeiro a expressar a lei básica da viscosidade:

$$\tau = \eta \dot{\gamma}$$



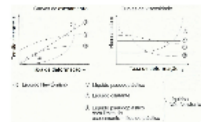
## Parâmetros

A viscosidade é uma propriedade física de um fluido que depende de seis parâmetros, tais como:

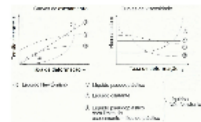
$$\eta = \text{função de } S, T, P, \dot{\gamma}, t, E$$

## Substâncias

### Líquidos Newtonianos



### Líquidos não-Newtonianos



## Condições de teste

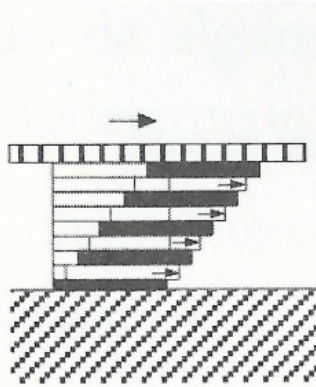
- Escormento laminar;
- Escormento estacionário;
- Sem deslizamento;
- Amostras homogêneas;
- Sem alteração das propriedades físico-químicas;
- Sem elasticidade.

## Tipos de reômetros

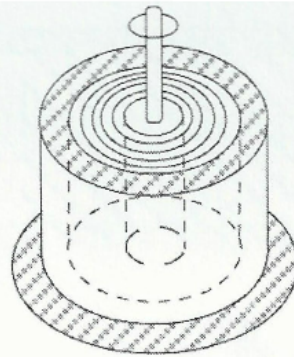


# Reologia

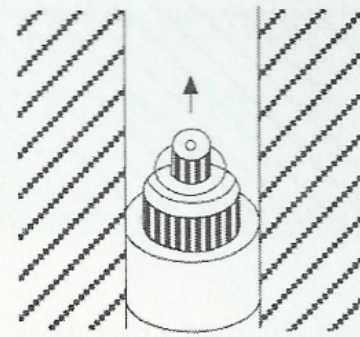
A reologia descreve a deformação de um corpo sob a influência de tensões.



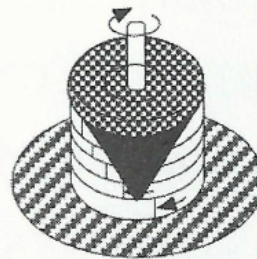
a) Escoamento entre placas paralelas



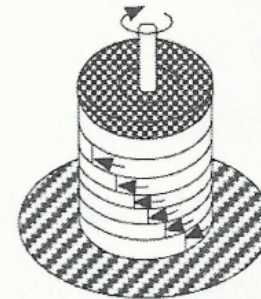
b) Escoamento circular no gap anelar entre dois cilindros



c) Escoamento através de capilares, orifícios, tubos e canais



d) Escoamento entre um cone e uma placa



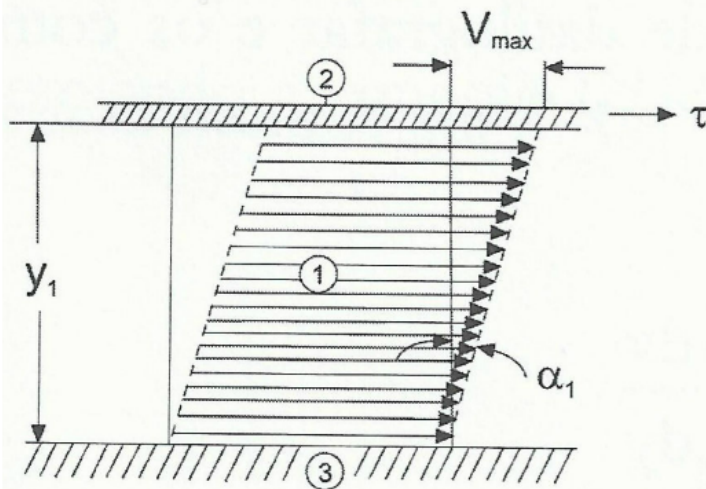
ou Escoamento entre duas placas

# Lei básica

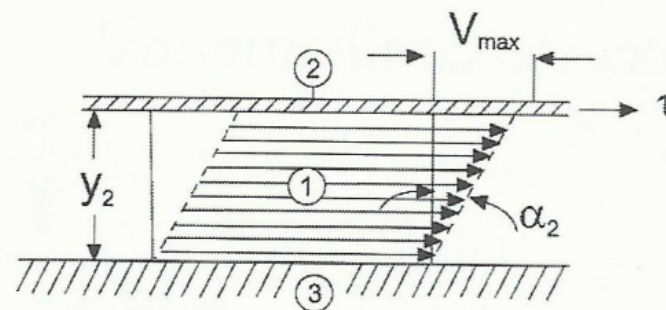
Issac Newton foi o primeiro a expressar a lei básica da viscosidade:

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

Baixa taxa de deformação



Alta taxa de deformação



# Parâmetros

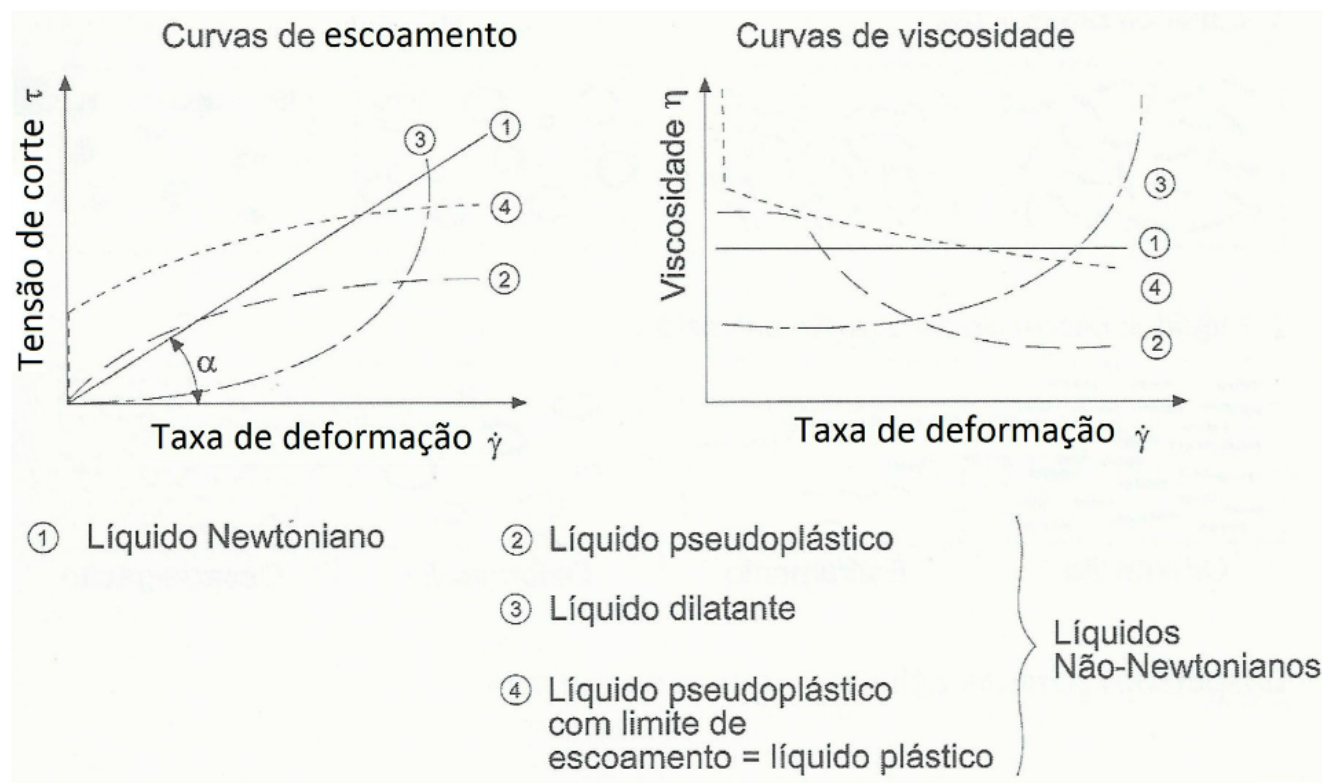
A viscosidade é uma propriedade física de um fluido que depende de seis parâmetros, tais como:

$$\eta = \text{função de } S, T, P, \dot{\gamma}, t, E$$

# Substâncias

## Líquidos Newtonianos

## Líquidos não-Newtonianos

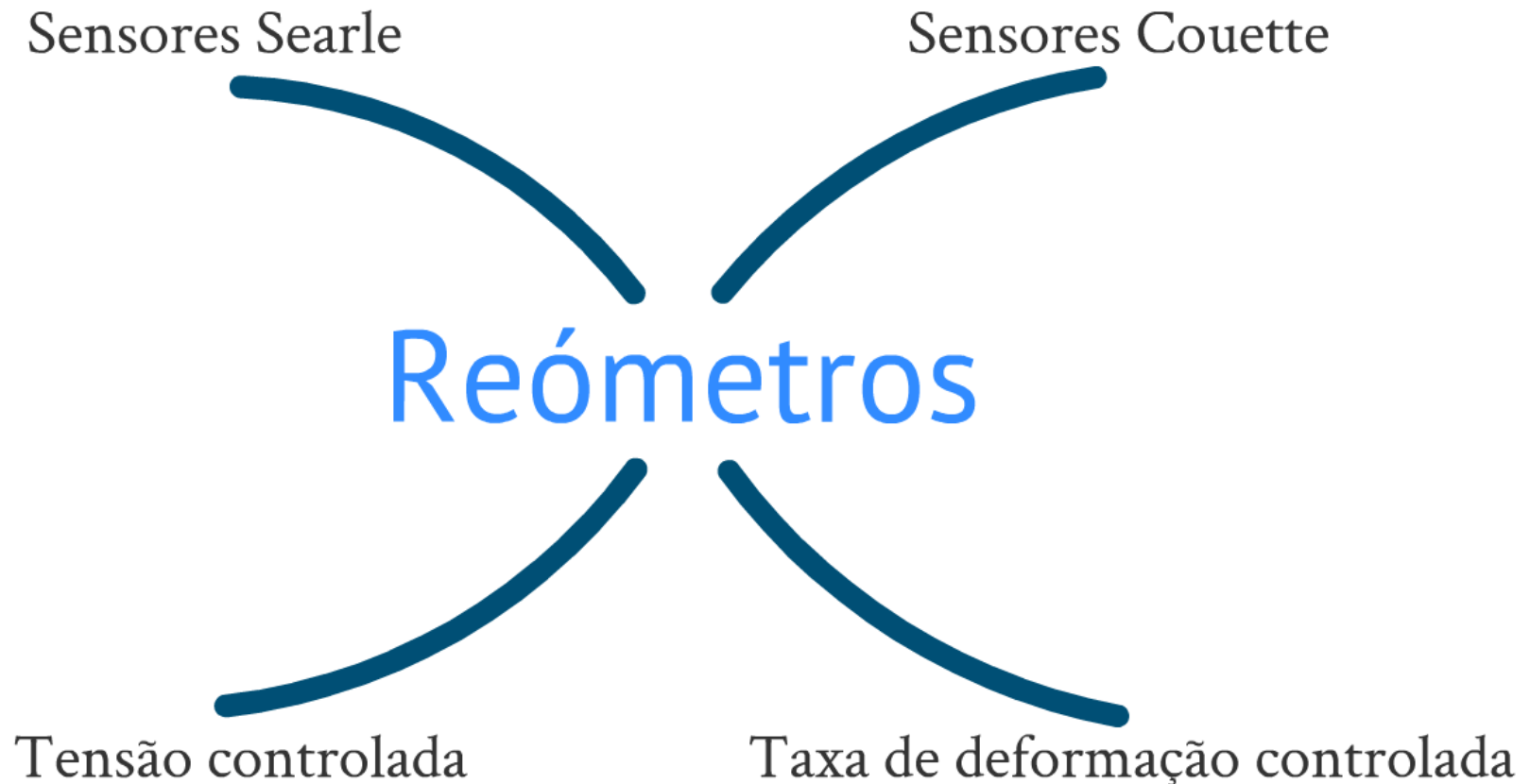


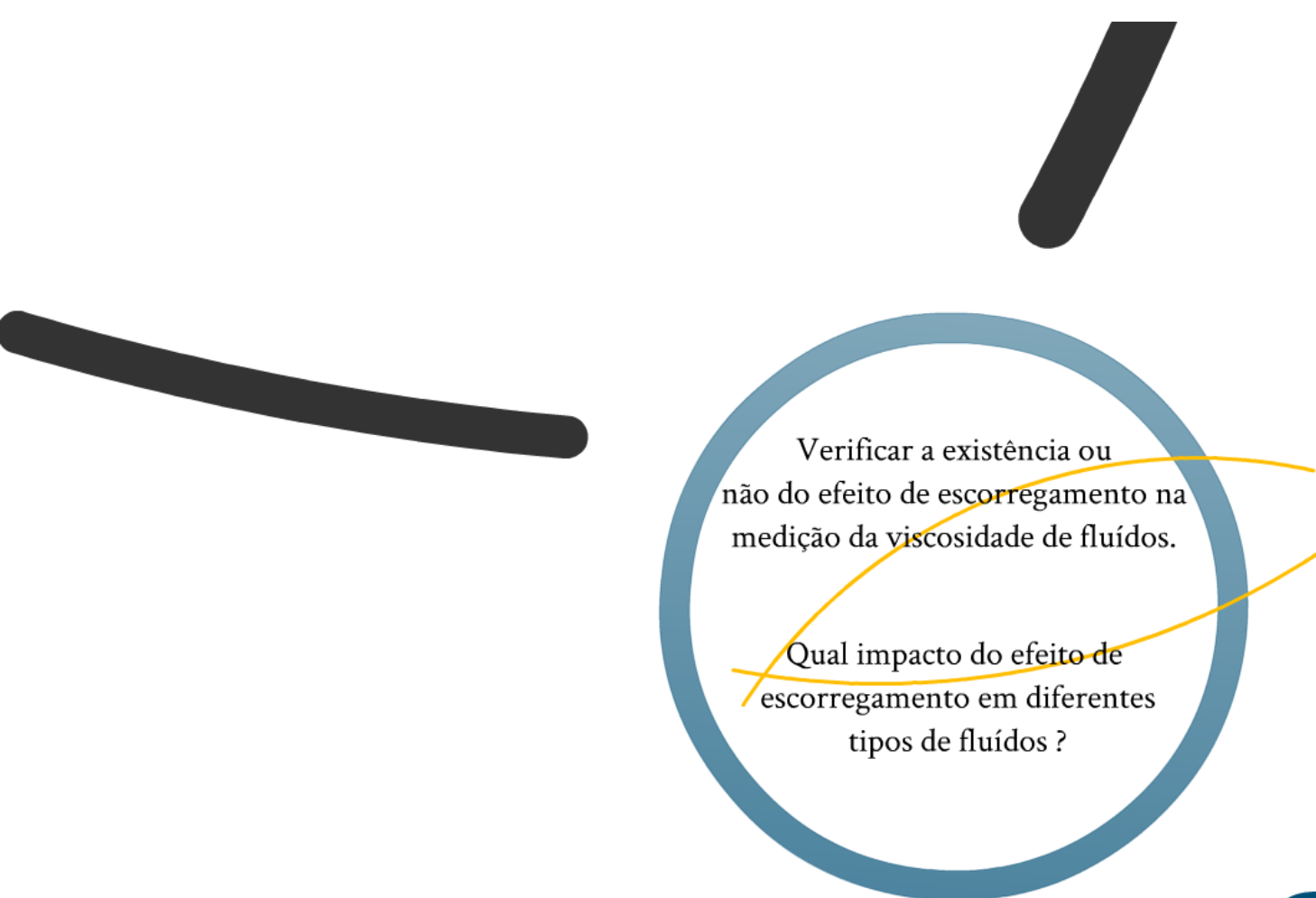


# Condições de teste

- Escoamento laminar;
- Escoamento estacionário;
- Sem deslizamento;
- Amostras homogêneas;
- Sem alteração das propriedades físico-químicas;
- Sem elasticidade.

# Tipos de reómetros





Verificar a existência ou não do efeito de escorregamento na medição da viscosidade de fluídos.

Qual impacto do efeito de escorregamento em diferentes tipos de fluídos ?

# Questões da Investigação

# Metodologia



## Adaptação ao réometro

Experiências de validação de resultados:

- Óleo;
- Sangue animal;
- Sabonete líquido.



## Fabricação das geometrias

- Peças: CP 40/40 mm (2 unidades);
- Material: Aço ao carbono;
- Fabricação: Torno mecânico.



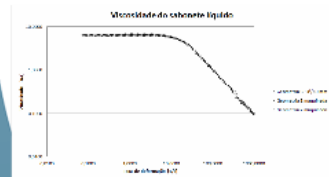
## Evolução da rugosidade

- Porosidade da superfície;
- Rugosidade da superfície.



## Ajuste das geometrias

- Acabamento superficial



## Testes experimentais

Para averiguar a existência do efeito de escorregamento utilizamos os seguintes fluidos:




- Glicerina (Newtoniano);
- Sabonete líquido (Não-Newtoniano);
- Óleo (Newtoniano).

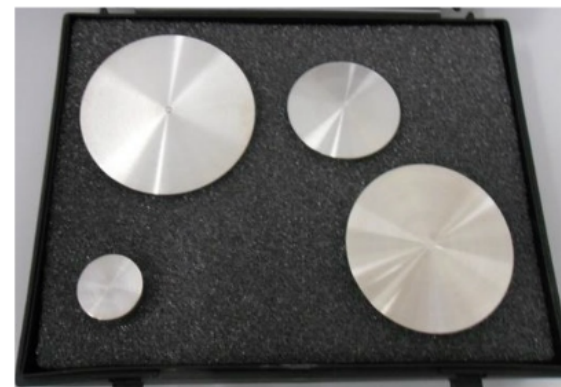




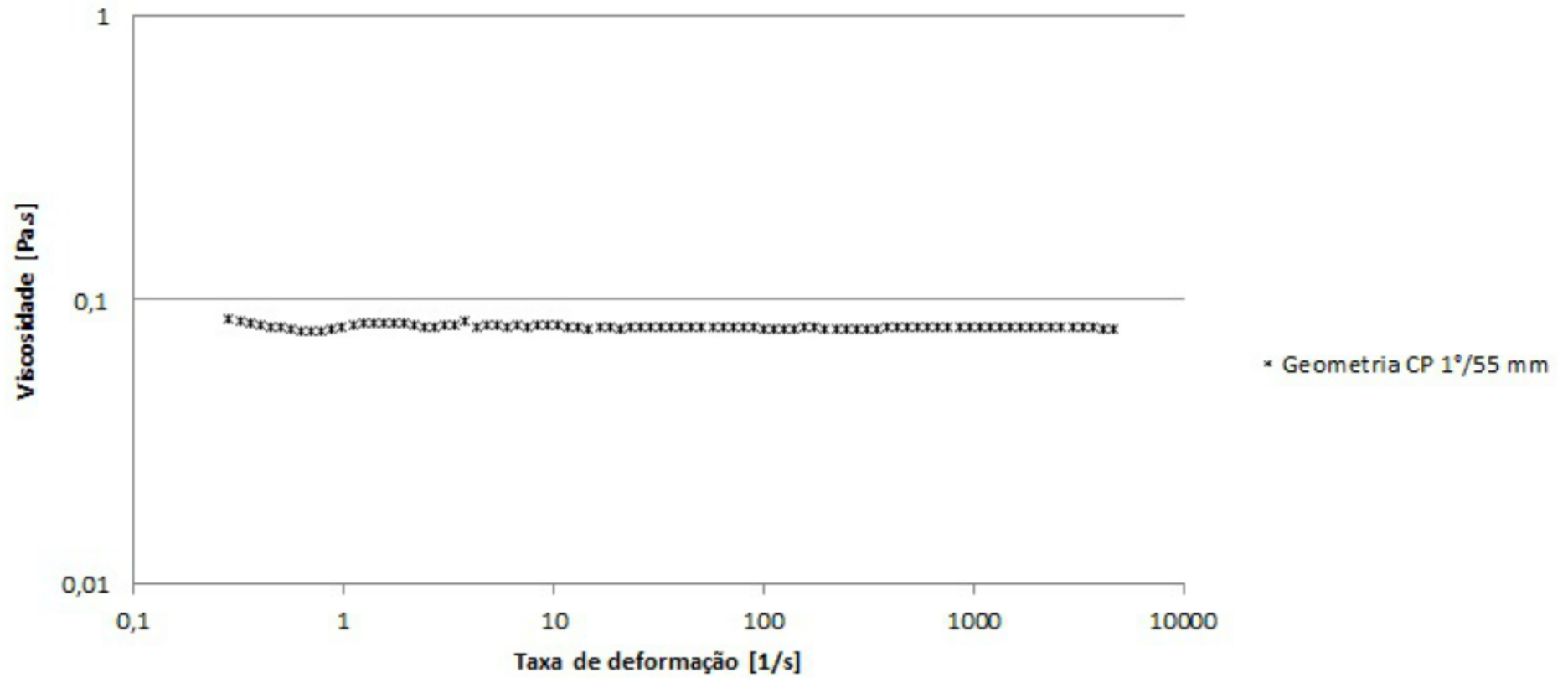
## Adaptação ao reômetro

Experiências de validação de resultados:

- Óleo; 
- Sangue animal; 
- Sabonete líquido. 

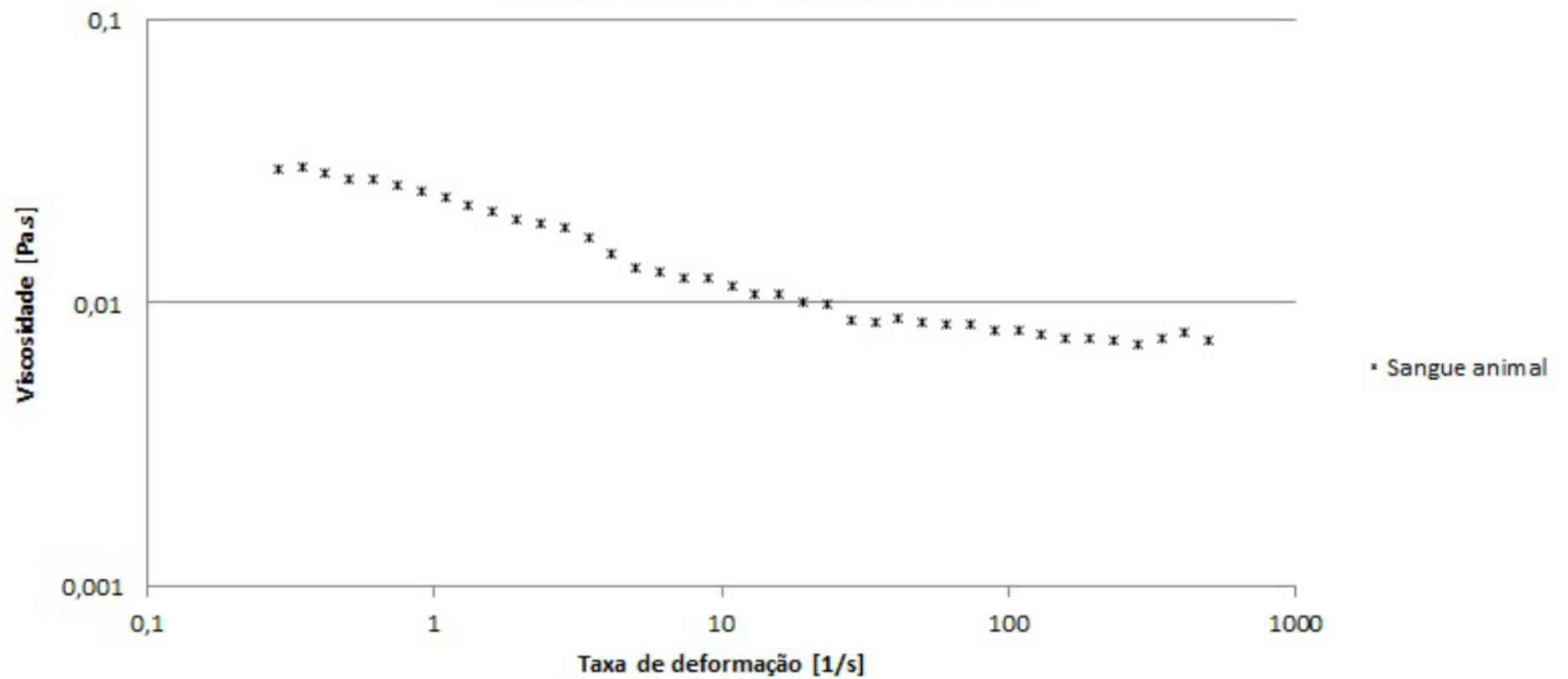


## Viscosidade do óleo



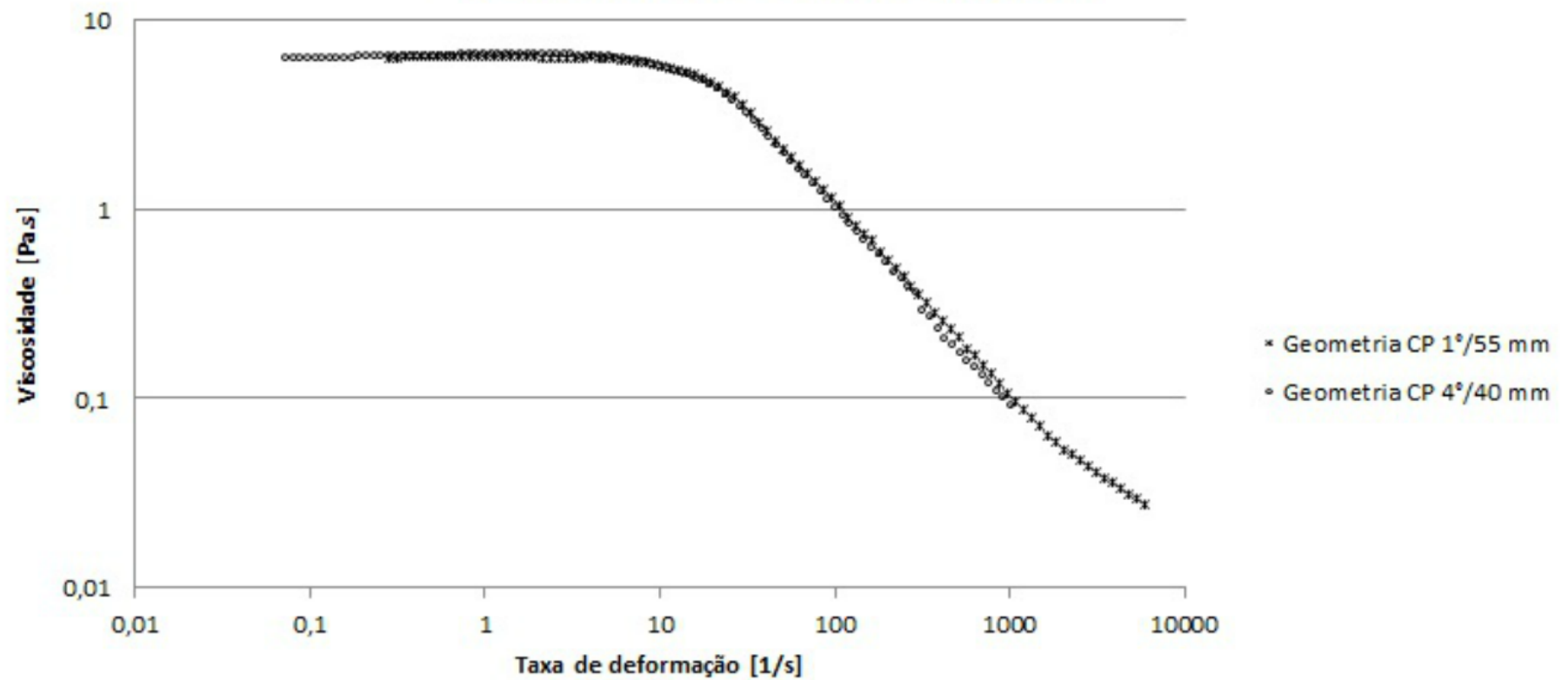
- Valor fornecido pelo fabricante é de 0,087 Pa.s.

## Viscosidade do sangue animal



- Sangue humano a 37 °C tem uma viscosidade entre 3 a 4 \* 10<sup>-3</sup> Pa.s.

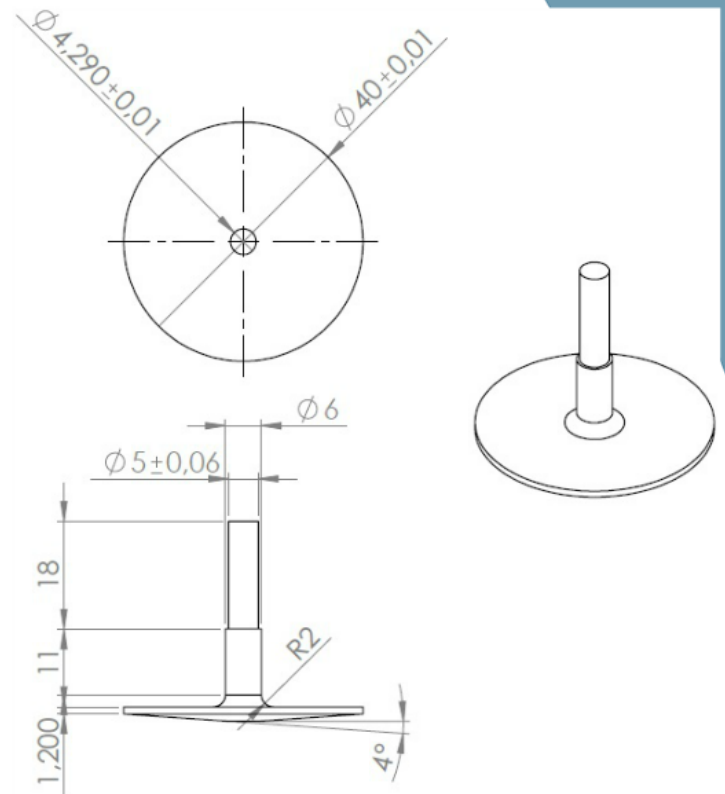
## Viscosidade do sabonete liquido





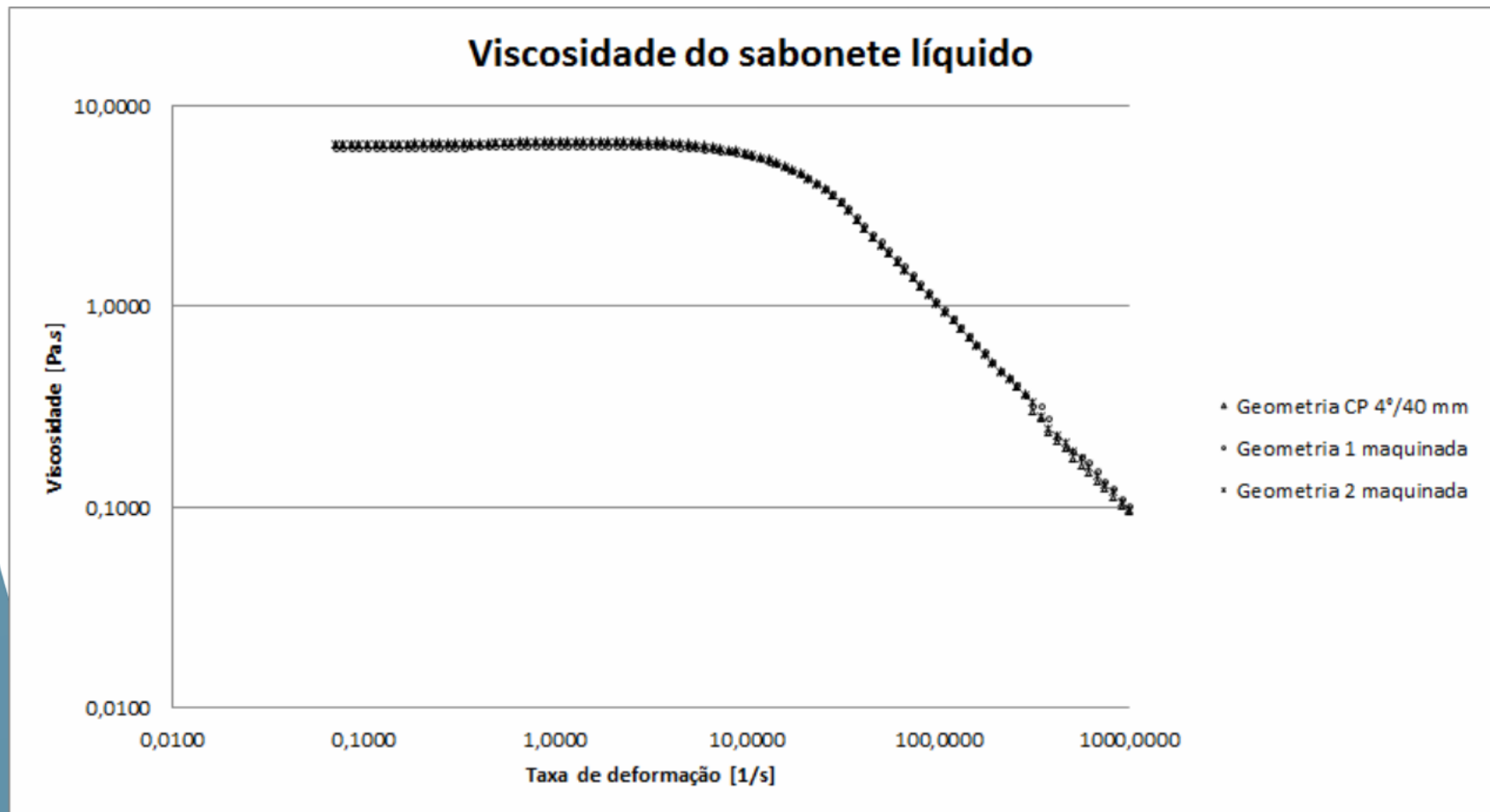
# Fabricação das geometrias

- Peças: CP 4º/40 mm (2 unidades);
- Material: Aço ao carbono;
- Fabricação: Torno mecânico.



# Ajuste das geometrias

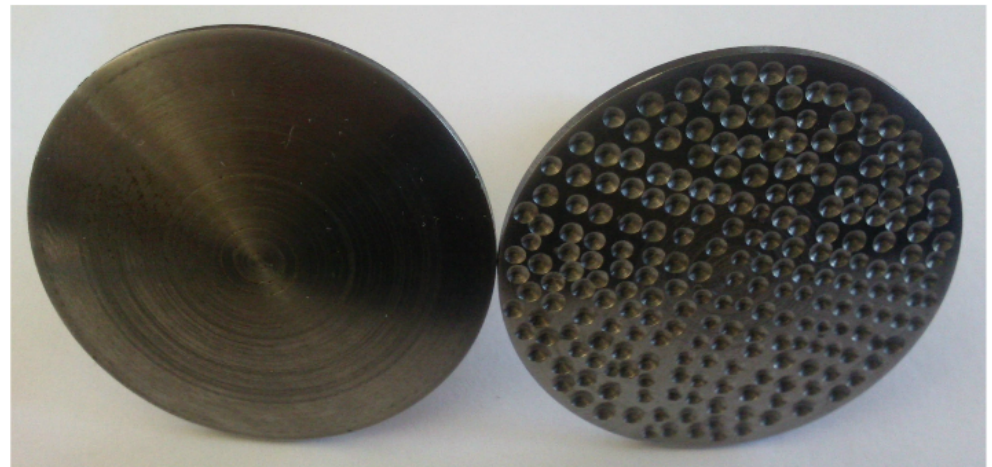
- Acabamento superficial



# Execução da rugosidade



- Ferramenta: broca 2mm;
- Máquina: furadora de bancada.



# Testes experimentais

Para averiguar a existência do efeito de escorregamento utilizamos os seguintes fluídos:

- Glicerina (Newtoniano);
- Sabonete líquido (Não-Newtoniano);
- Óleo (Newtoniano).

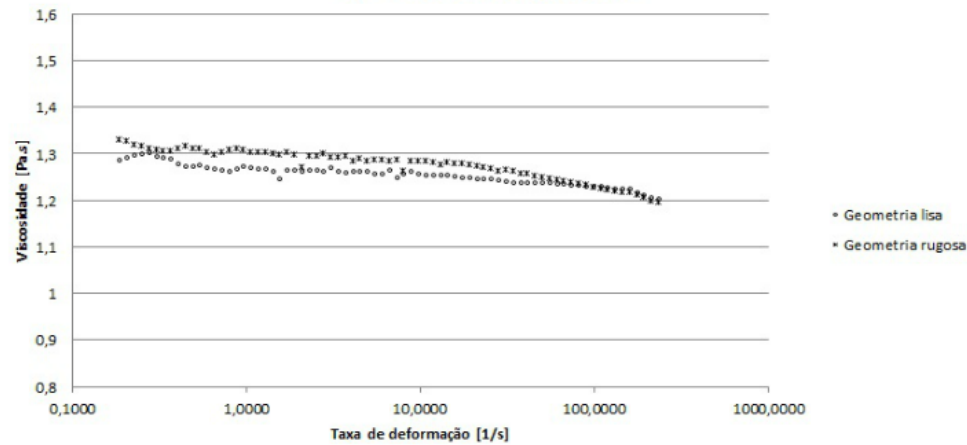




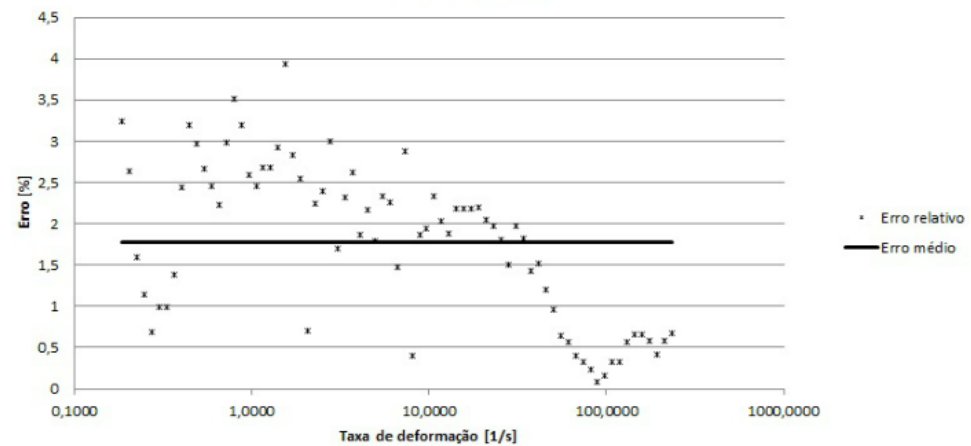
**Apresentação dos Resultados**

# Glicerina

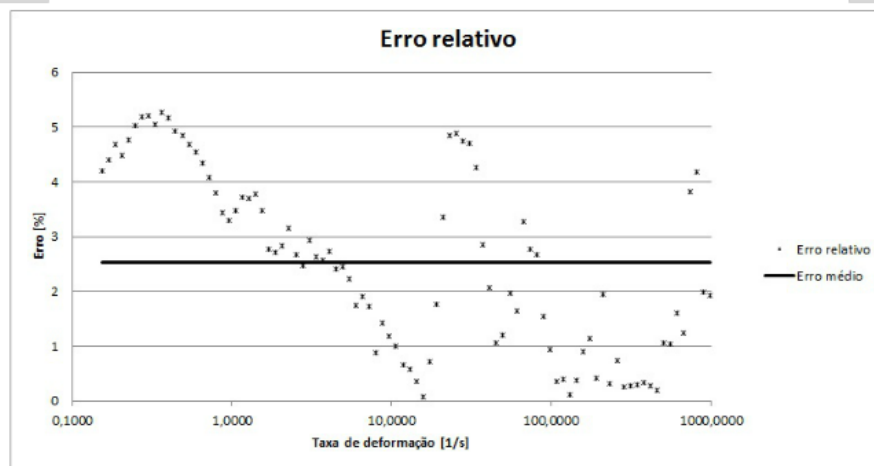
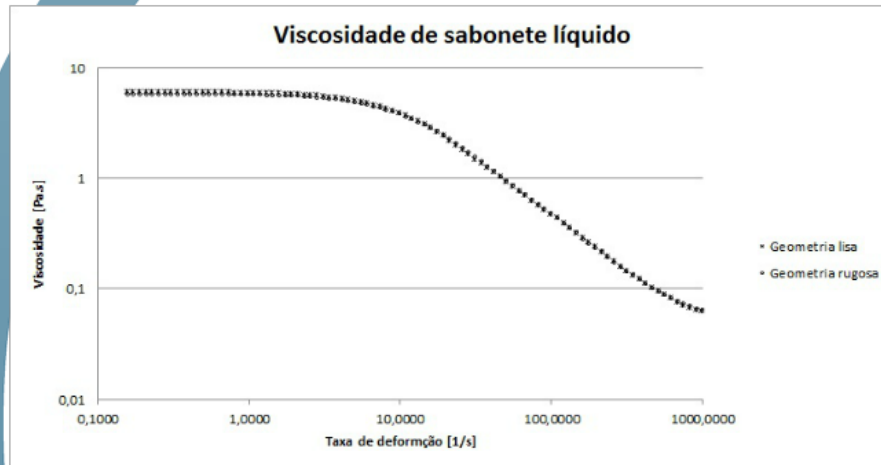
Viscosidade da glicerina



Erro relativo

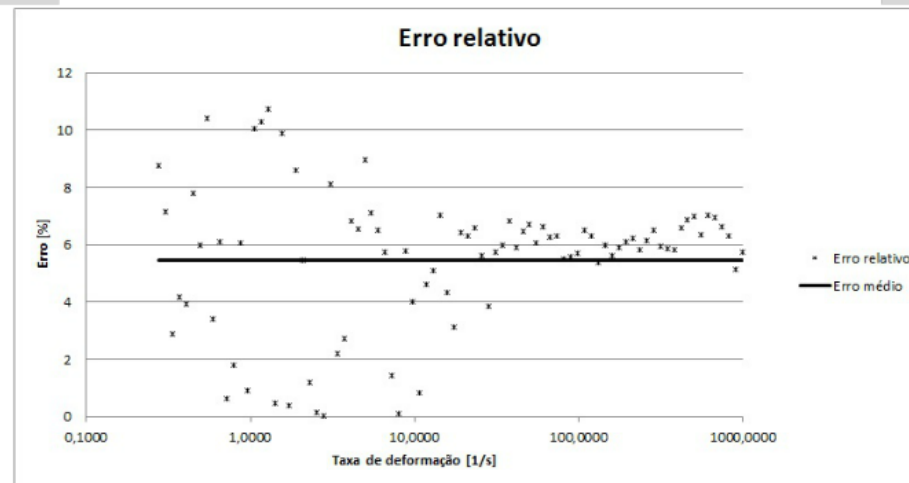


# Sabonete líquido





# Óleo (Shell tellus S32)





# Conclusões e trabalhos futuros

## Conclusões

- Erros médios inferiores a 5%.
- Não é possível confirmar com toda a certeza a ausência do efeito de escorregamento nas superfícies de medição devido a vários fatores, tais como:
  - Precisão dimensional das geometrias fabricadas;
  - Acabamento superficial da superfícies de contacto;
  - Qualidade da rugosidade realizada na geometria;
  - Testar maior variedade de tipos fluidos.

## Trabalhos futuros

- Melhoramento da qualidade das geometrias fabricadas (torno de comando numérico computadorizado);
- Usar geometrias em aço inoxidável;
- Melhoramento da rugosidade é o aspeto fundamentais (electroerosão que deixa uma superfície granitada).
- Um aspecto a ser investigado, poderá ser em fluidos com viscosidade inferior a 1 Pa.s pelo facto de ser no óleo onde se encontrou maior variação.

# Conclusões

- Erros médios inferiores a 5%.
- Não é possível confirmar com toda a certeza a ausência do efeito de escorregamento nas superfícies de medição devido a vários fatores, tais como:
  - Precisão dimensional das geometrias fabricadas;
  - Acabamento superficial das superfícies de contacto;
  - Qualidade da rugosidade realizada na geometria;
  - Testar maior variedade de tipos fluidos.

# Trabalhos futuros

- Melhoramento da qualidade das geometrias fabricadas (torno de comando numérico computadorizado);
- Usar geometrias em aço inoxidável;
- Melhoramento da rugosidade é o aspeto fundamentais (electroerosão que deixa uma superfície granitada).
- Um aspecto a ser investigado, poderá ser em fluidos com viscosidade inferior a 1 Pa.s pelo facto de ser no óleo onde se encontrou maior variação.



INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Para obtenção do grau de  
Mestre em Engenharia Industrial

Orientador  
Prof. Doutor Sérgio Rosa

# Efeito do escorregamento dos fluidos nas superfícies de medição do reómetro sobre a viscosidade

Frédéric Oliveira Dos Santos

Outubro de 2012