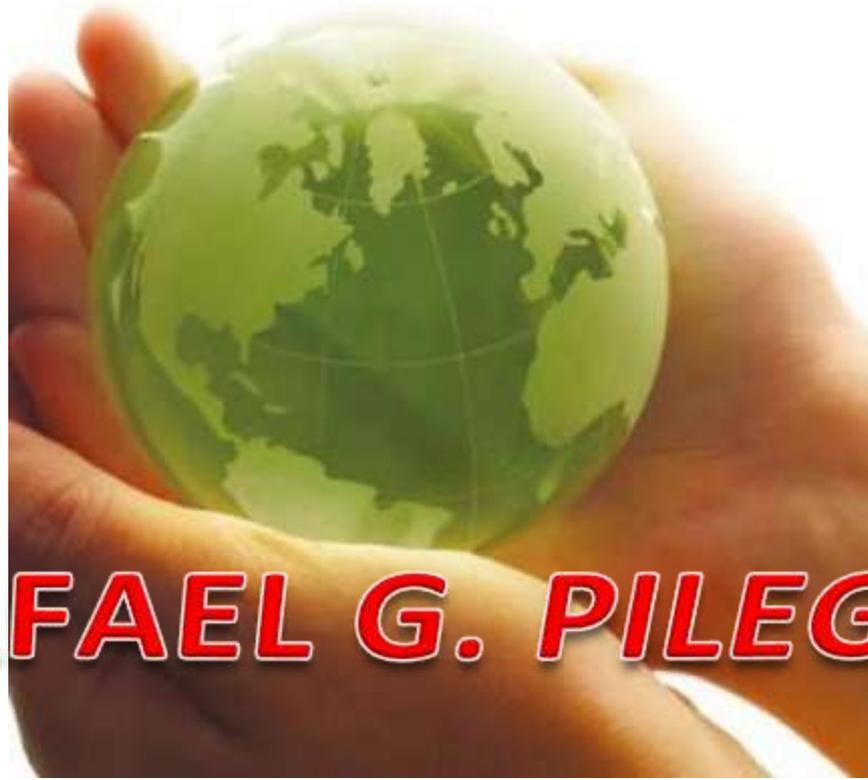


Desafios reológicos rumo a concretos eco-eficientes



RAFAEL G. PILEGGI

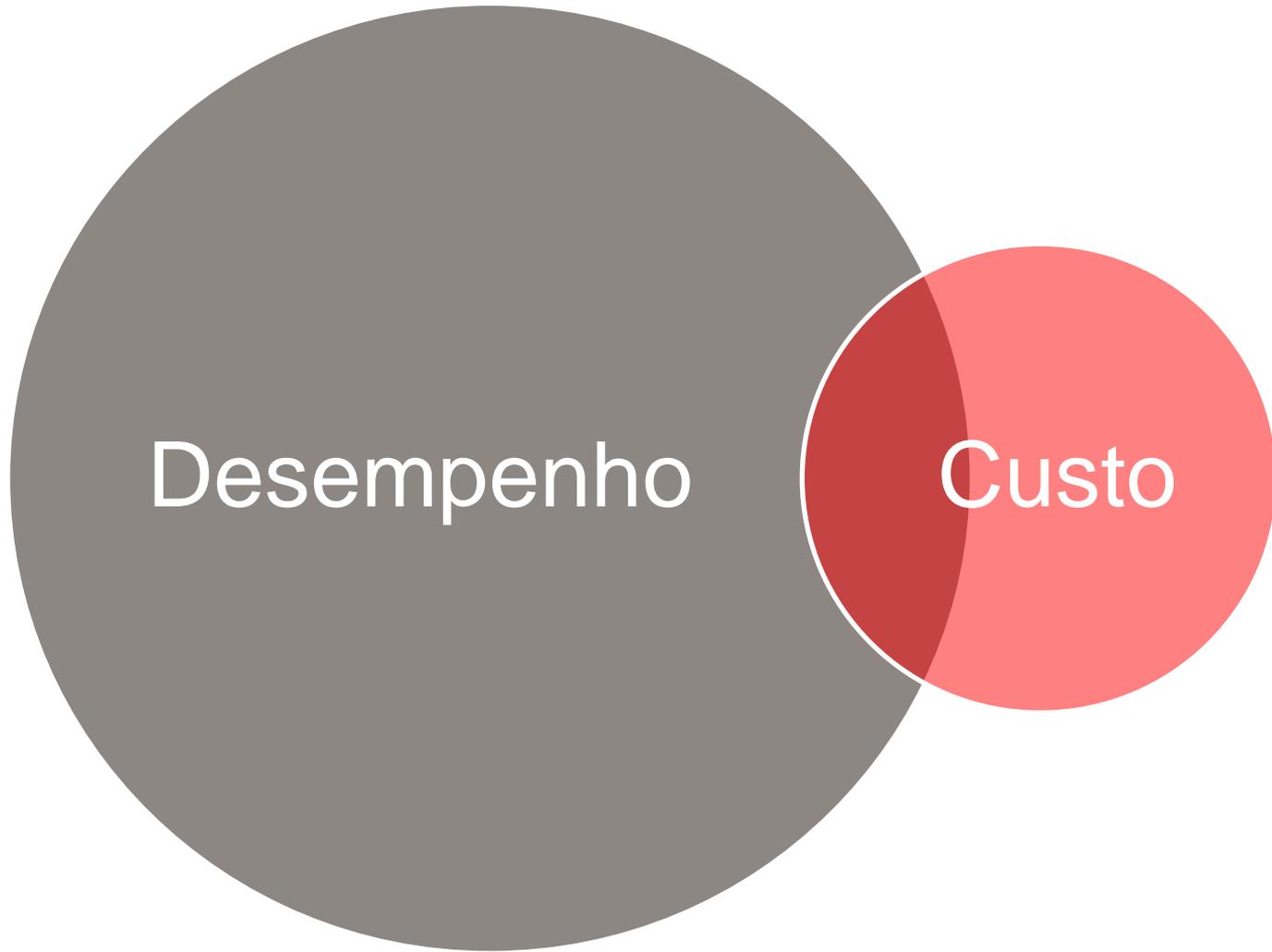
Concreto existe
para trabalhar no
estado endurecido

RESISTÊNCIA

Desempenho

DURABILIDADE

A melhor solução de engenharia



DIFERENCIAL

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**



**MOLDADO NO
ESTADO FLUIDO**

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**



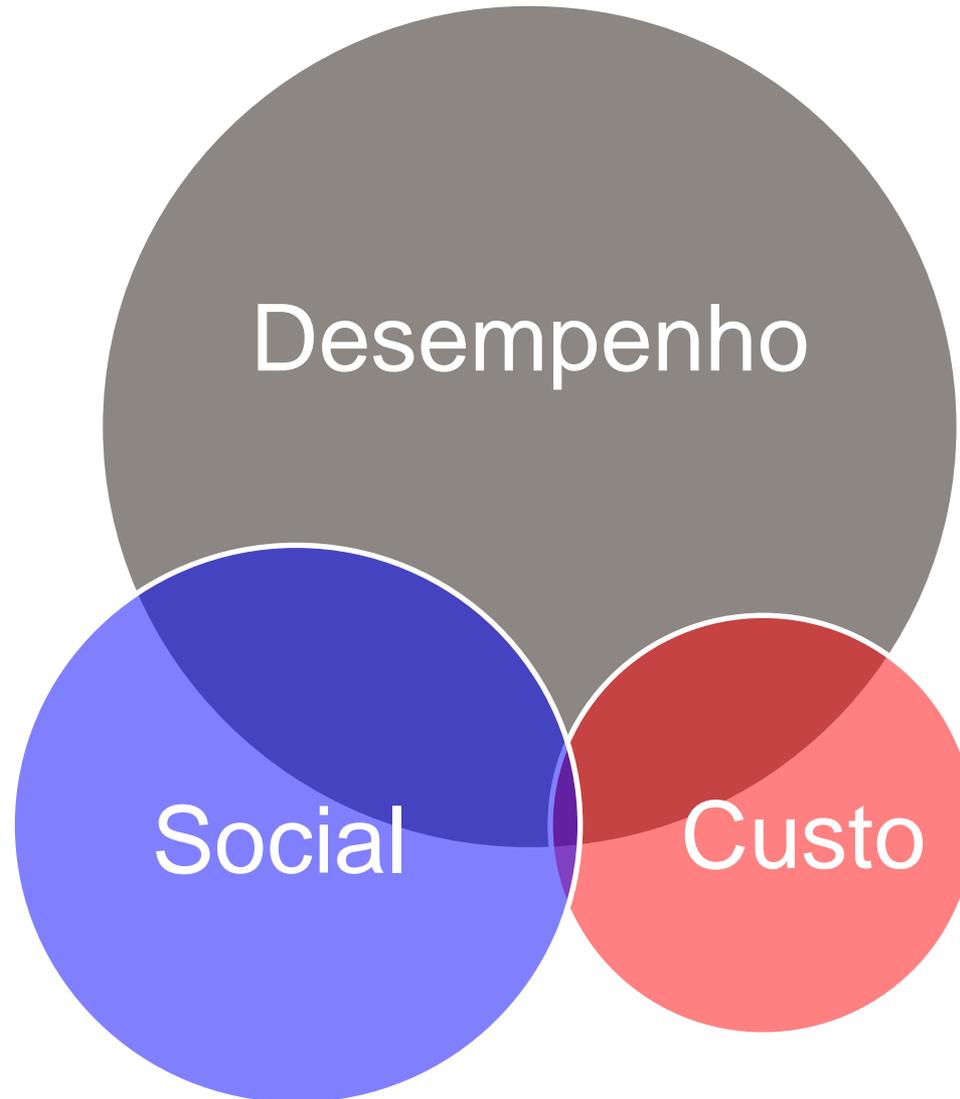
FACILIDADE DE APLICAÇÃO ??

A melhor solução de engenharia



ACEITÁVEL??

A melhor solução de engenharia



Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**



FACILIDADE DE APLICAÇÃO

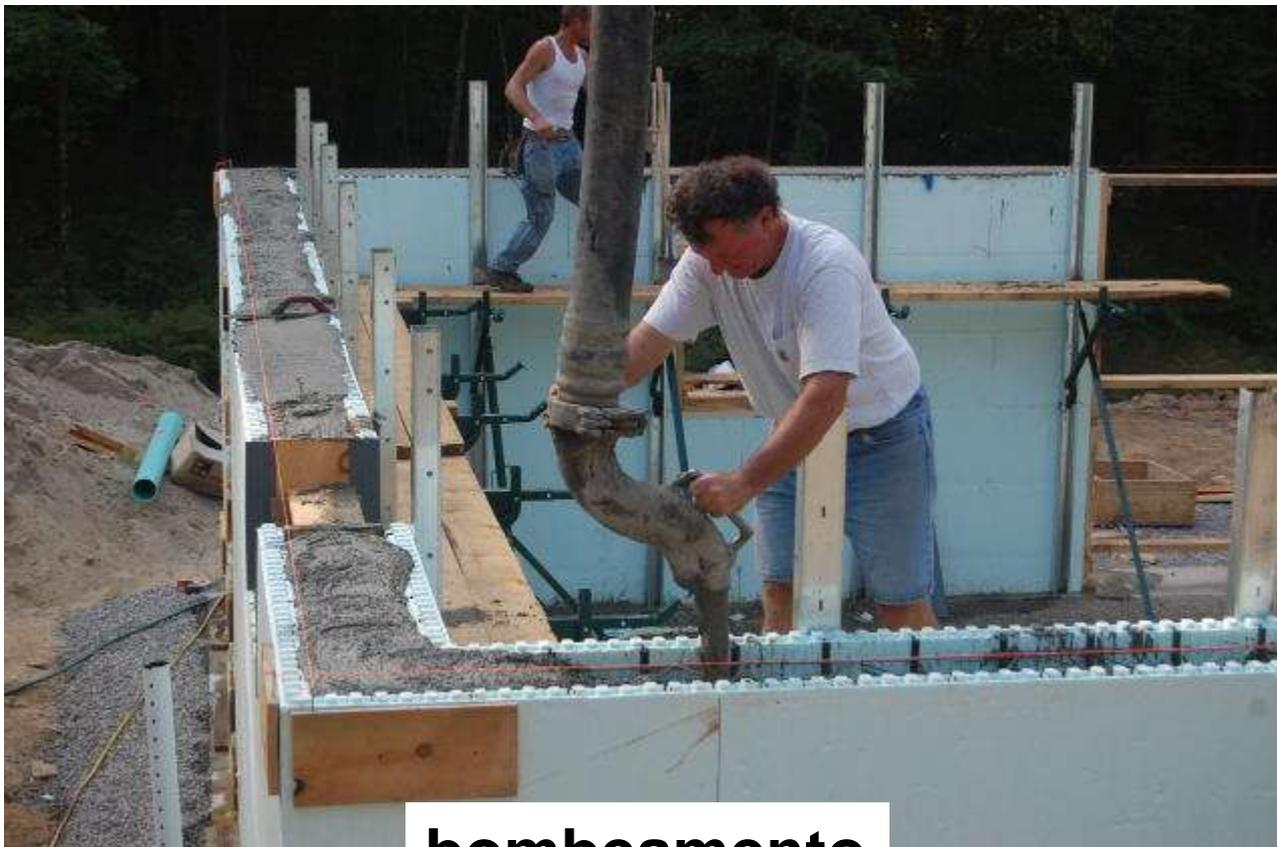
Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Tecnologia de concretagem **PRODUTIVIDADE**



Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

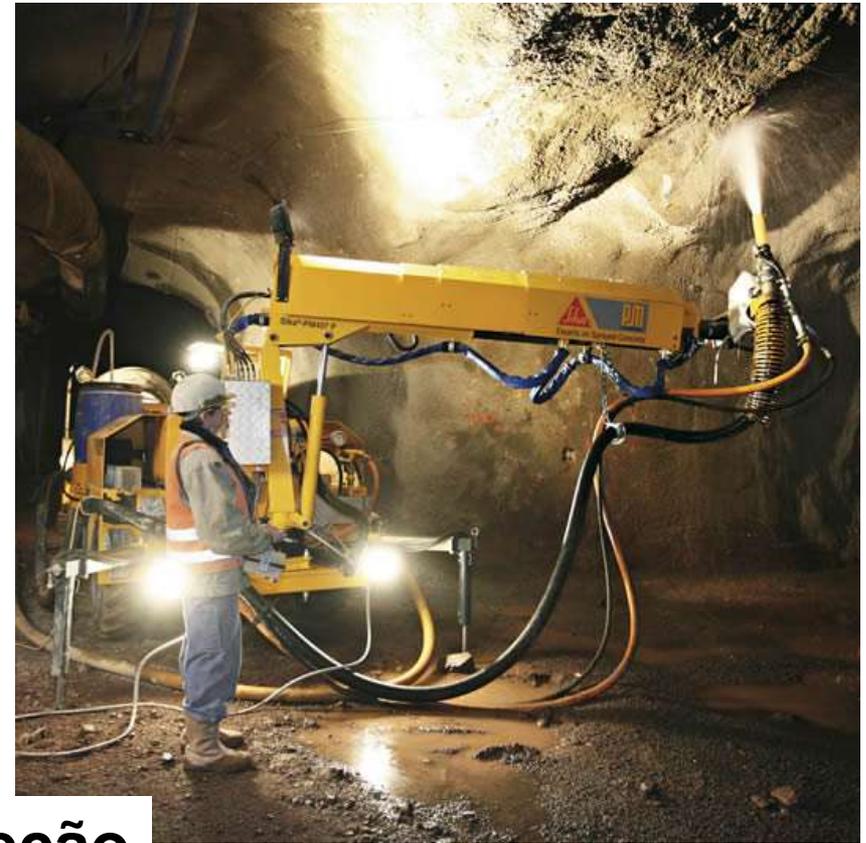
Tecnologia de concretagem **PRODUTIVIDADE**



bombeamento

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Tecnologia de concretagem **PRODUTIVIDADE**



Projeção

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Tecnologia de concretagem **PRODUTIVIDADE**



Auto adensável

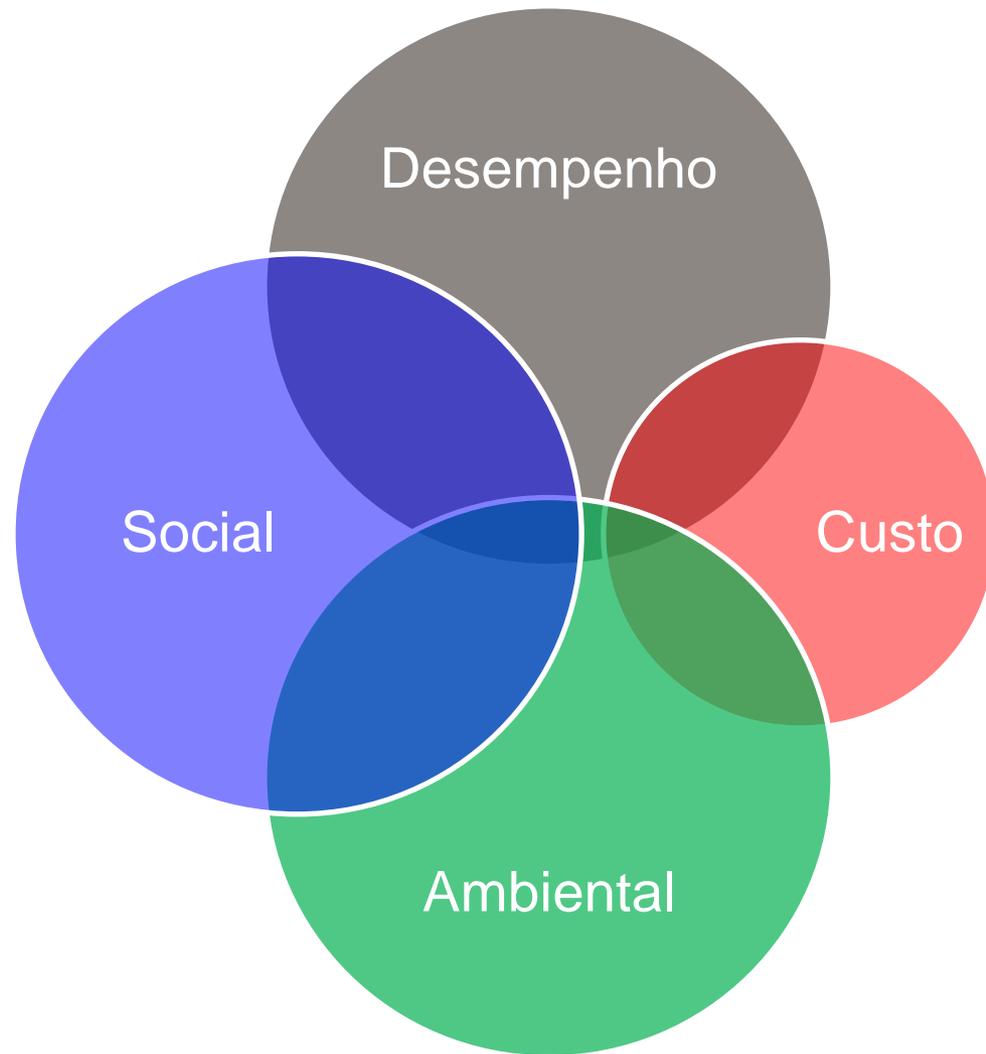
RESISTÊNCIA

DURABILIDADE

ESTADO FRESCO !!!!!



A melhor solução de engenharia



RESISTÊNCIA

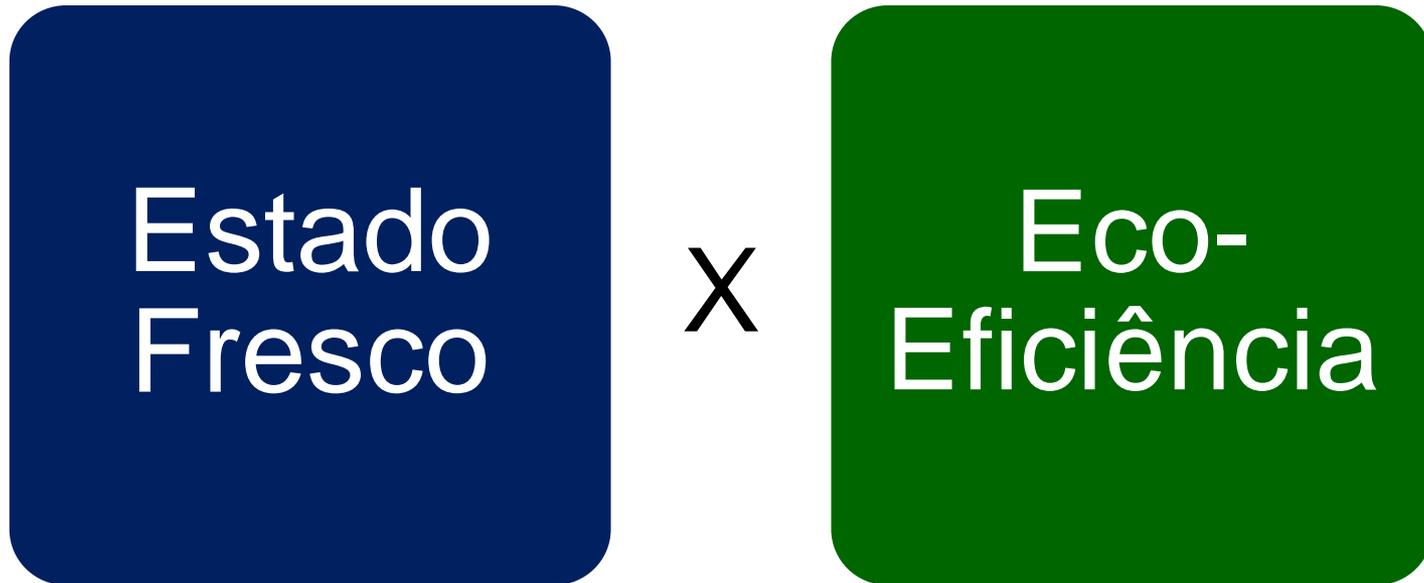
DURABILIDADE

ESTADO FRESCO !!!!!

ECO-EFICIÊNCIA !!!!!



Solução de engenharia



Solução de engenharia

Estado
Fresco

=

Atividade
Meio

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Solução de engenharia



Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**



Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**





TRABALHABILIDADE

Avaliação ??

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Avaliação do Estado Fresco



Abatimento tronco de cone

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Avaliação do Estado Fresco



Avaliação do Estado Fresco



**Funcionário
do mês !!!!!!!**

Avaliação do Estado Fresco

Classificação NIST	Ensaio
Fluxo Livre	Abatimento de tronco de cone
	Abatimento Modificado
Fluxo Confinado	Orimet Test V-Funnel Test
	Habilidade Enchimento
Vibração	Remoldagem de Powers
Ensaio Monoponto	

Avaliação do Estado Fresco



Funil em V

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Avaliação do Estado Fresco



J-ring



Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Avaliação do Estado Fresco



Orimet Test

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

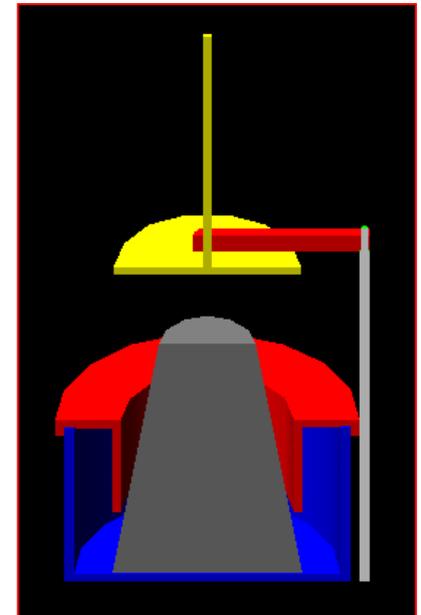
Avaliação do Estado Fresco



Caixa L

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Avaliação do Estado Fresco



Vibração / Remoldagem

Avaliação do Estado Fresco

Ensaio Monopontos

Simplicidade

Baixo custo

Simulam aplicação

Avaliação do Estado Fresco

*Porque ensaios
Monoponto **NÃO**
são suficientes ?*

Avaliação do Estado Fresco

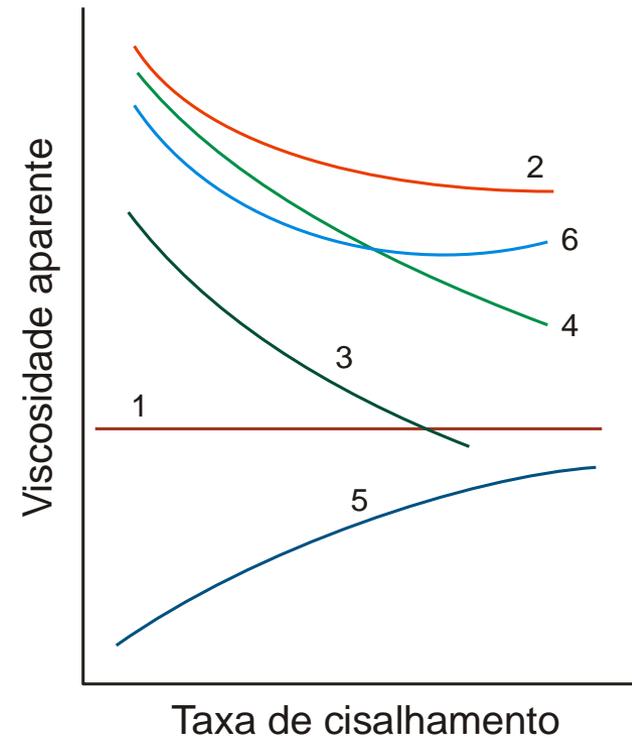
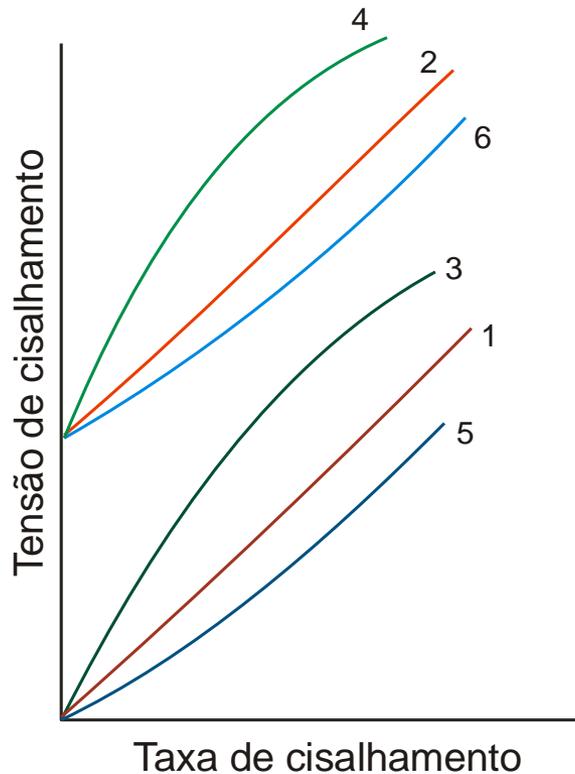
**CONCRETOS SÃO
FLUIDOS NÃO
NEWTONIANOS**

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Avaliação do Estado Fresco

Possibilidades reológicas são ilimitadas

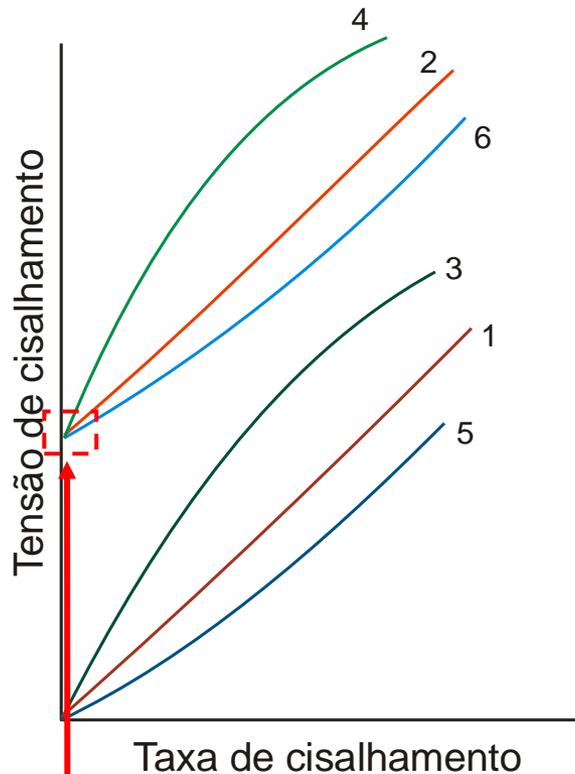
- (1) newtoniano
- (2) de Bingham
- (3) pseudoplástico
- (4) pseudoplástico com tensão de escoamento
- (5) dilatante
- (6) dilatante com tensão de escoamento



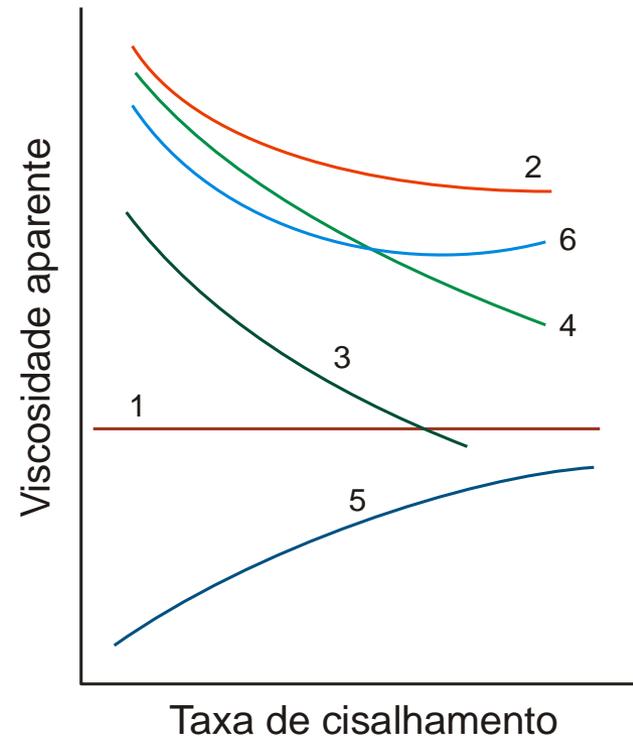
Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Avaliação do Estado Fresco

Possibilidades reológicas são ilimitadas



Tensão de escoamento

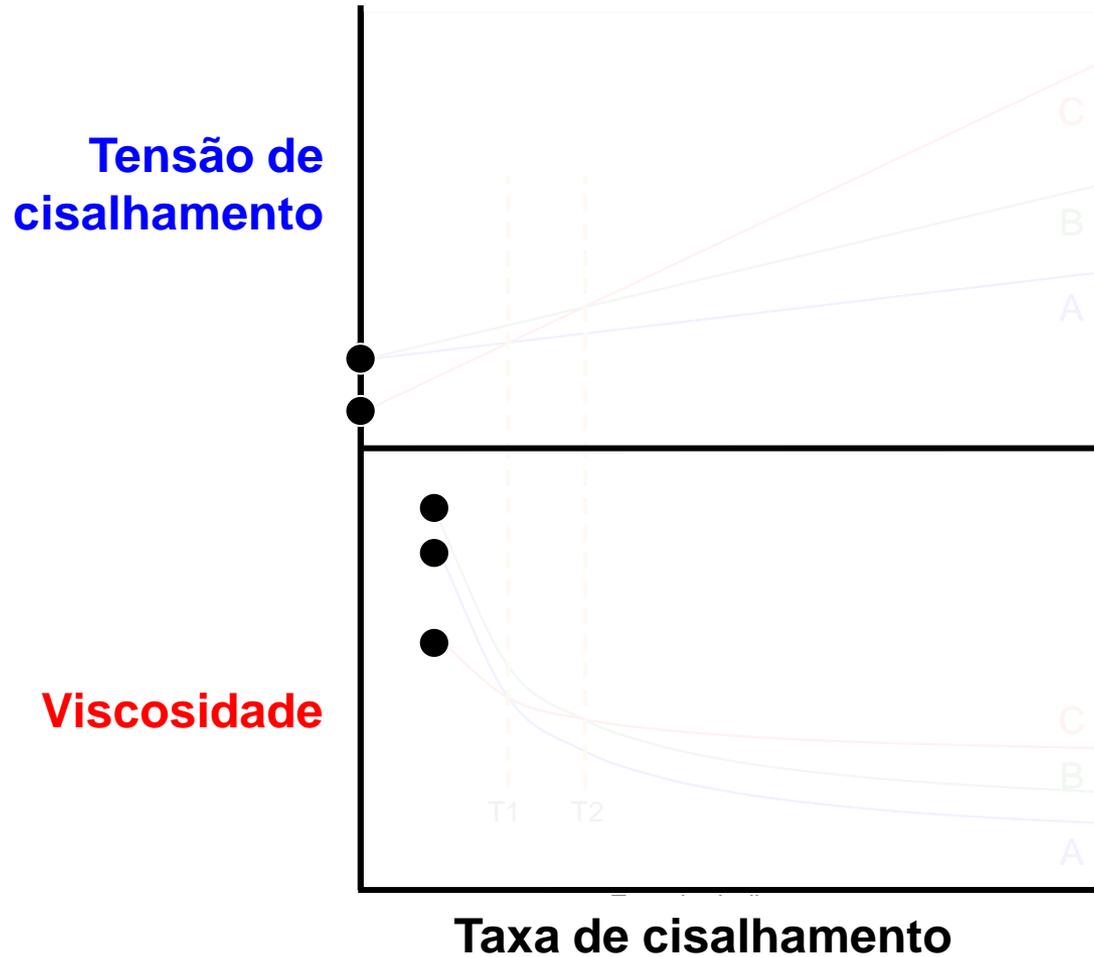


Avaliação do Estado Fresco

**CISALHAMENTO RESTRITO A
TAXAS LIMITADAS**

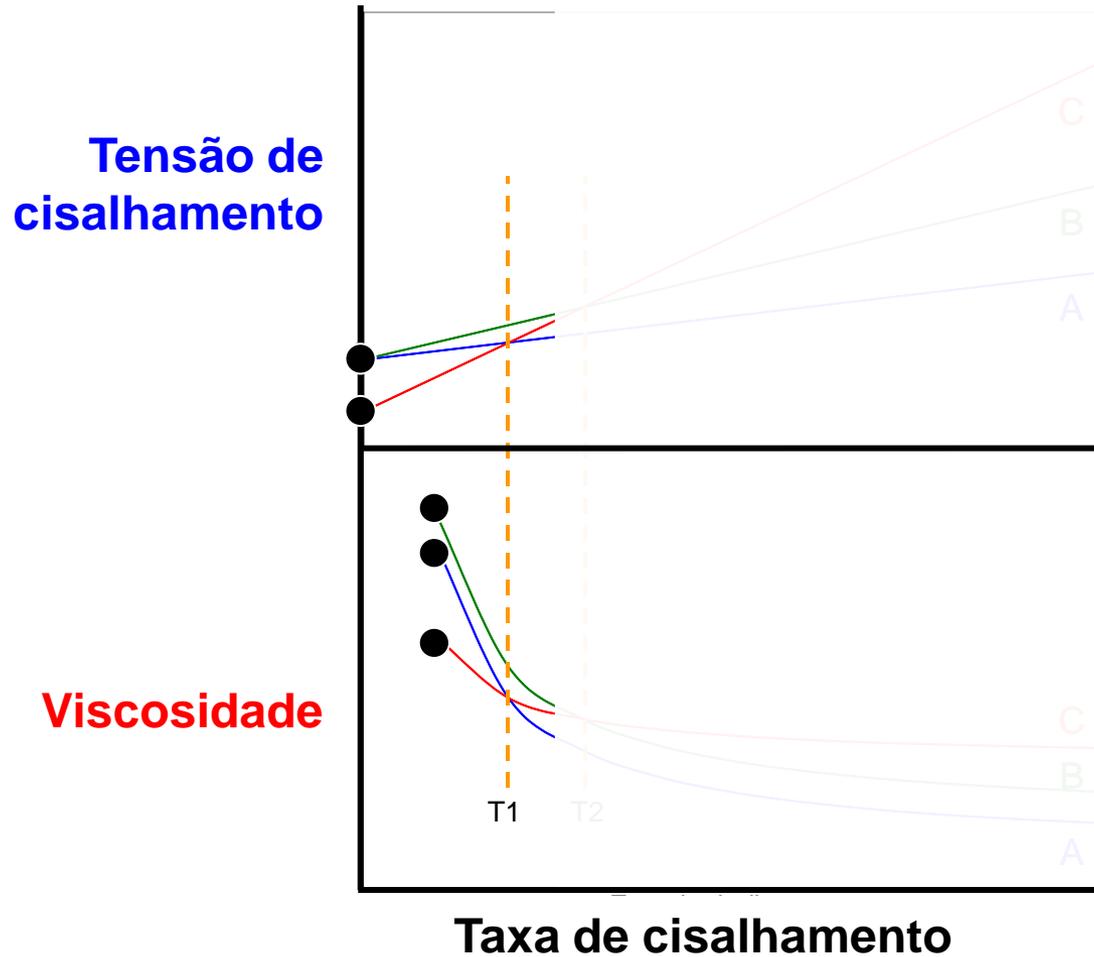
Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Avaliação do Estado Fresco



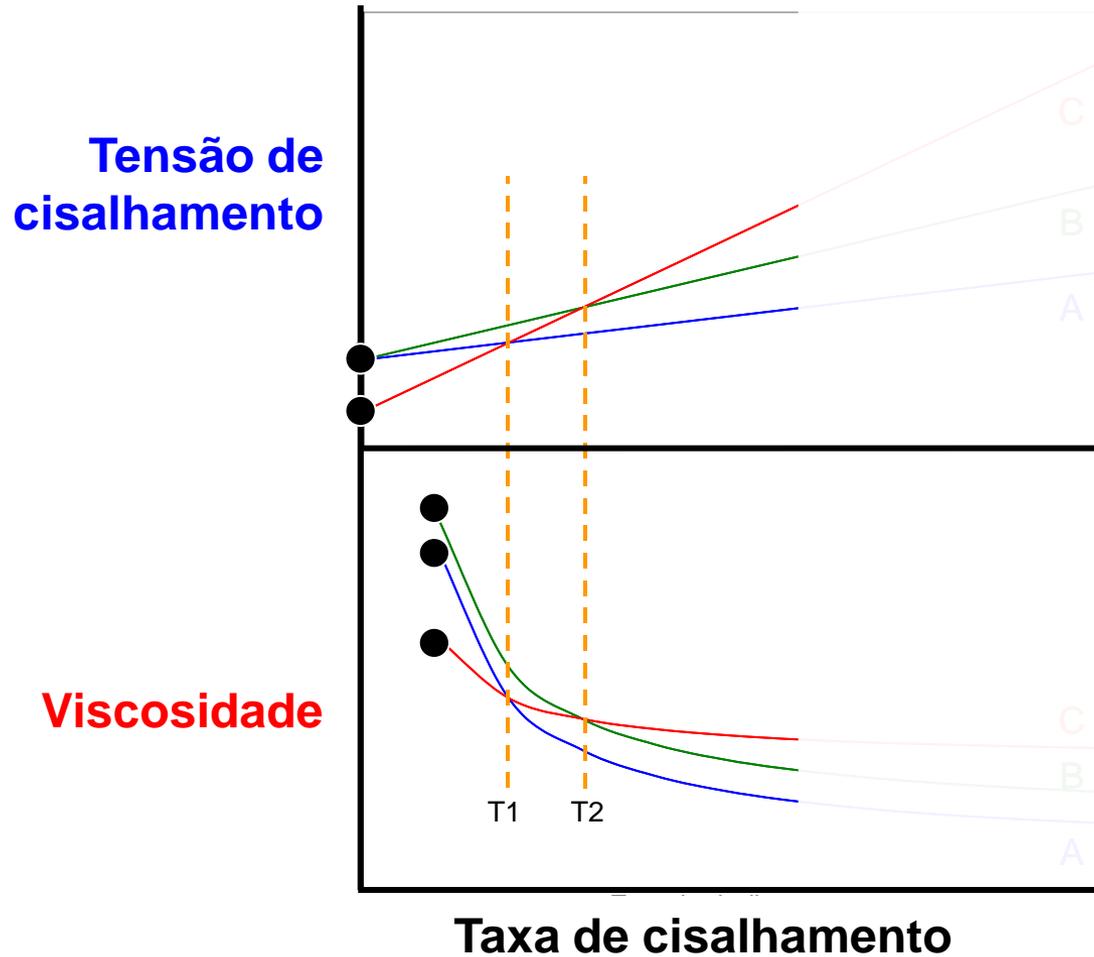
Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Avaliação do Estado Fresco



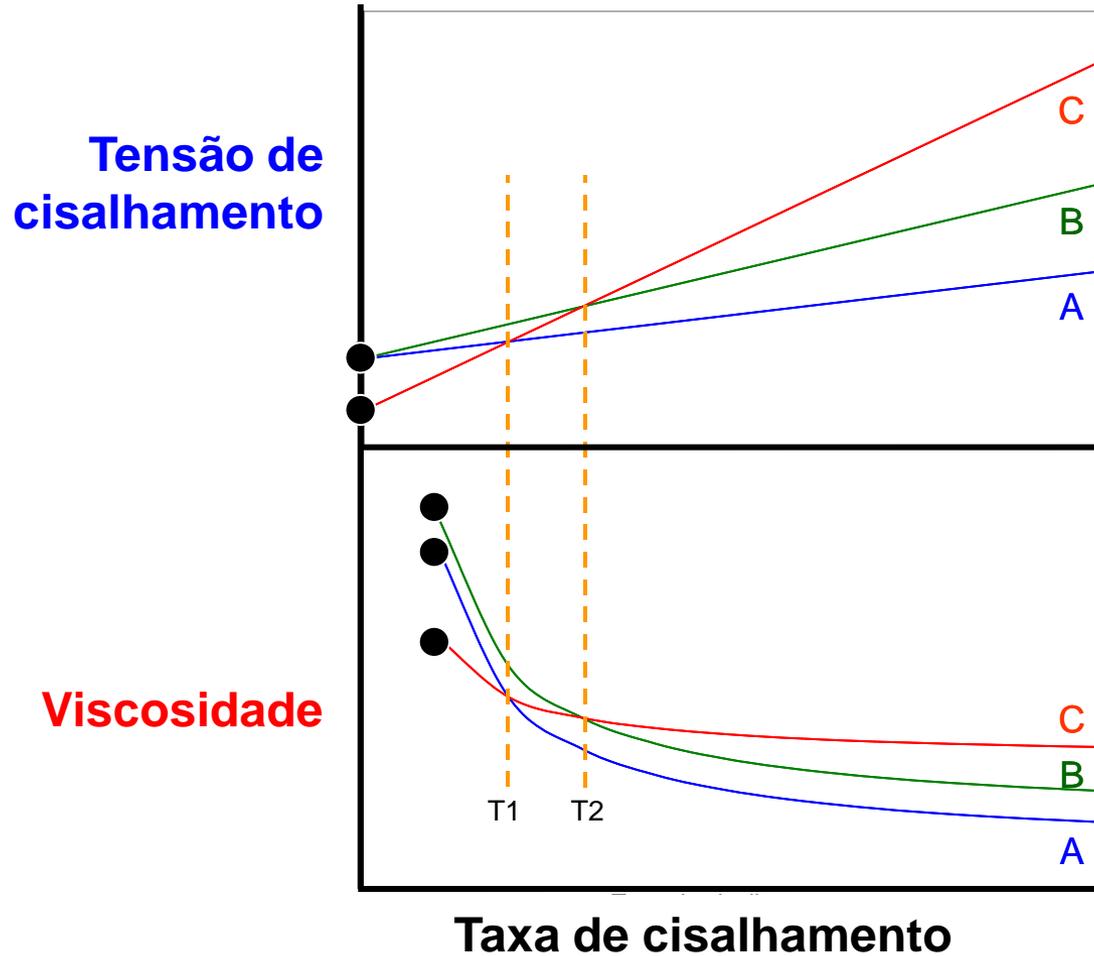
Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Avaliação do Estado Fresco



Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Avaliação do Estado Fresco



Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**



Automação não é solução

**NECESSÁRIO
MUDANÇA DE
PARADIGMA**

EX. SISTEMAS DE ORIENTAÇÃO



ESTRELAS



BÚSSOLA



GPS

INOVAÇÃO NA AVALIAÇÃO DO ESTADO FRESCO

Avaliação do Estado Fresco

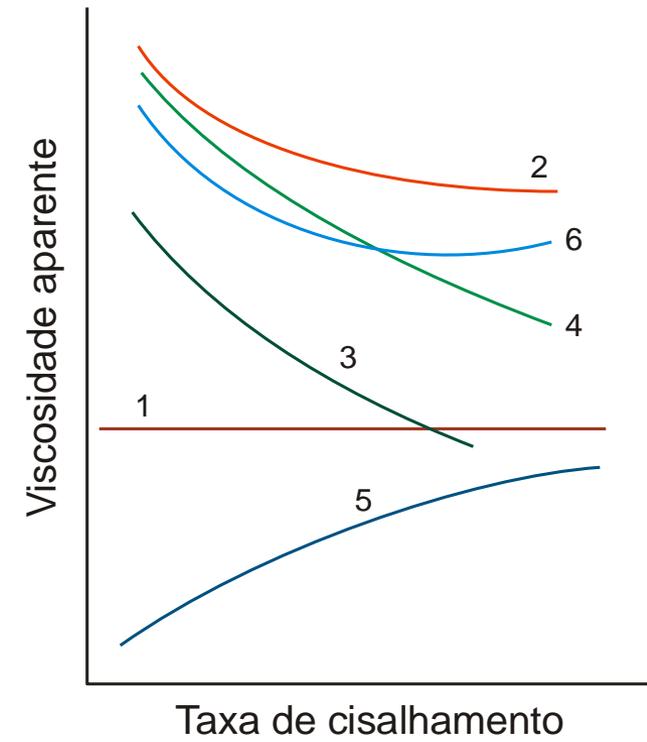
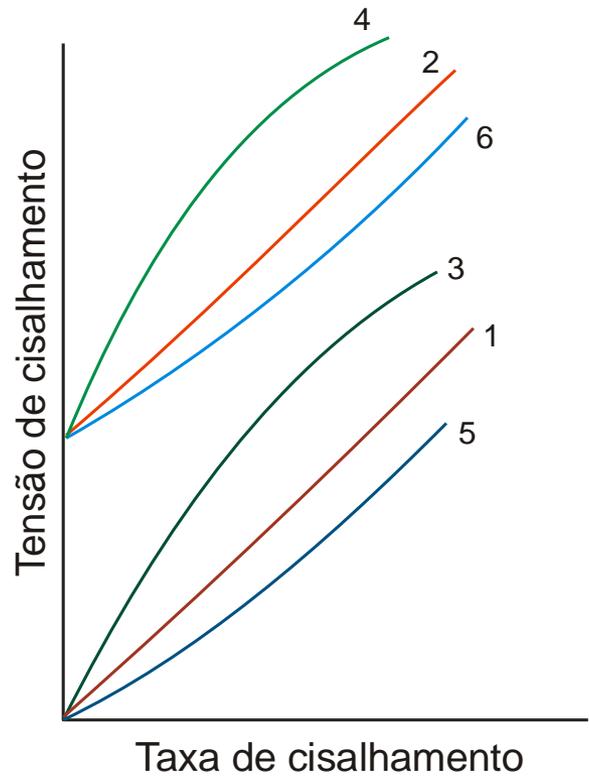
Classificação NIST	Ensaio
	Abatimento de tronco de cone
Fluxo Livre	
	Abatimento Modificado
Ensaio Multiponto	
Reometria	Reômetros

REÔMETROS

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Avaliação do Estado Fresco

Possibilidades reológicas são ilimitadas



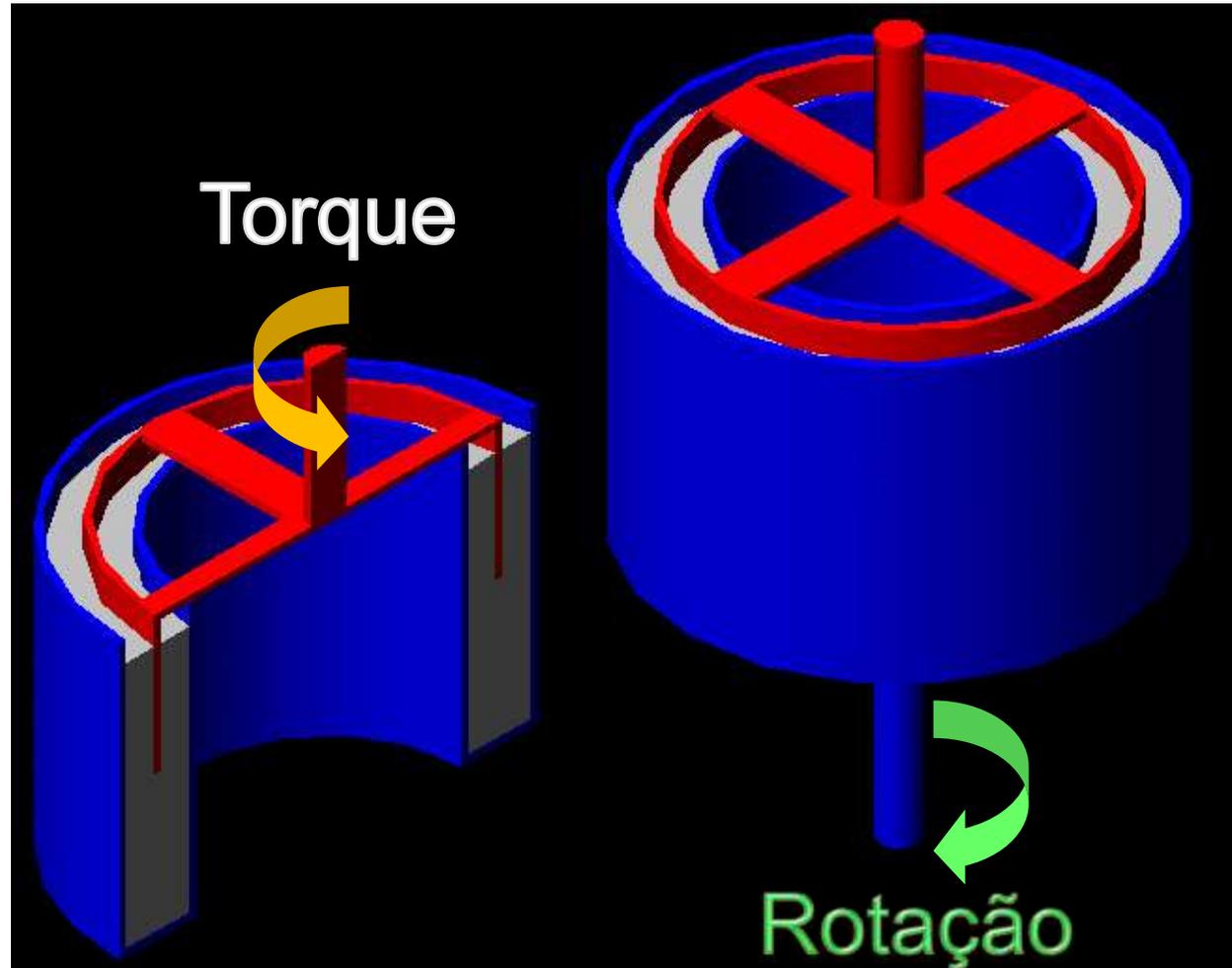
Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Plastômetro de Powers e Wiler

1º Reômetro para CONCRETOS

Cilindros
Concêntricos

Controle
velocidade
rotação



Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**



BML viscometer



Cemagref-IMG



Two-Point rheometer



ConTec Rheometer



BTRHEOM



IBB rheometer

Avaliação do Estado Fresco

Reômetros Estacionários

Elevada precisão

Mobilidade limitada

Alto custo

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Como controlar reologia ?



Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Como controlar reologia ?



Reômetros Portáteis



Reômetros Portáteis



Junto ao caminhão betoneira

Avaliação do Estado Fresco

Reômetros Móveis
Moderada precisão
Mobilidade ilimitada
Custo moderado

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**



Avaliação precisa

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**



Avaliação limitada

PRÓXIMA DÉCADA

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**



**Concrete's many green benefits
make it *the* sustainable choice.**

Fonte: National Ready Mix Concrete Association

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Estado Fresco

Mistura

Transporte

Aplicação

Acabamento

Avaliação completa

TECNOLOGIA BRASILEIRA

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

REÔMETRO CONCRETOS / ARGAMASSA/ PASTA



REÔMETRO CONCRETOS / ARGAMASSA/ PASTA



**LABORATÓRIO
MICROESTRUTURA
POLI/USP**

REÔMETRO CONCRETOS



- Mistura
- Transporte
- Aplicação

Estado Fresco

Mistura

Transporte

EXEMPLO 1

Acabamento

Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis

**▶ ADIÇÃO TARDIA DE
SUPERPLASTIFICANTE EM
CONCRETOS AUTO-
ADENSÁVEIS ◀**

Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis

**Superplastificante
adicionado 15, 30, 60 min
depois da mistura**

Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis

**ADITIVO APLICADO
NA OBRA**

Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis

ADITIVO APLICADO NA OBRA

Correções (água / *aditivo*) decididas pelo motorista baseando-se na fluidez

Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis

x Concretos auto-escoantes

↓ Tensão de Escoamento

Ensaio fluidez

Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis

Ensaio fluidez



Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis

**Fluidez é
suficiente??**

Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis

x Concretos auto-escoantes

↓ **Tensão de Escoamento**

Viscosidade

Perfil Reológico



Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis

3 cimentos

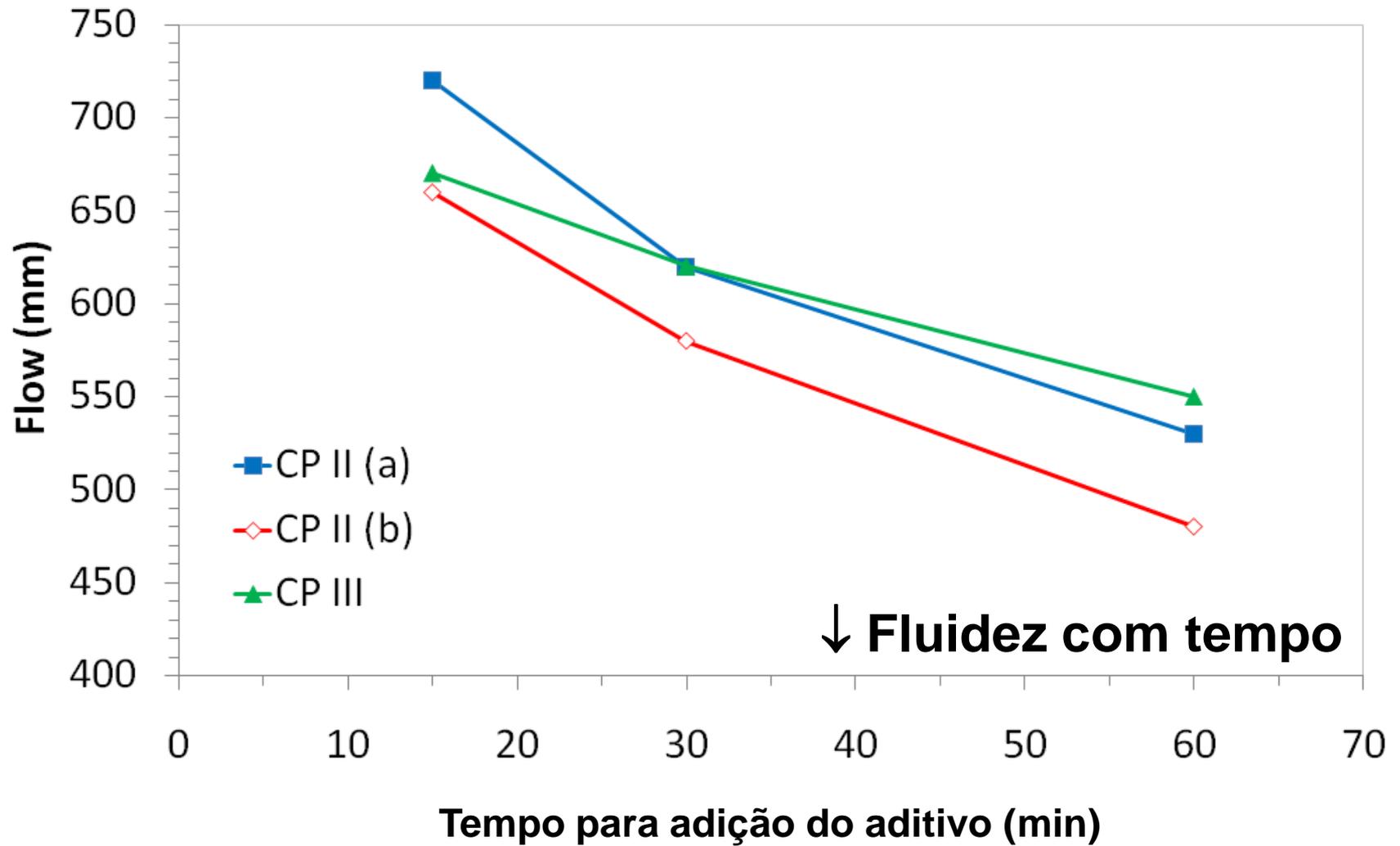
CPII (a) – escória AF (6-34%)

CPII (b) – escória AF (6-34%)

CPIII – escória AF (65-70%)

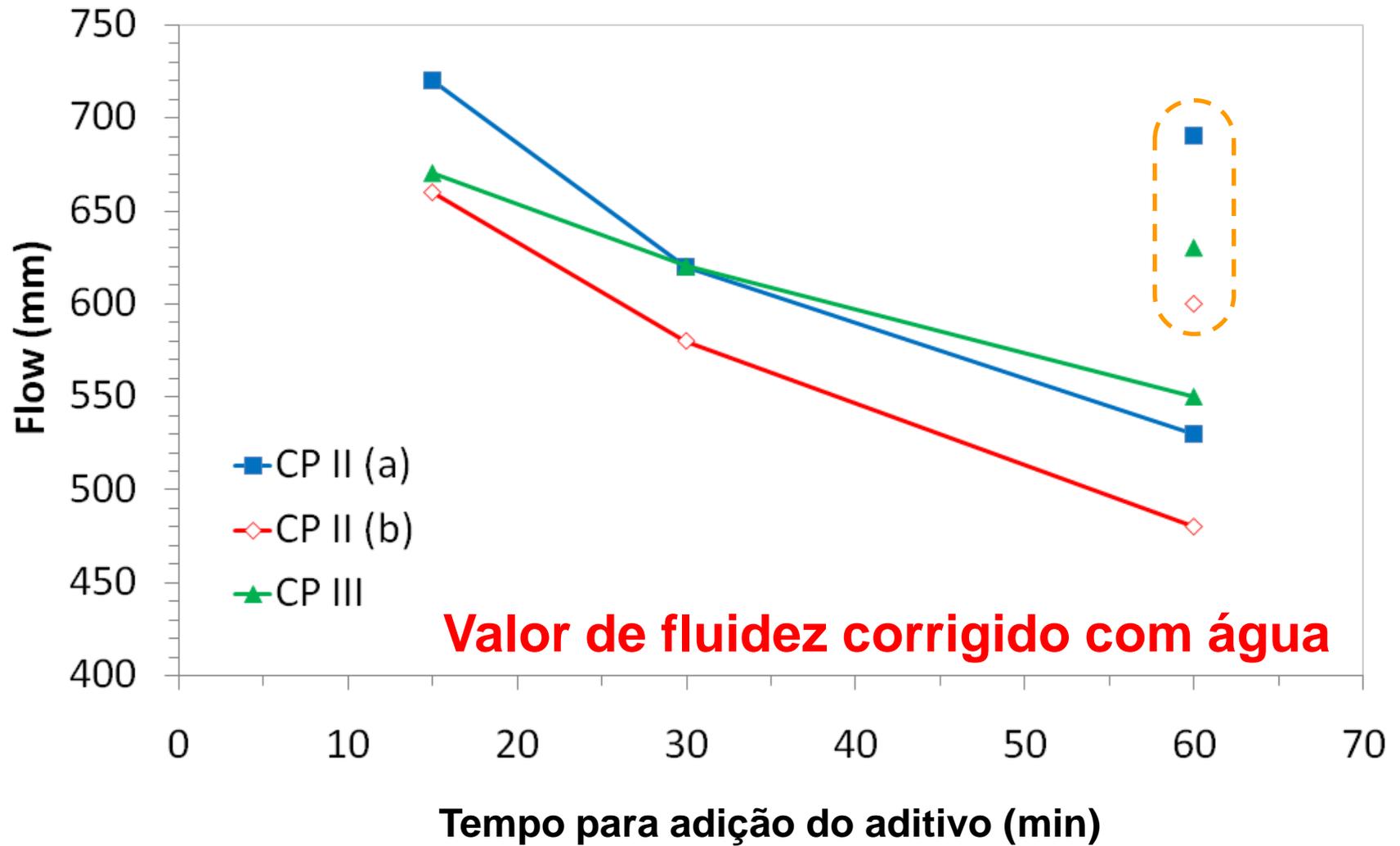
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



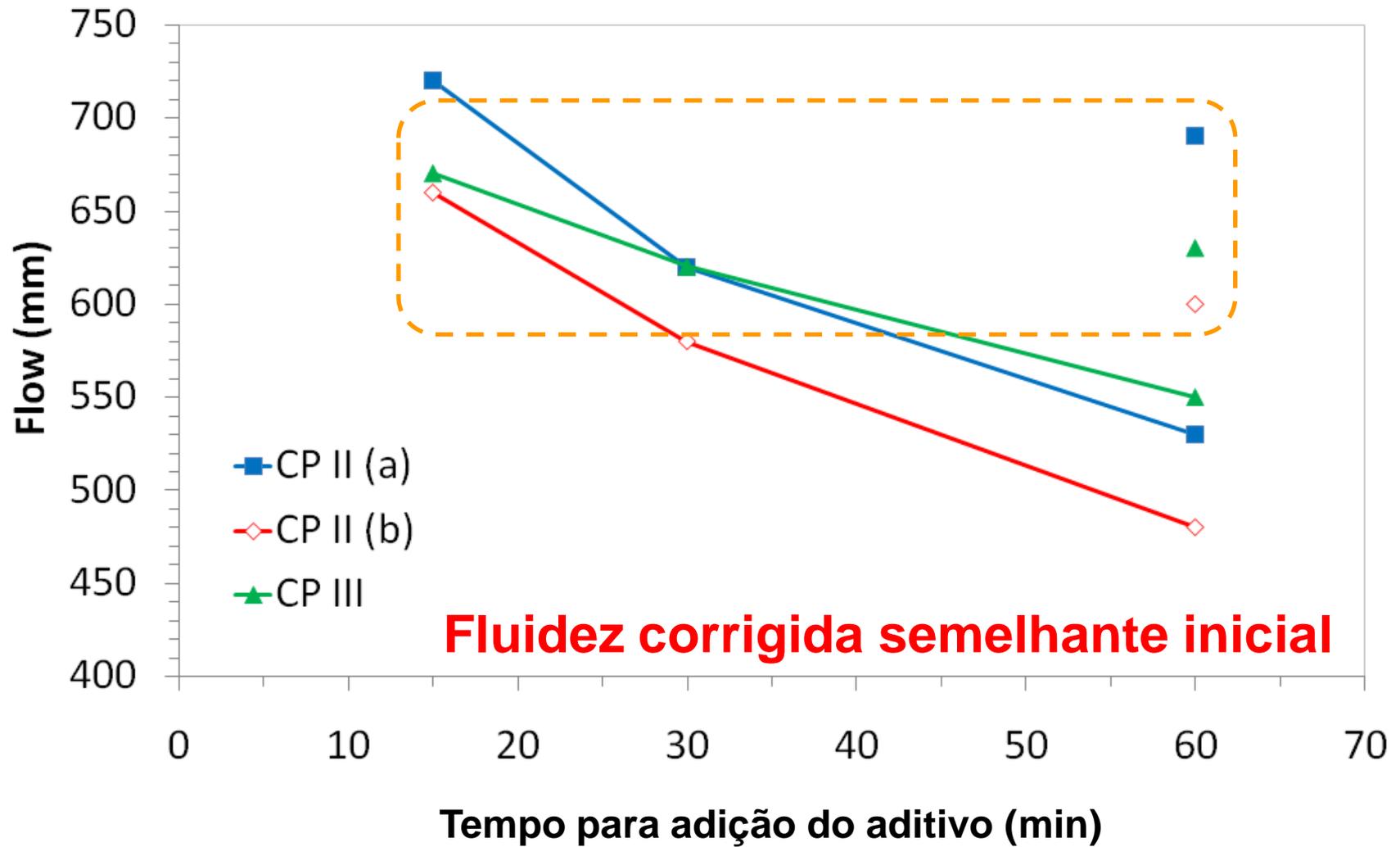
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



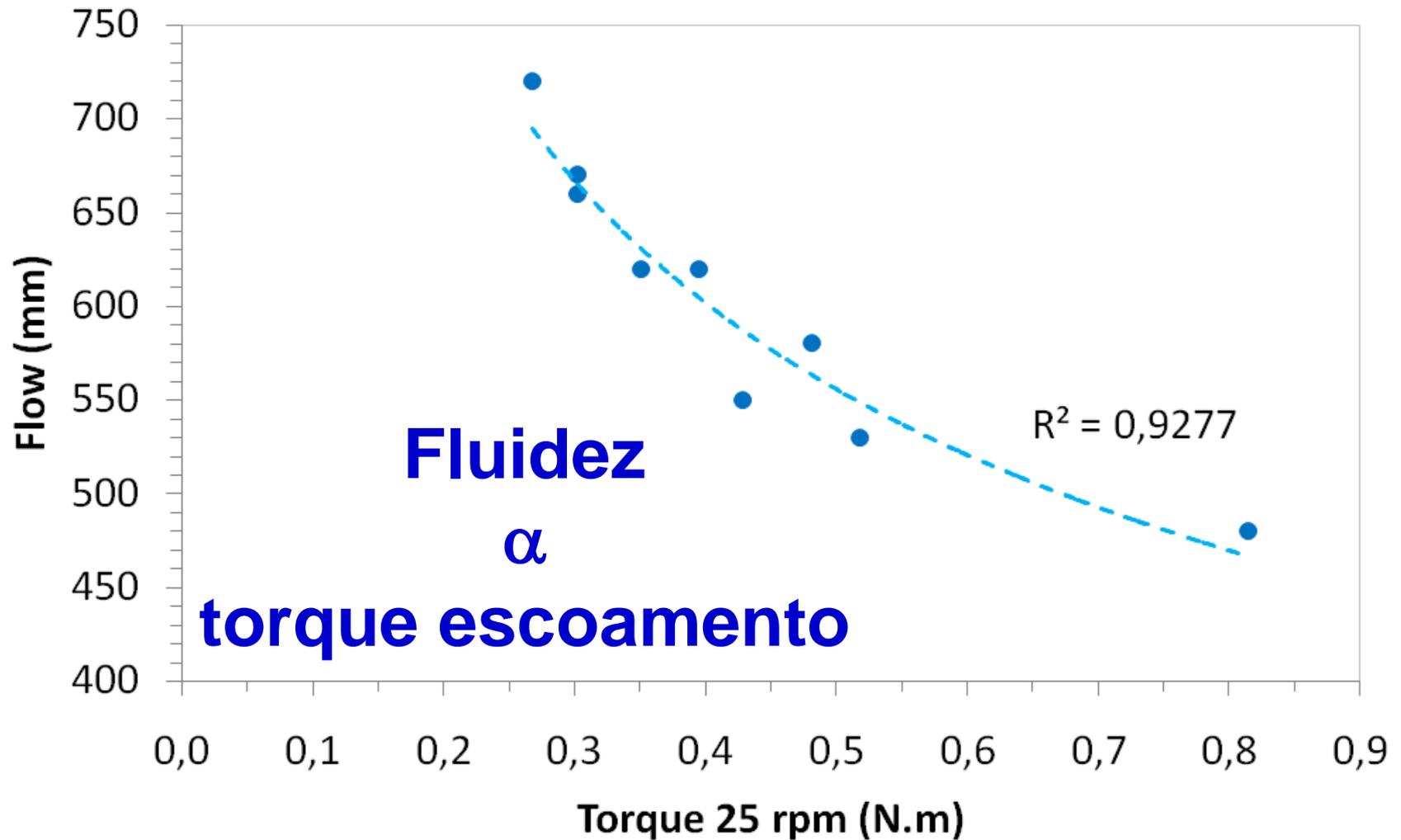
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



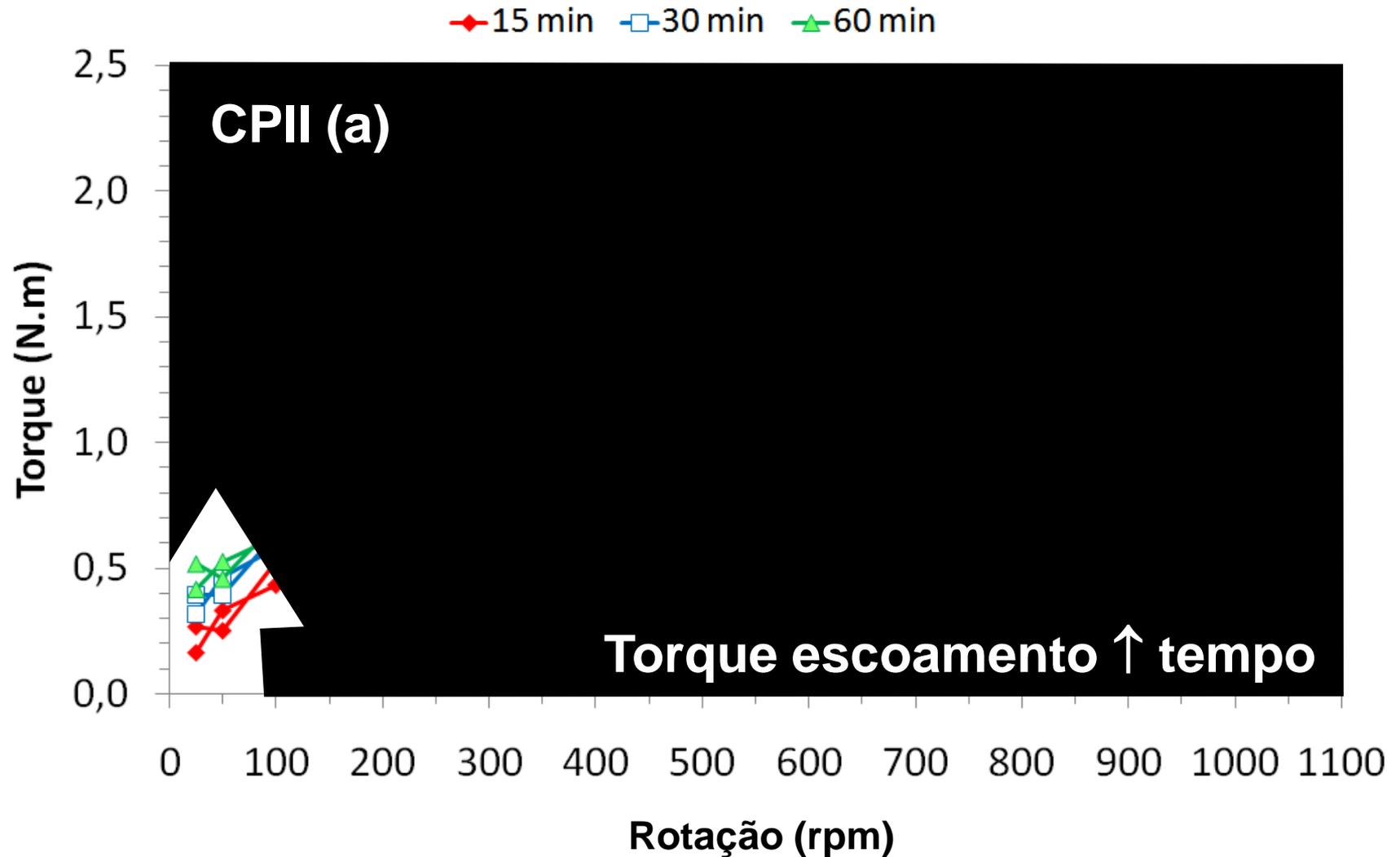
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



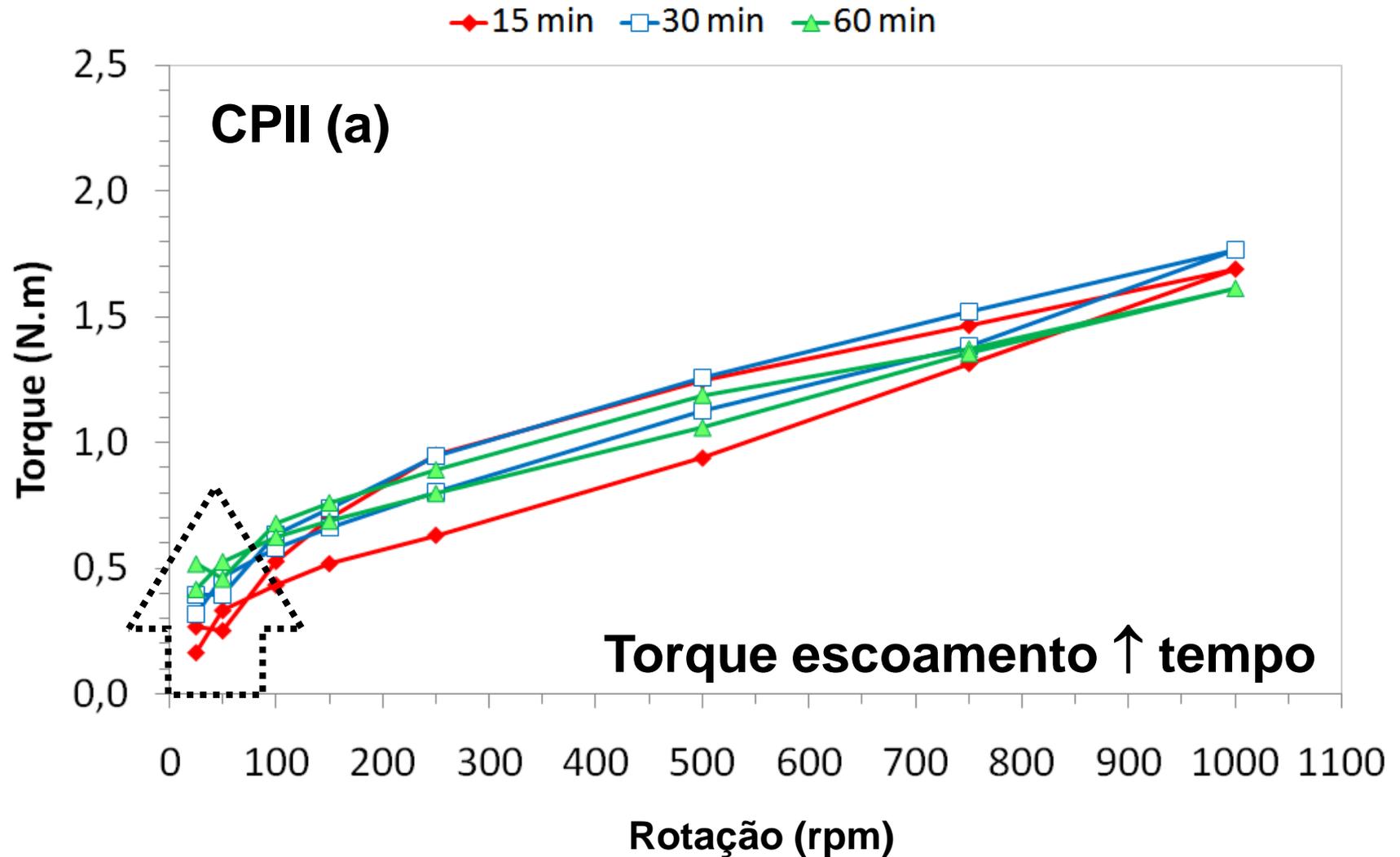
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



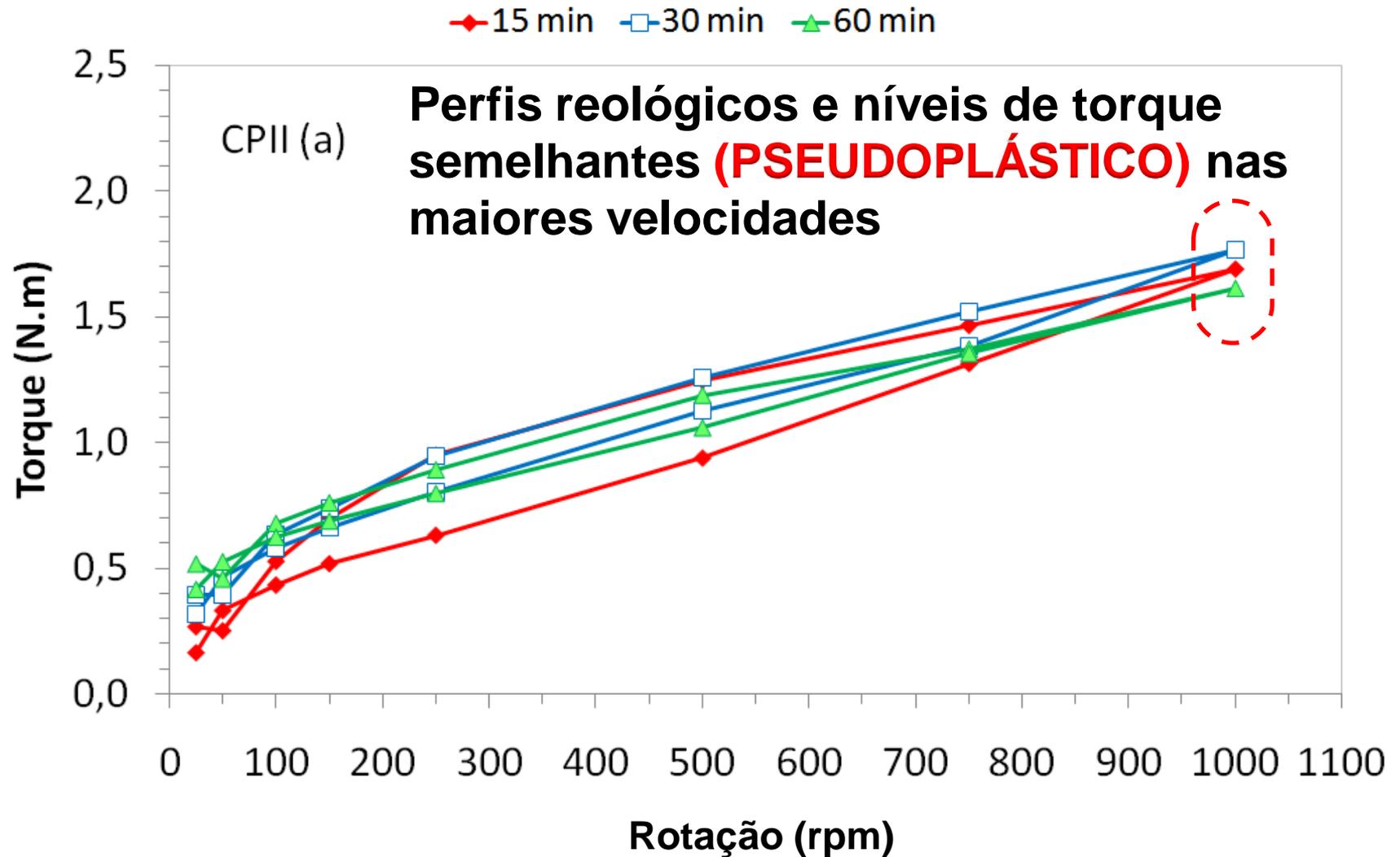
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



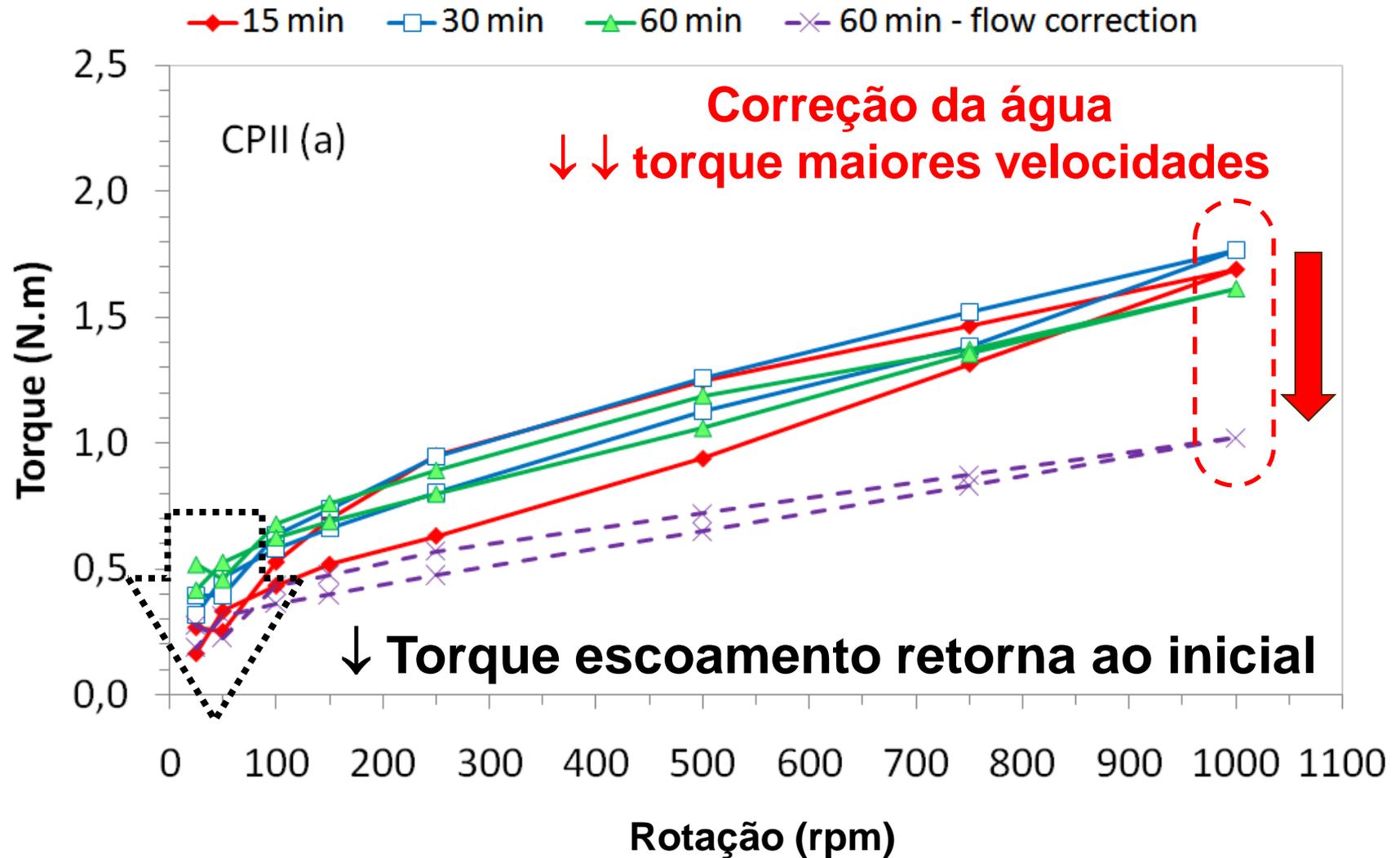
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



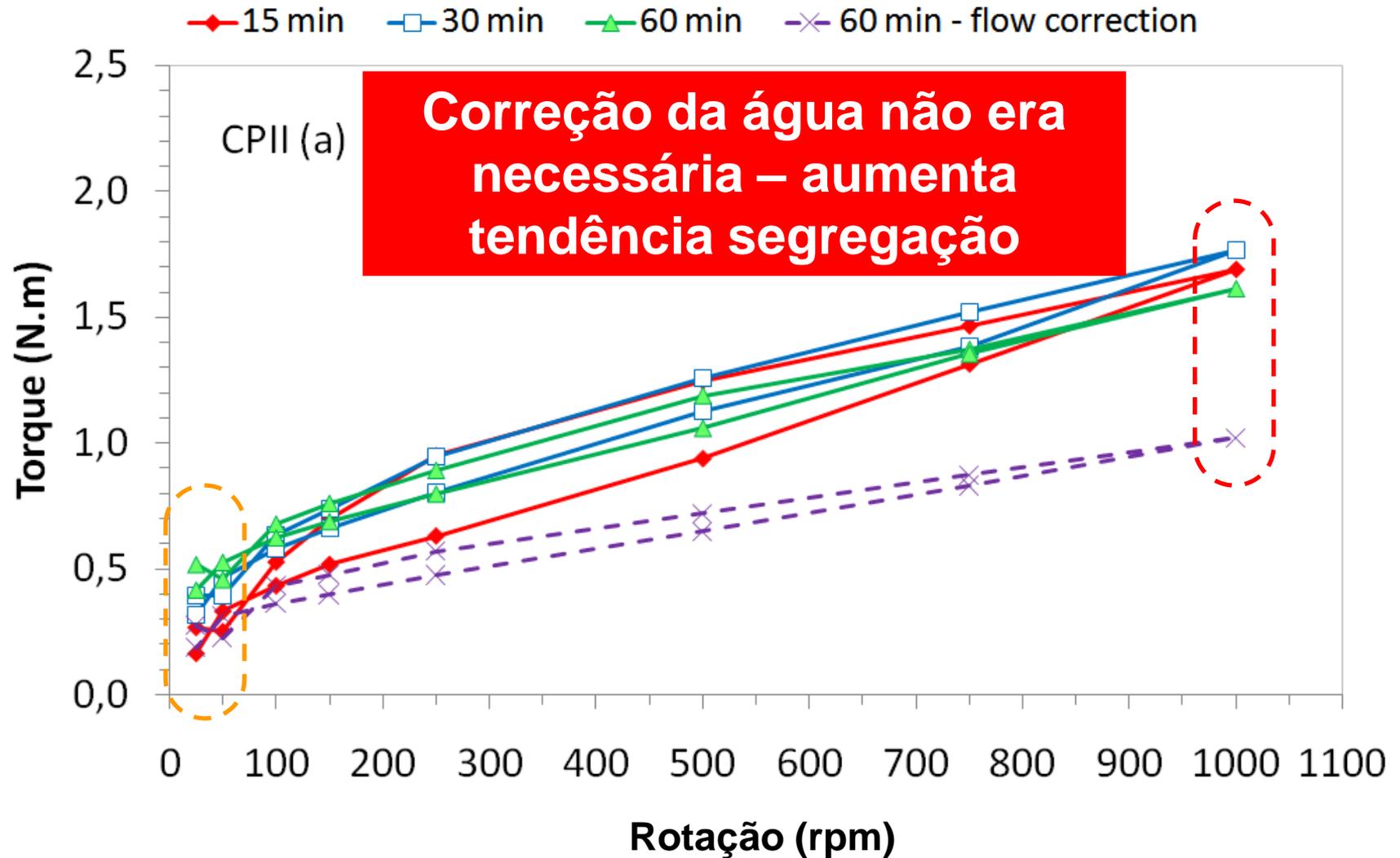
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



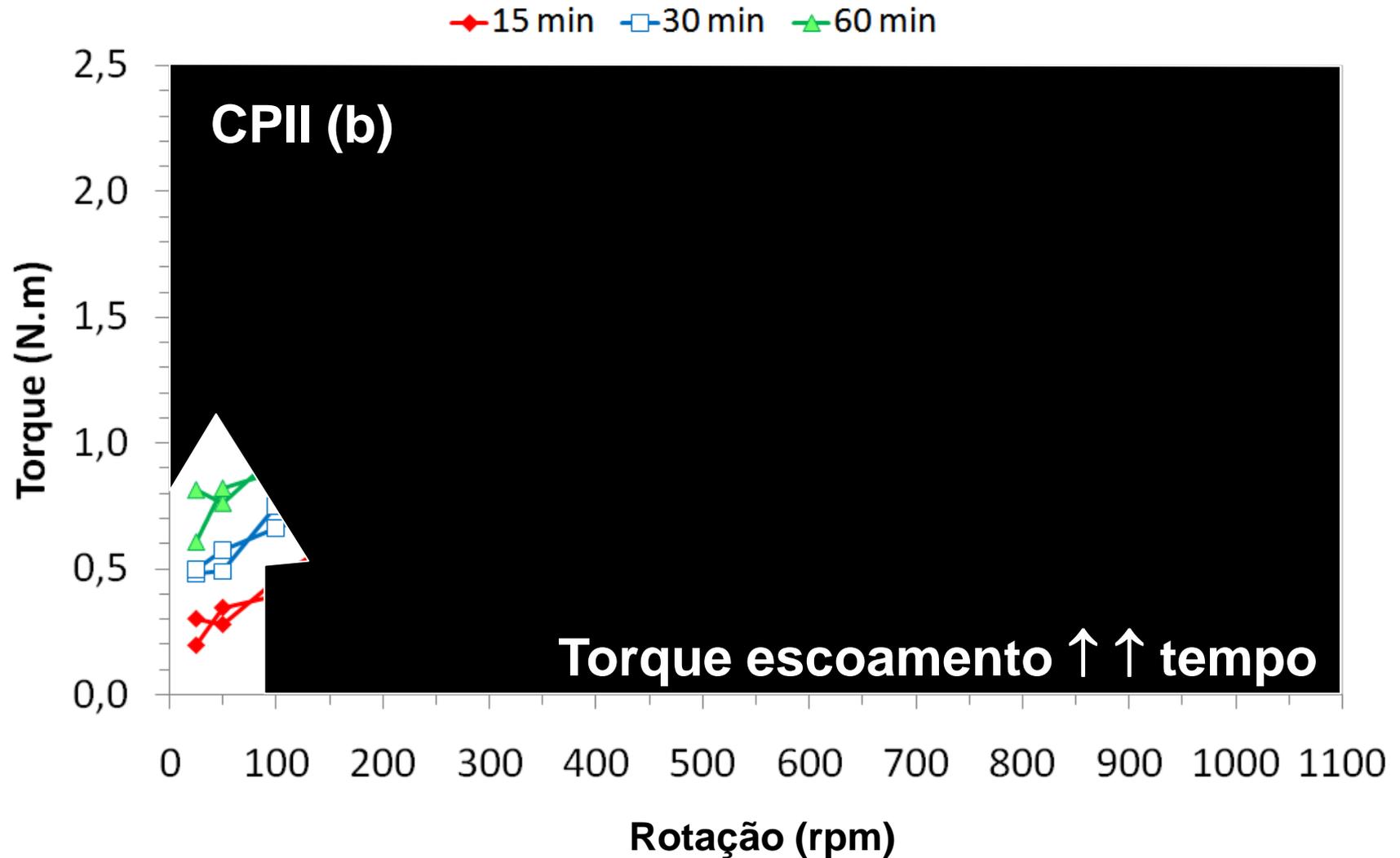
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



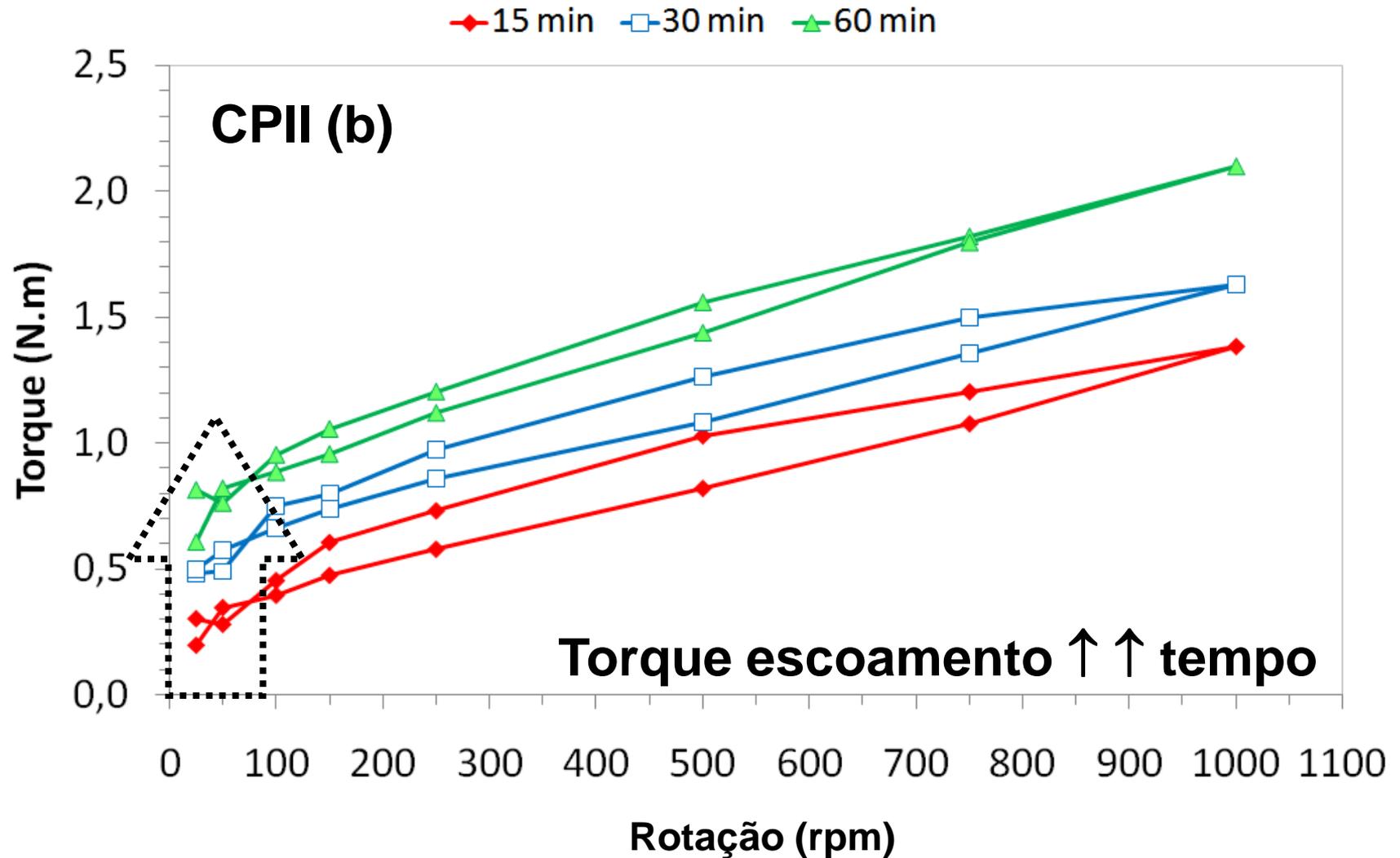
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



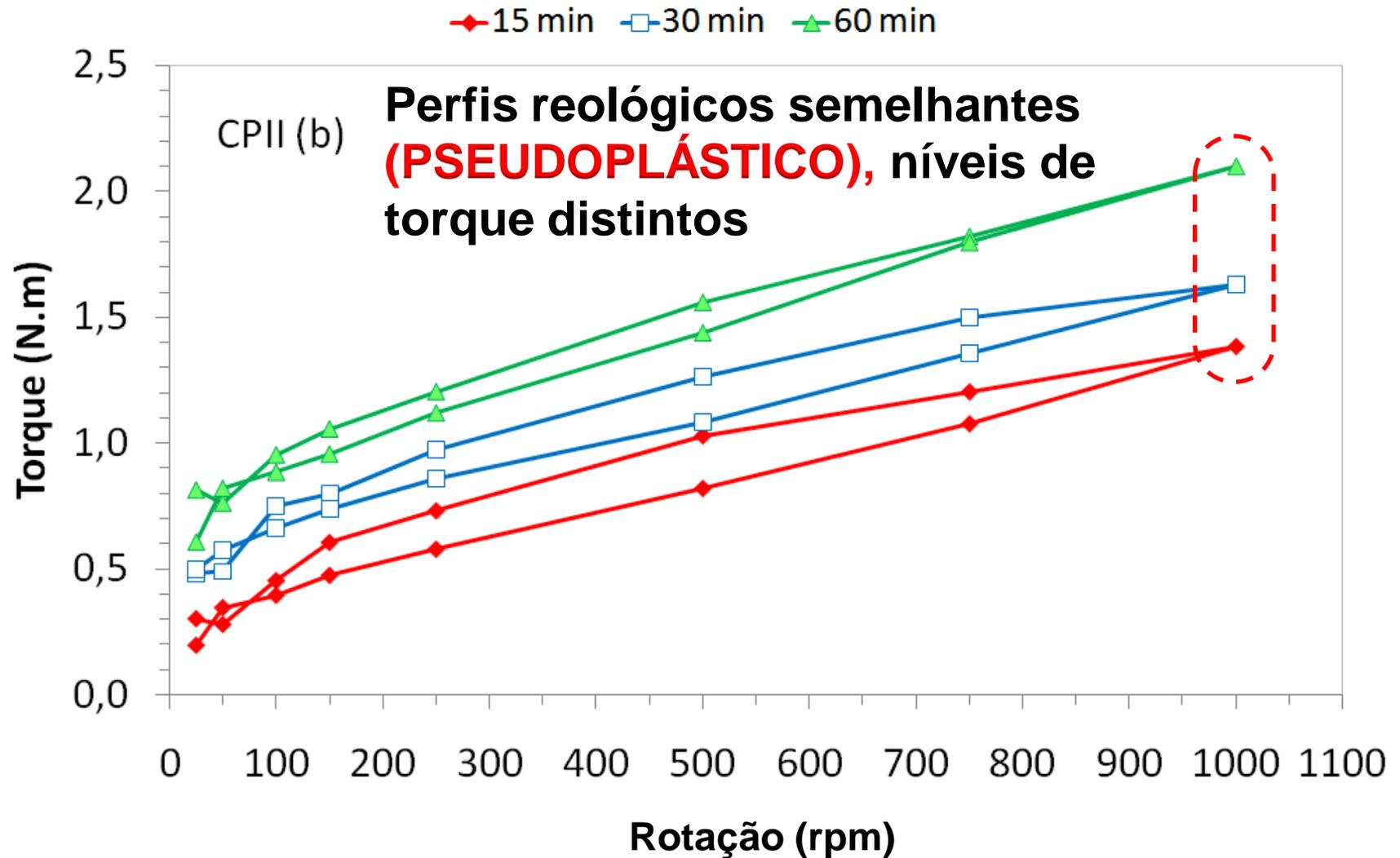
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



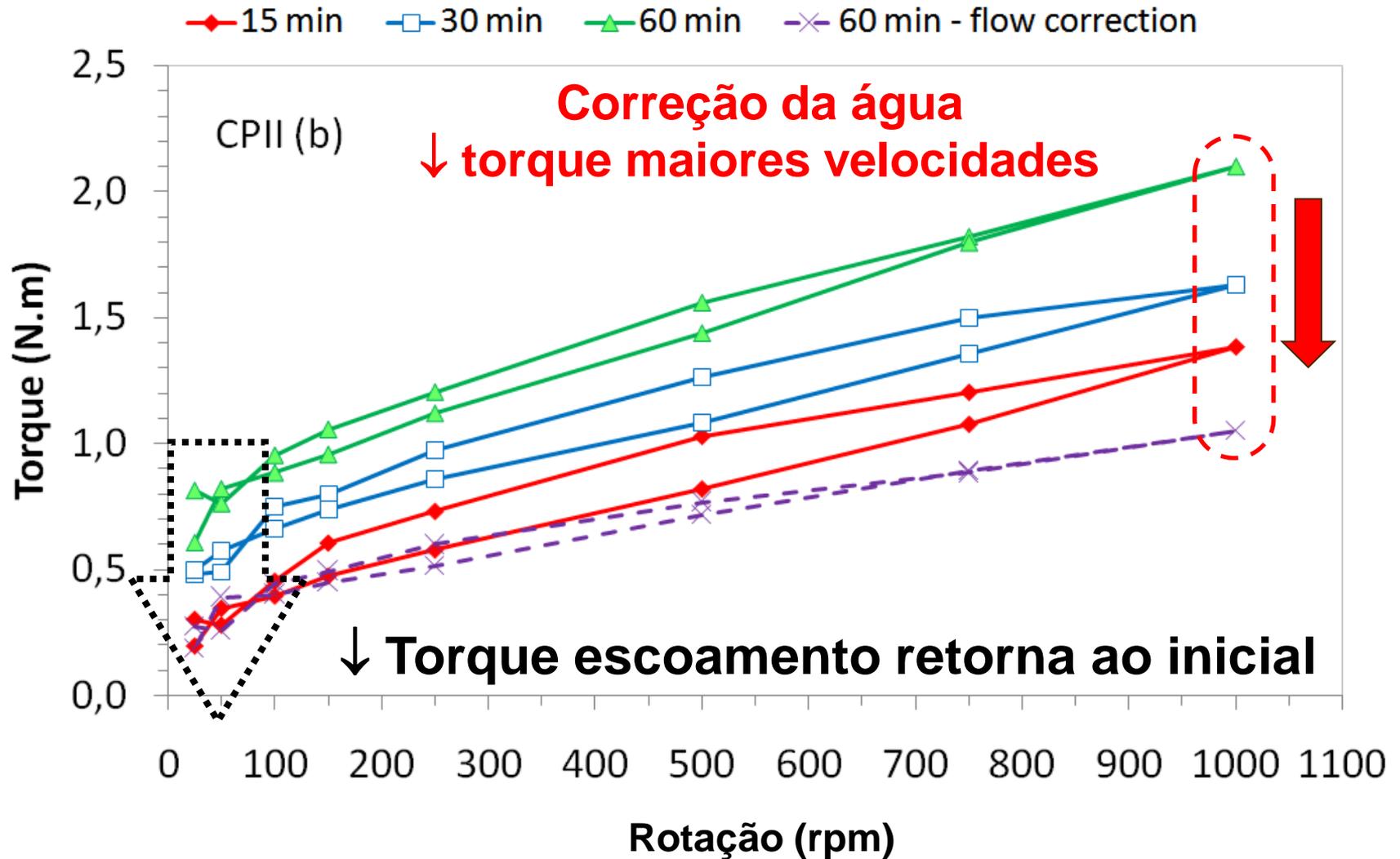
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



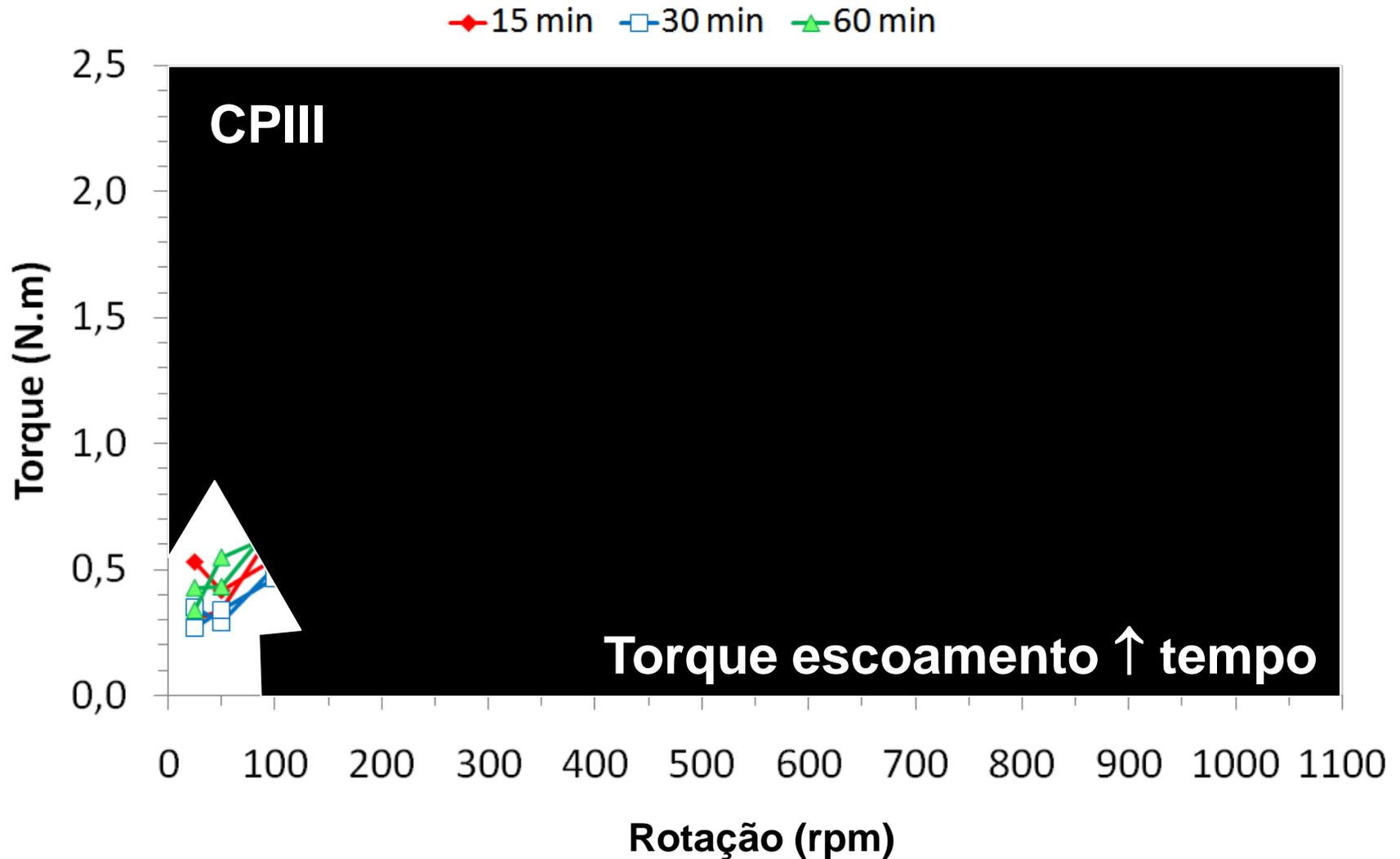
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



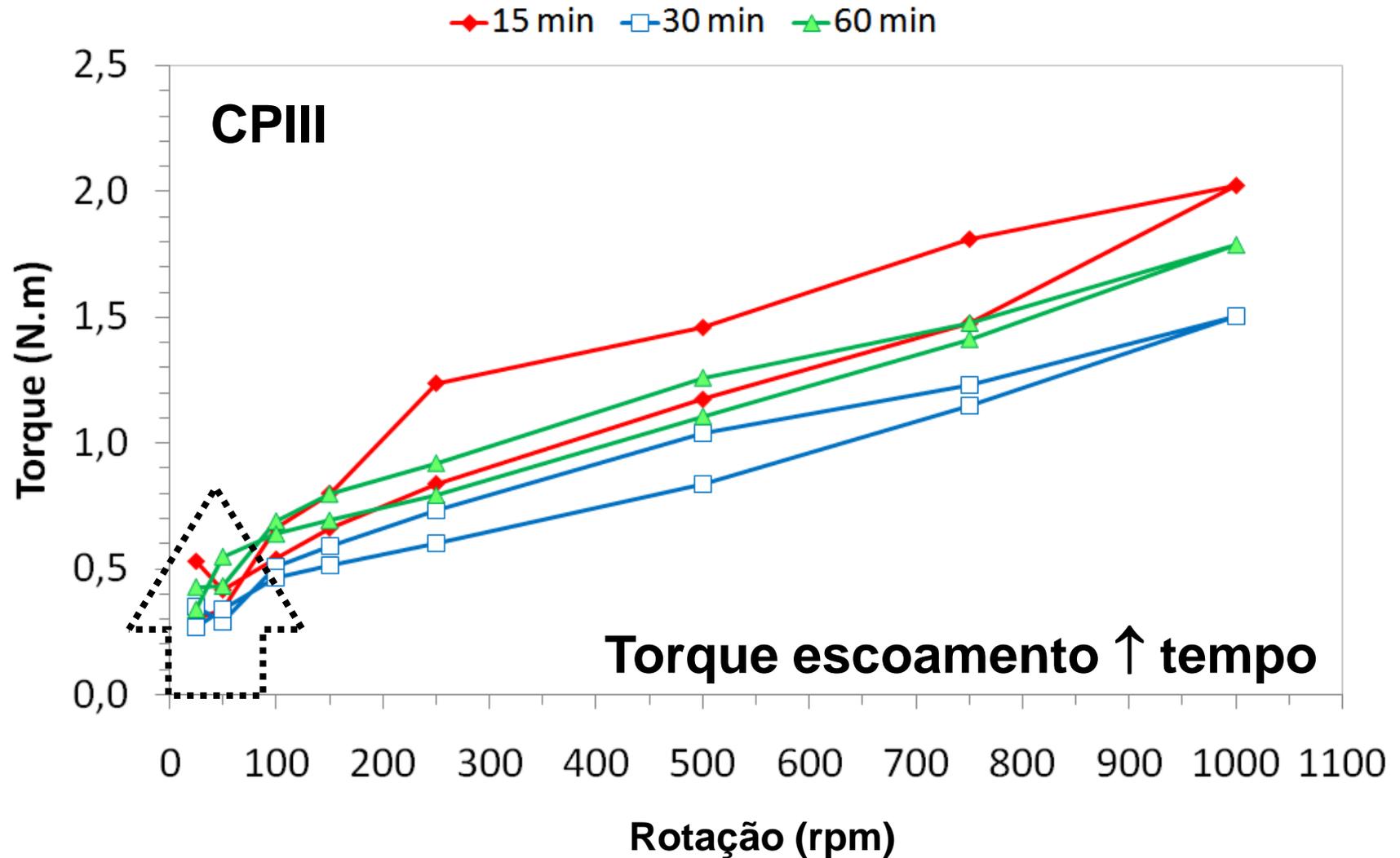
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



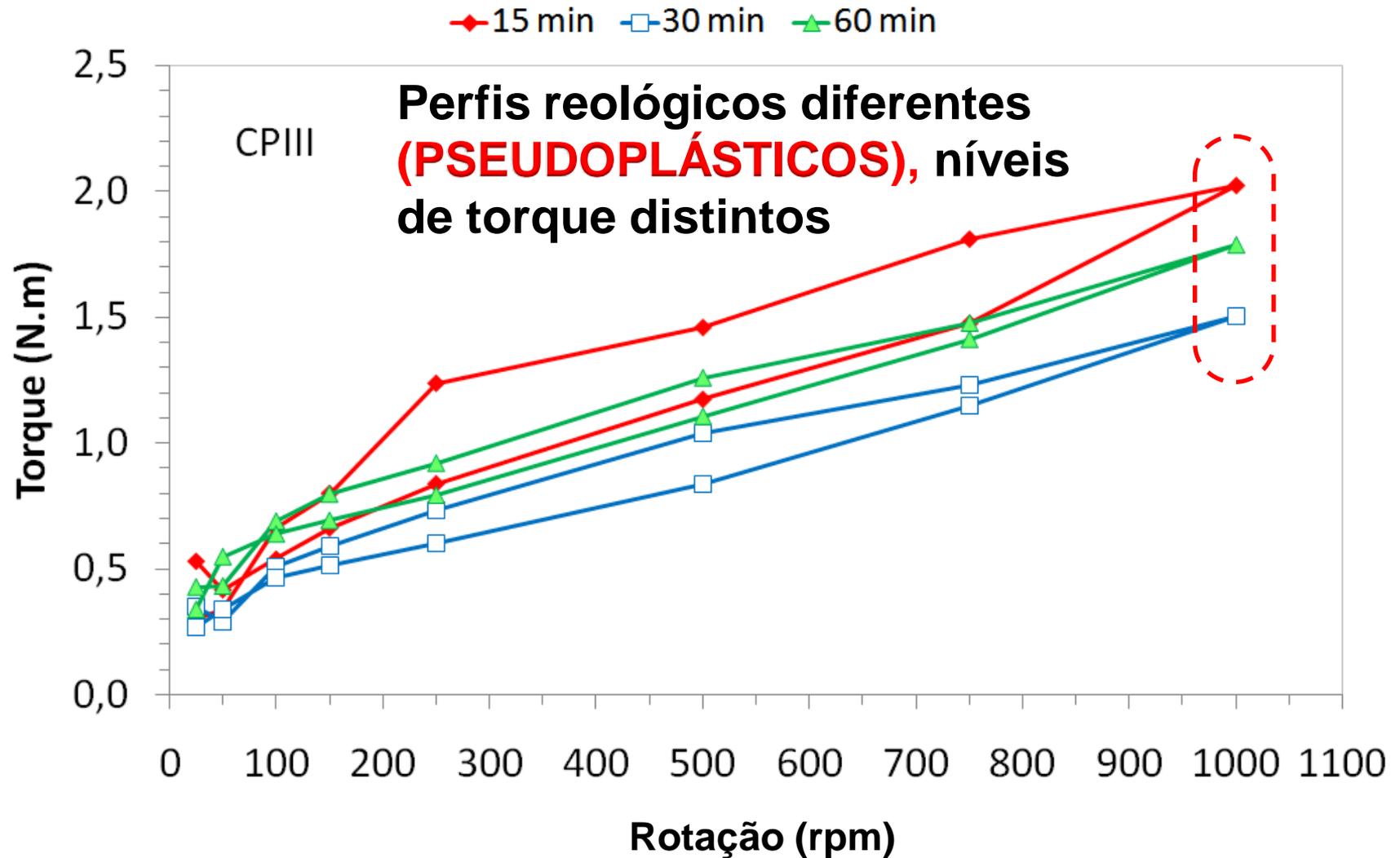
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



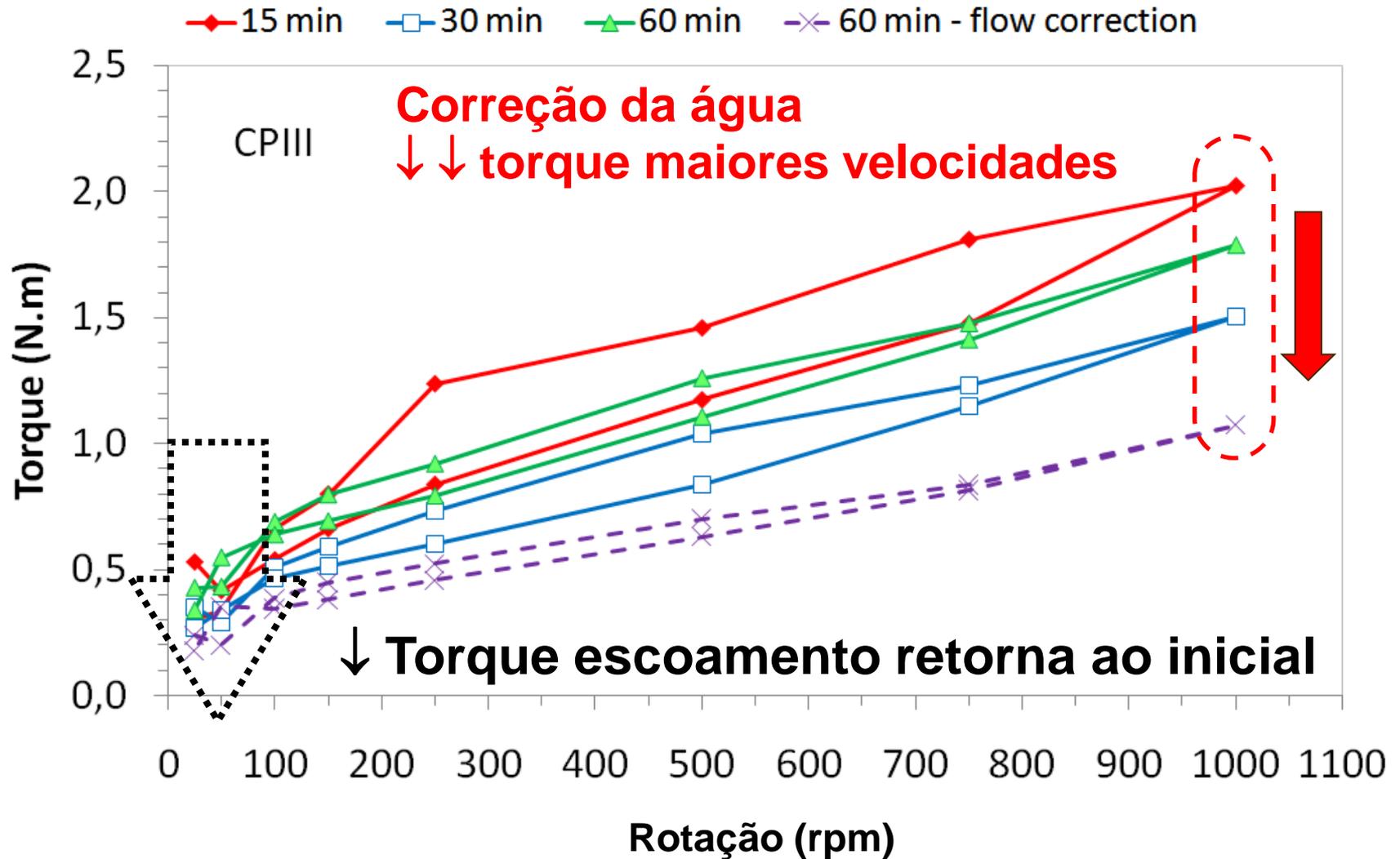
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



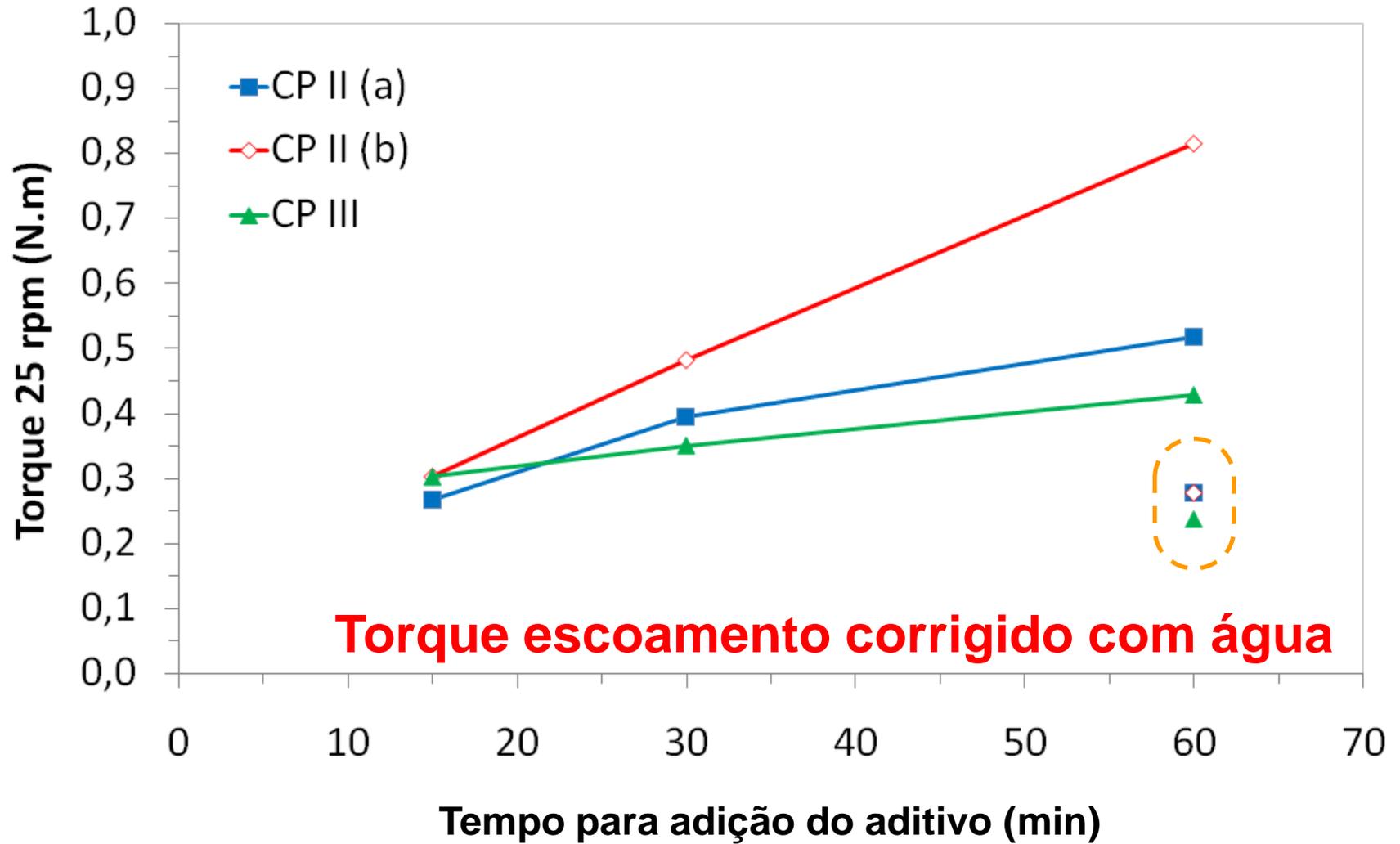
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



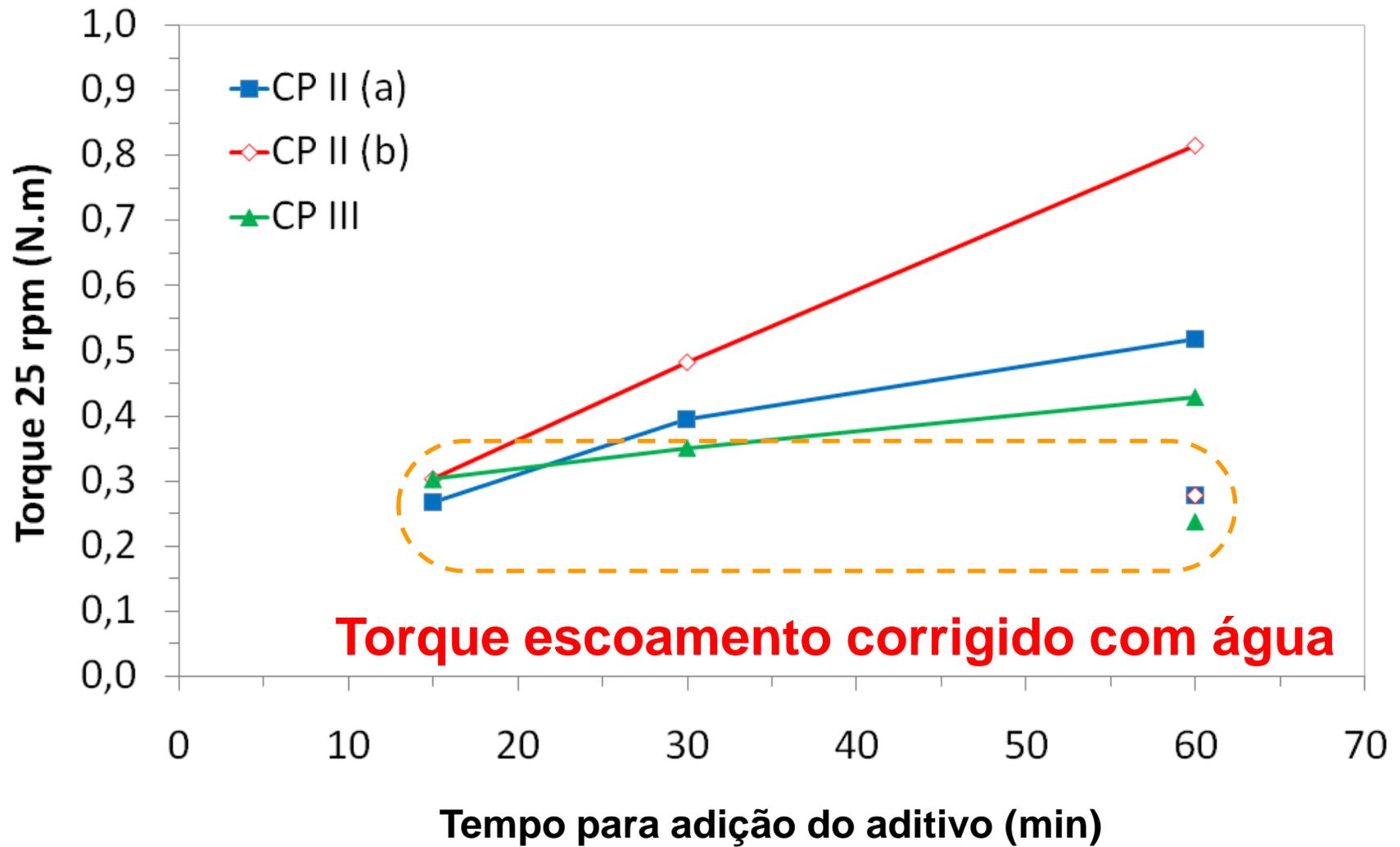
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



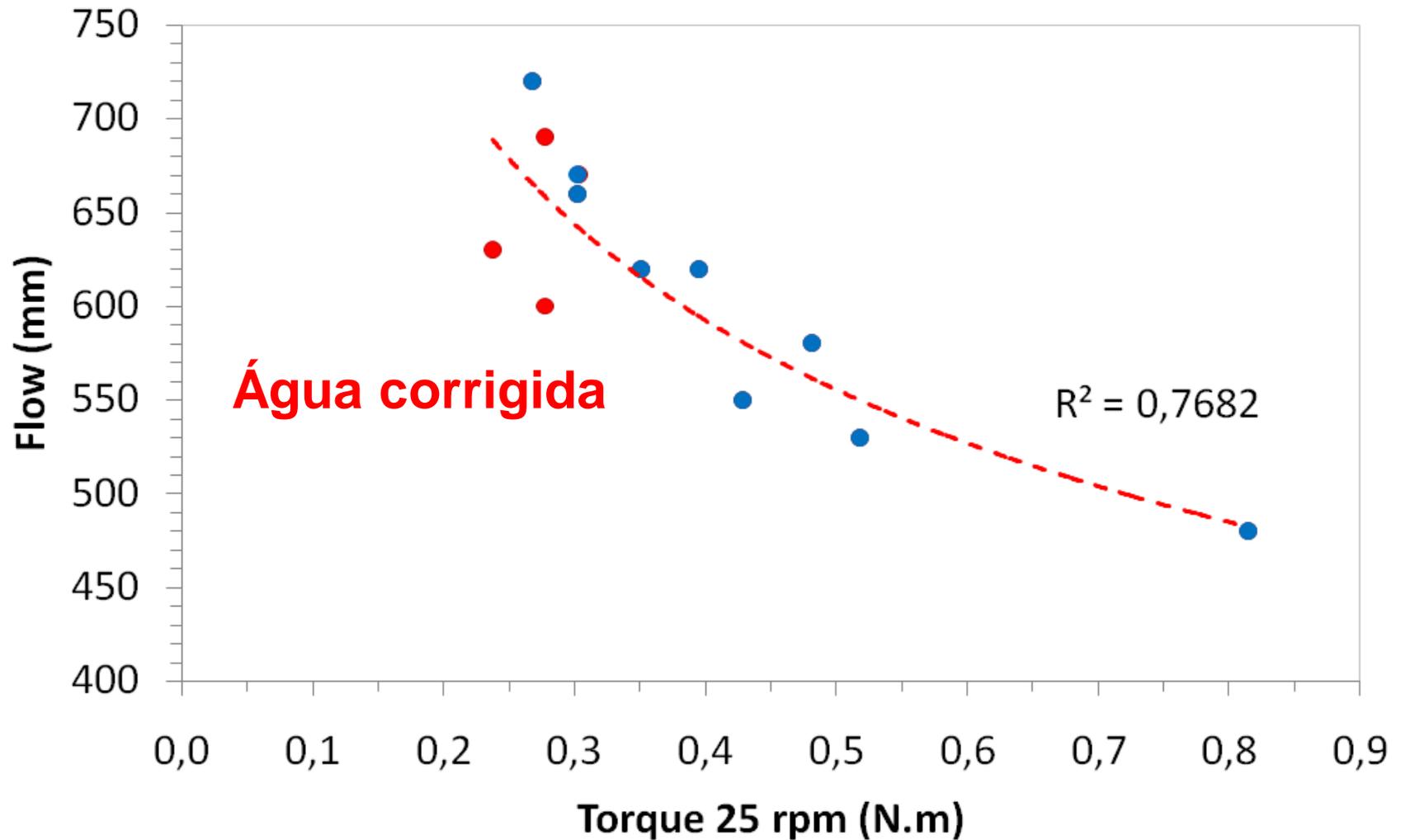
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



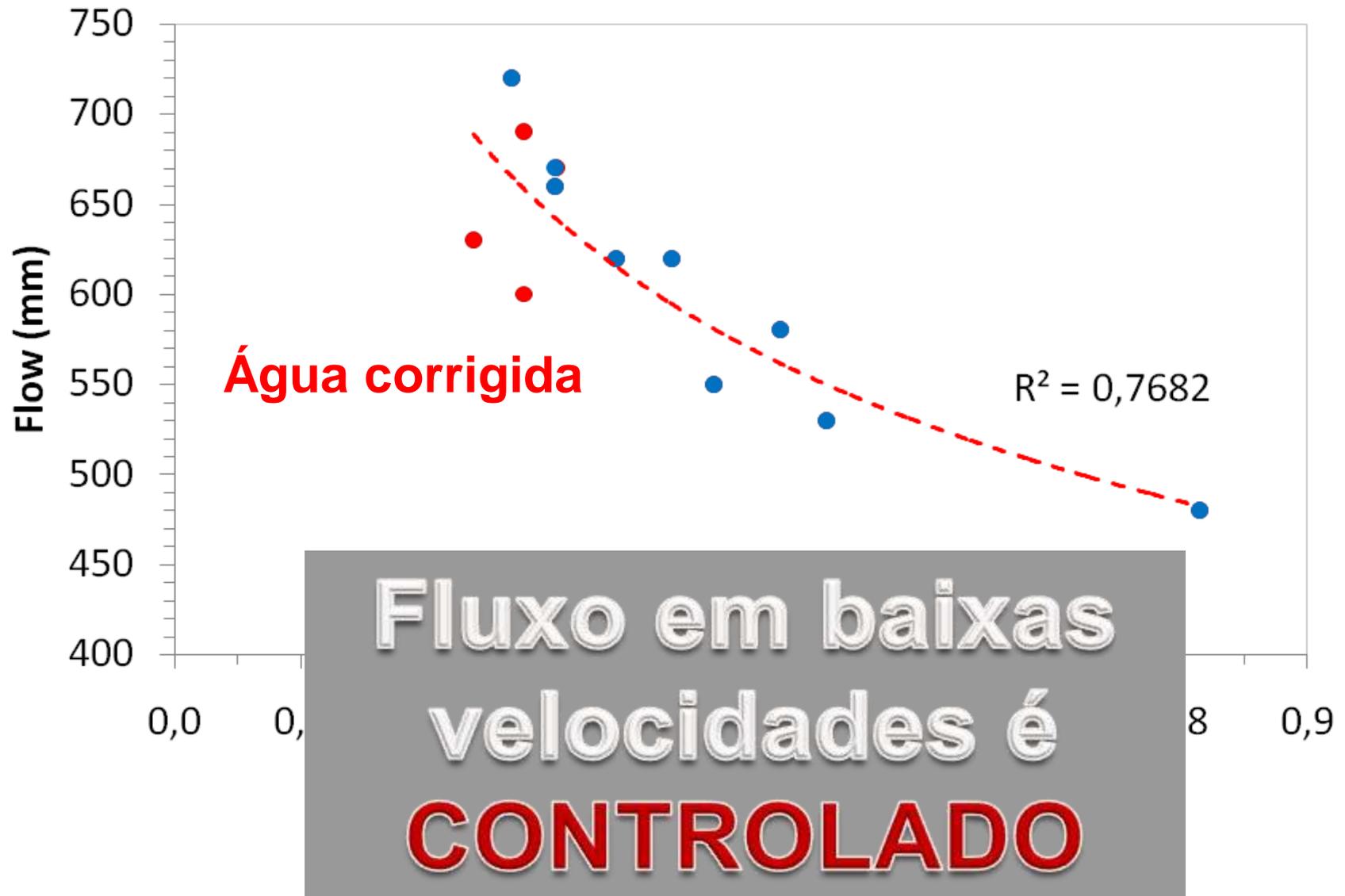
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



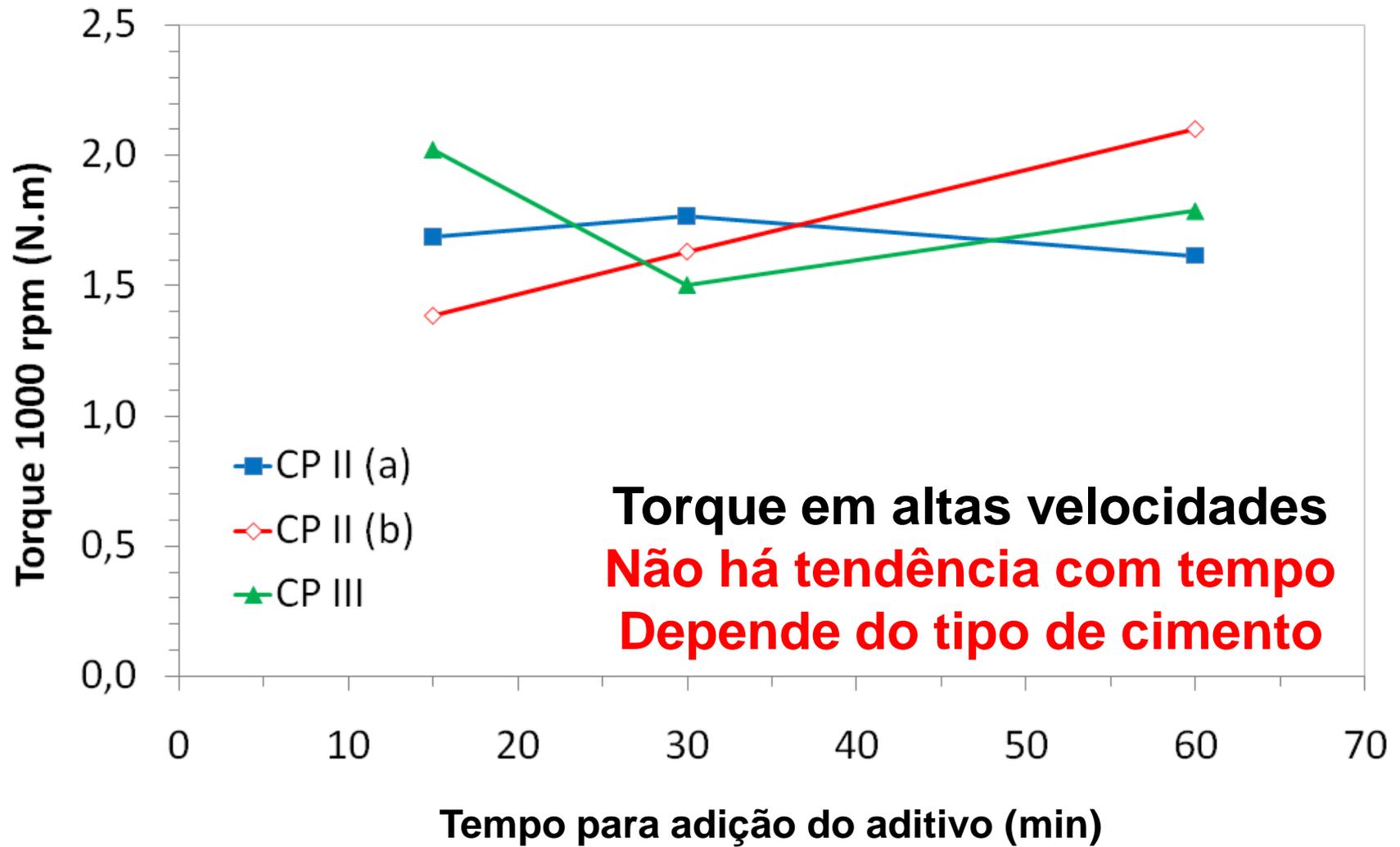
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



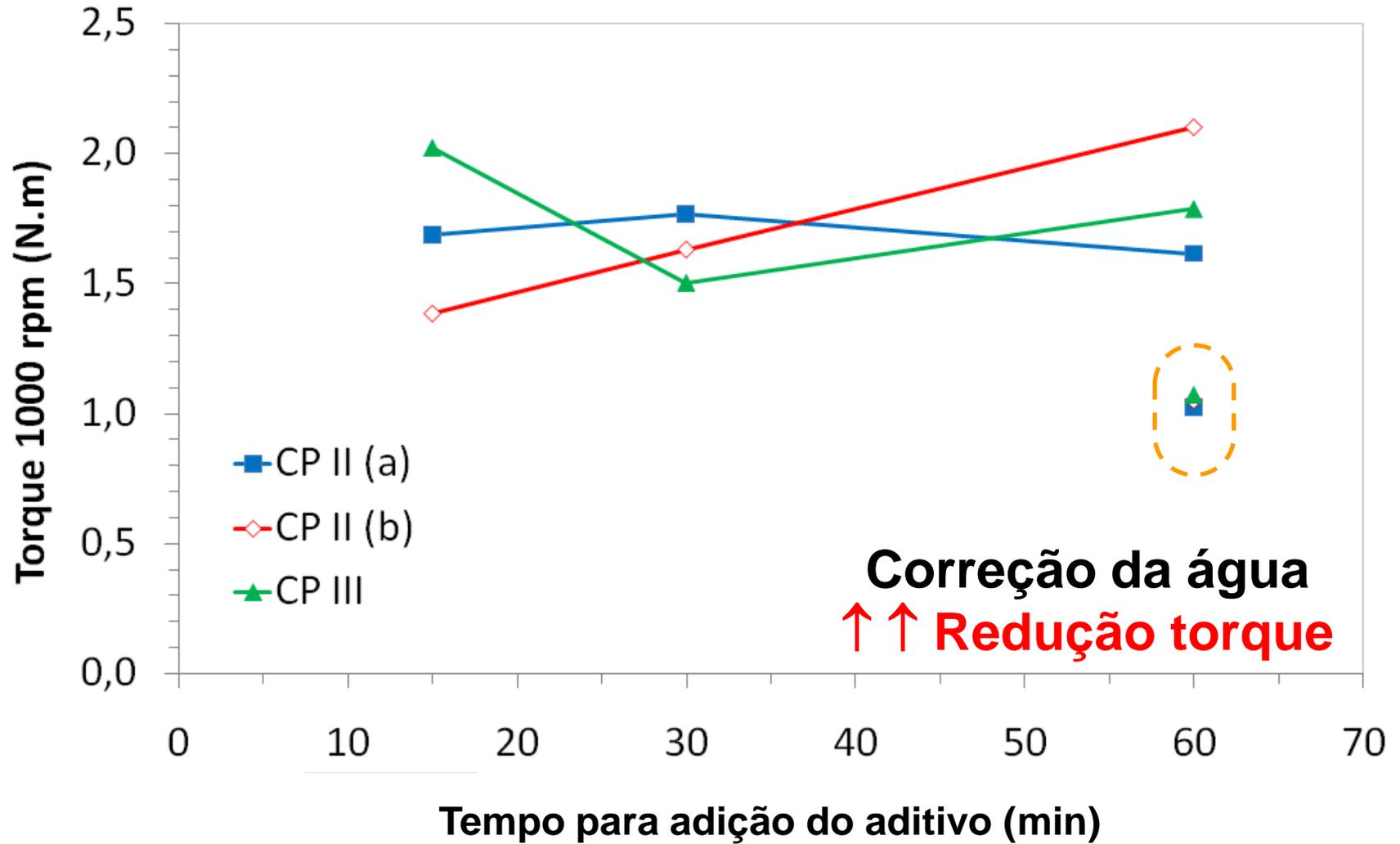
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



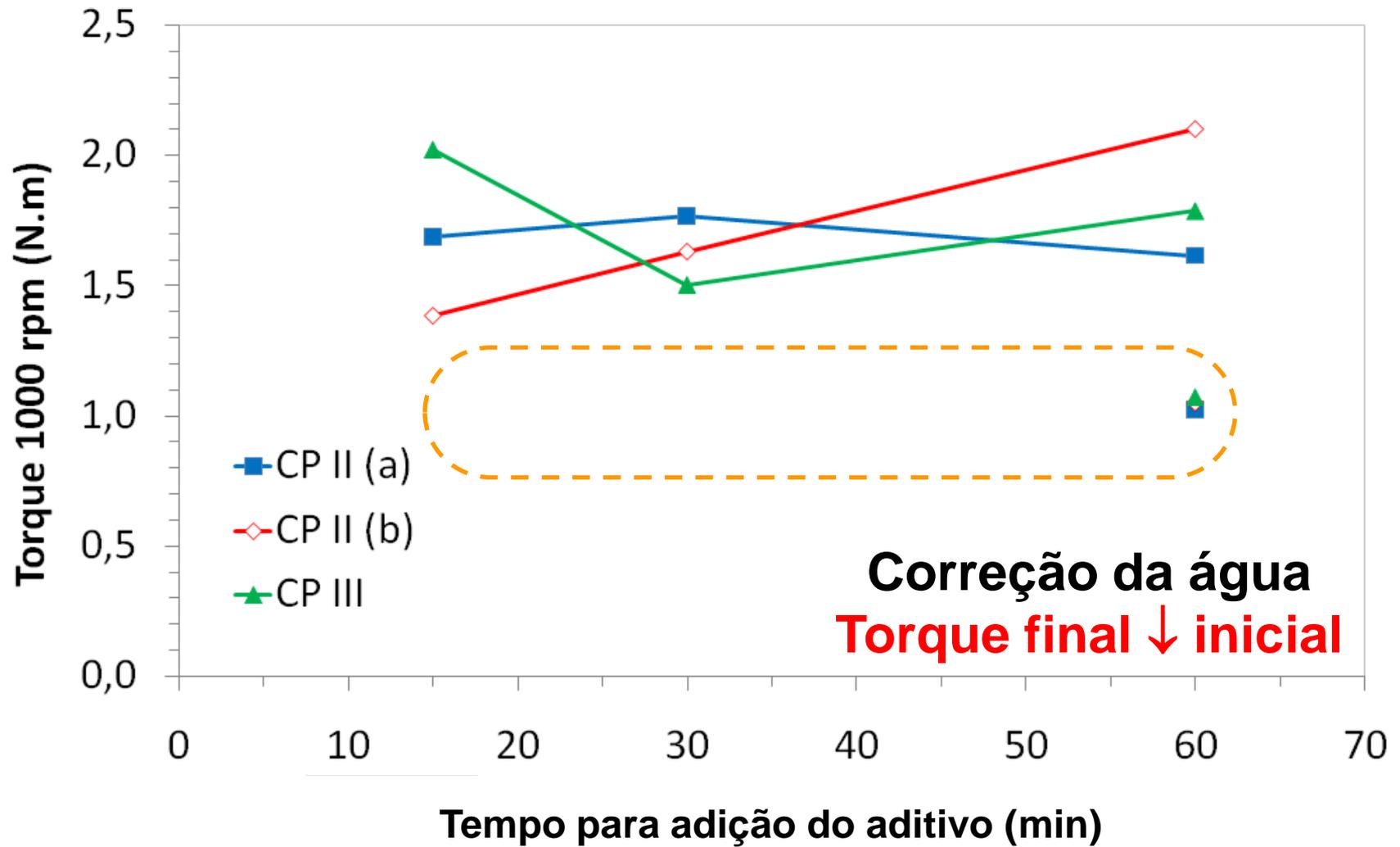
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



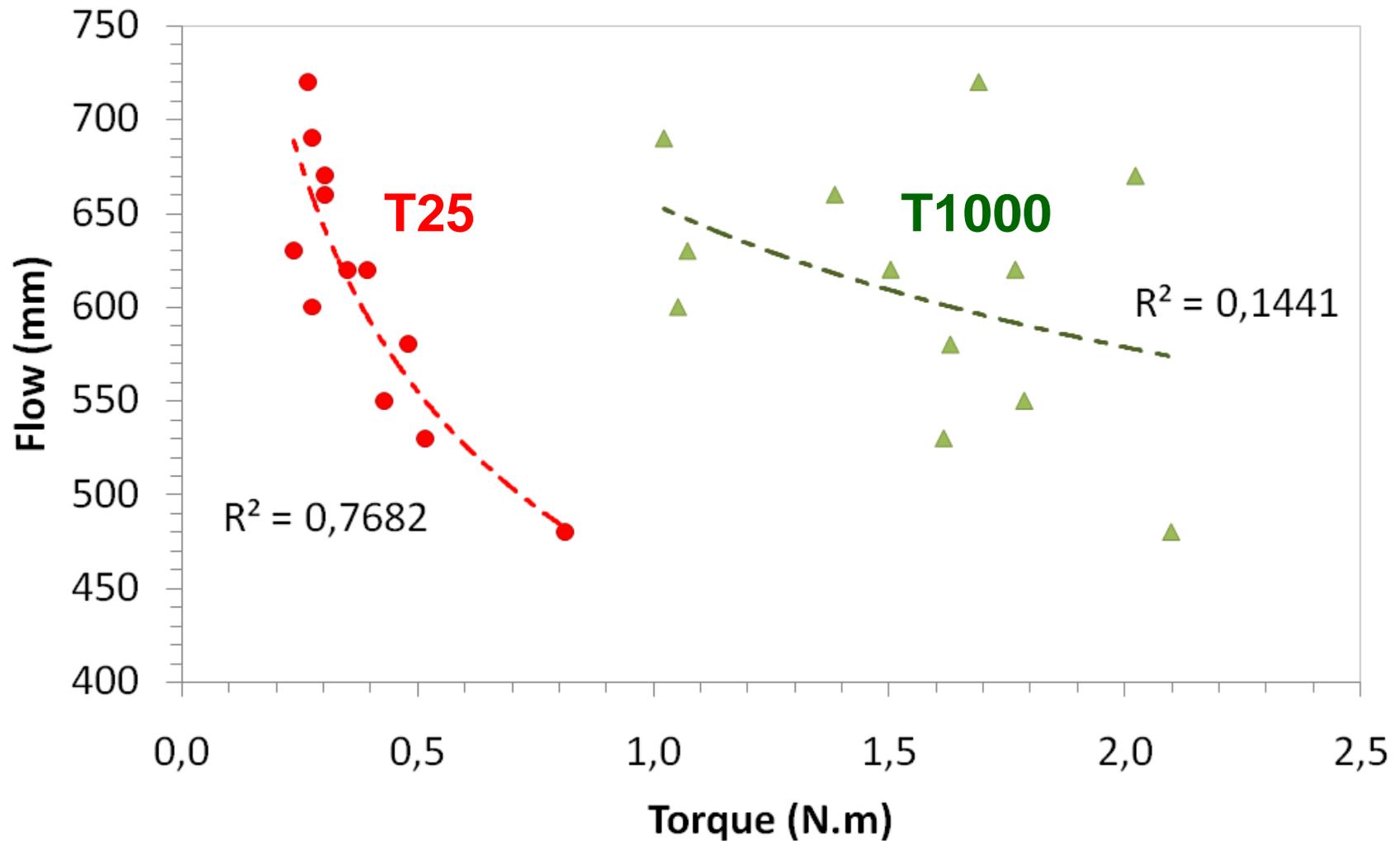
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



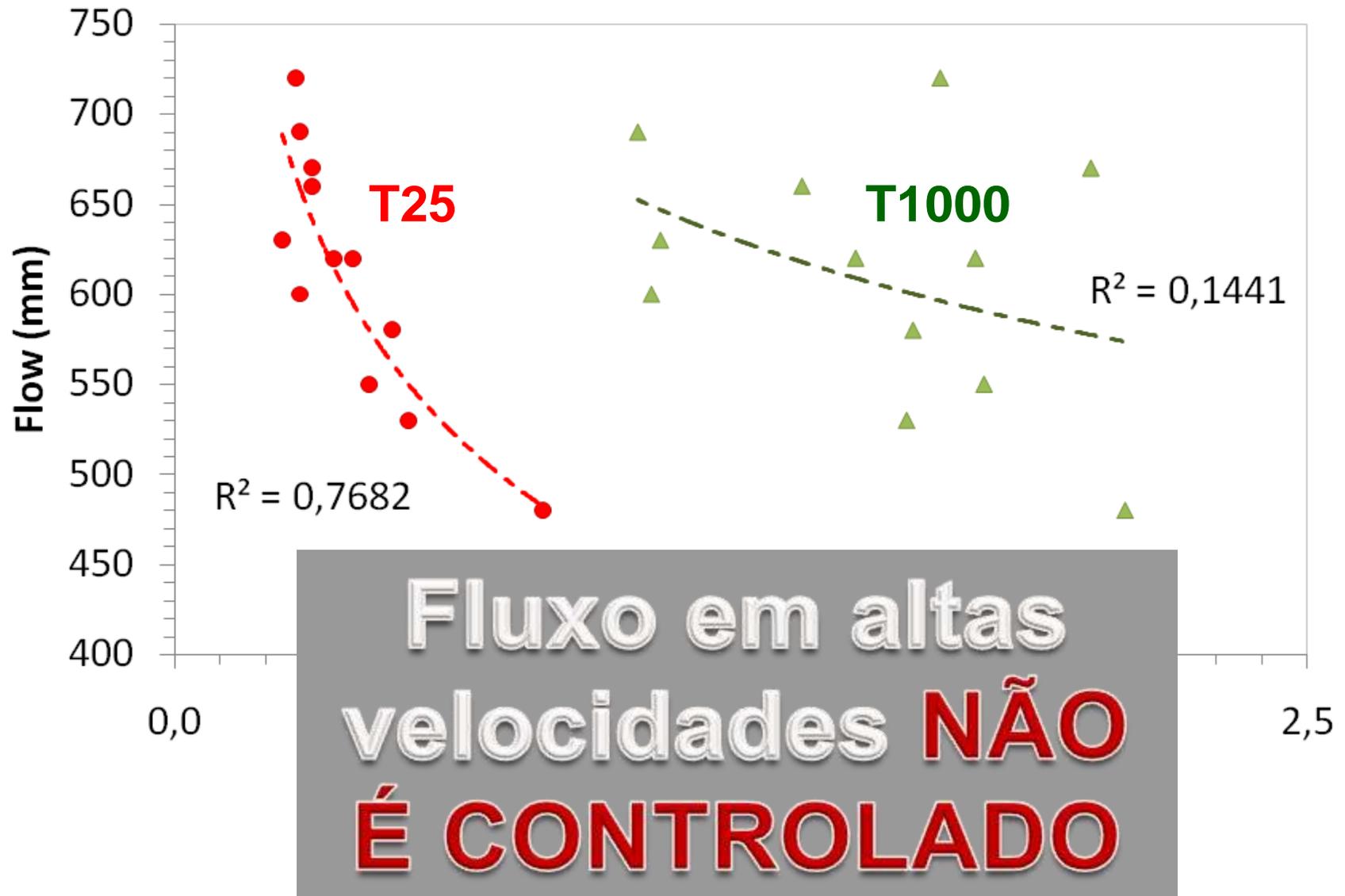
Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis



Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis

**Fluidez não é
suficiente!!!**

Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis

FLUIDEZ

Adição tardia de superplastificante



Todos os cimentos demandariam adição suplementar de água na aplicação para recuperar obter a fluidez especificada

Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis

Água Extra
=
Cimento Extra

Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis

REÔMETRO

Adição tardia de superplastificante



Somente **CPII (b) demandou água adicional para recuperar o comportamento reológico**

Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis

**Incertezas decorrentes
da falta de informação
reológica impactam
diretamente o
CONSUMO DE
CIMENTO**

Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis

**Incertezas reológicas
impactam o uso de
qualquer tipo de
MATÉRIA-PRIMA
ALTERNATIVA**

Exemplo 1

Caracterização reológica de concretos auto-adensáveis

**Reometria é uma
ferramenta fundamental
de RACIONALIZAÇÃO /
ECO-EFICIÊNCIA dos
concretos**

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**



Exemplo 2

Caracterização reológica na concreteira



Exemplo 2

Caracterização reológica na concreteira



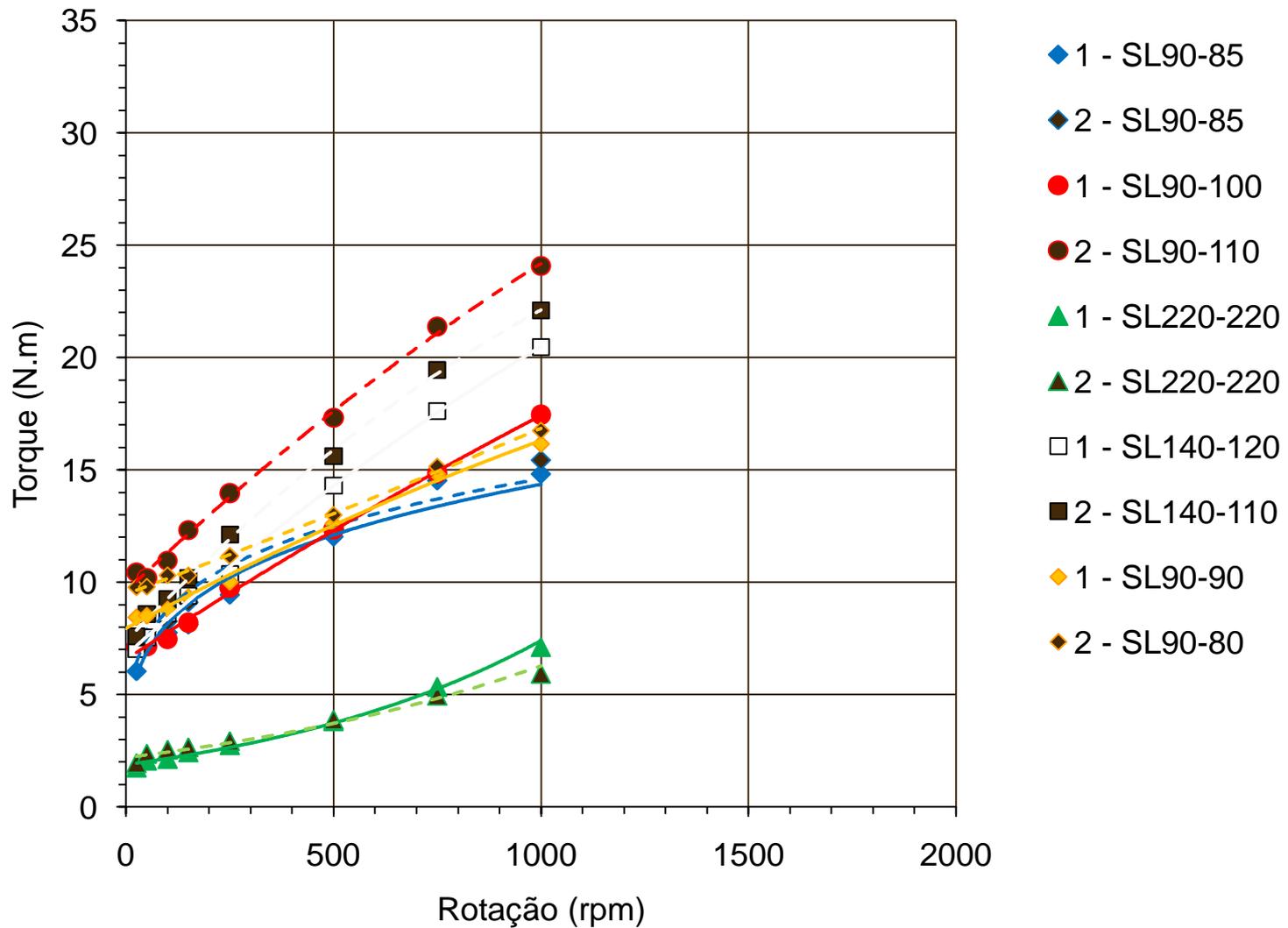
Exemplo 2

Caracterização reológica na concreteira



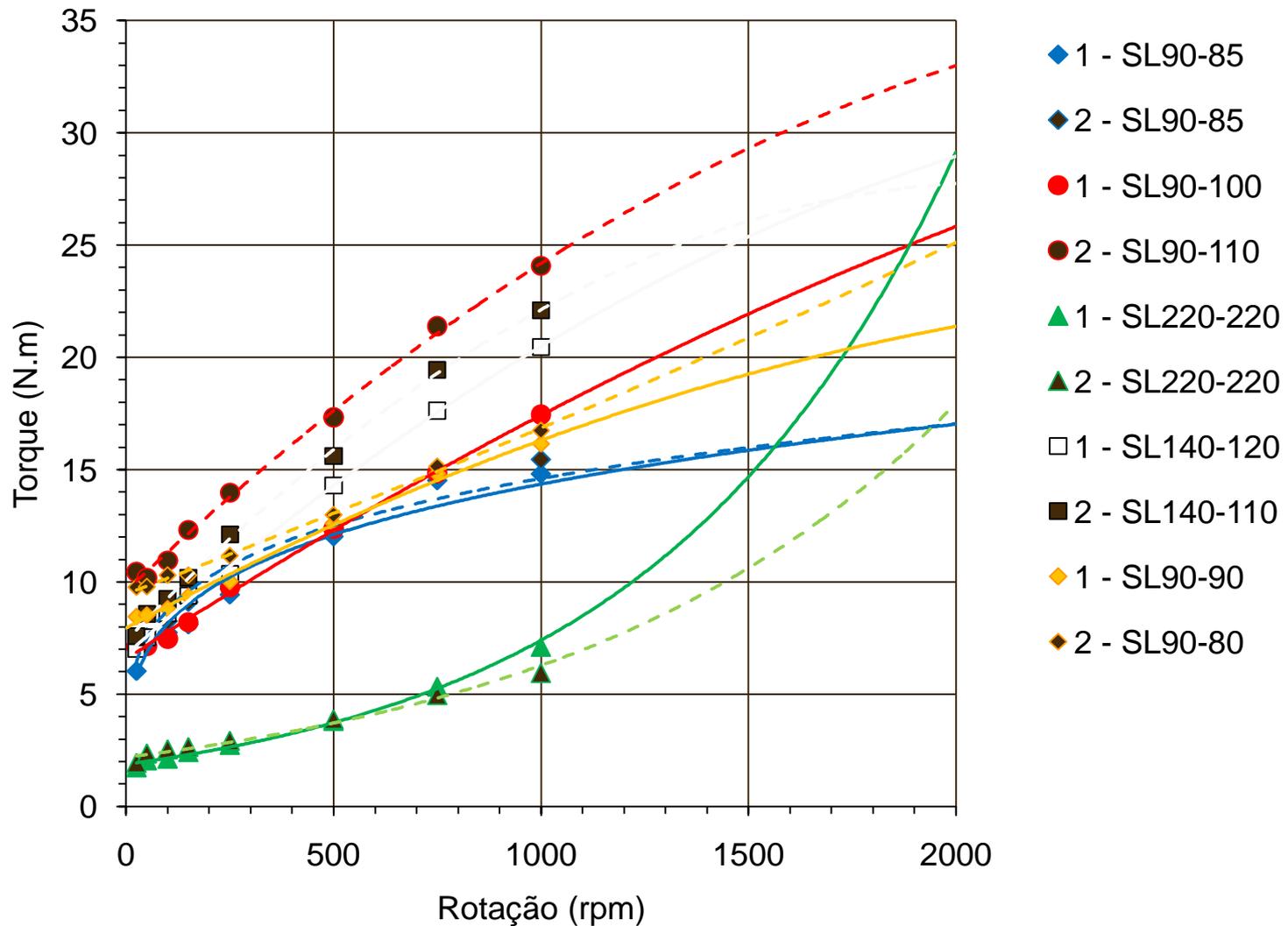
Exemplo 2

Caracterização reológica na concreteira



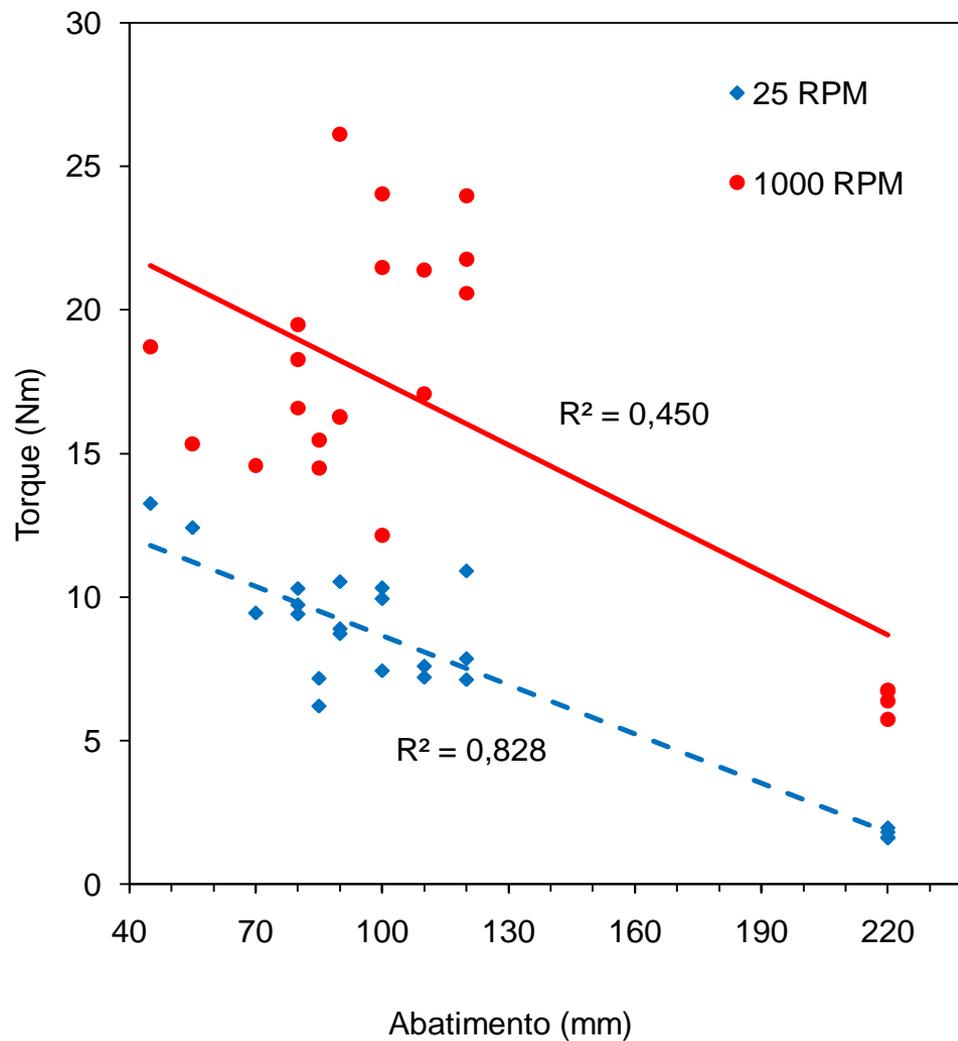
Exemplo 2

Caracterização reológica na concreteira



Exemplo 2

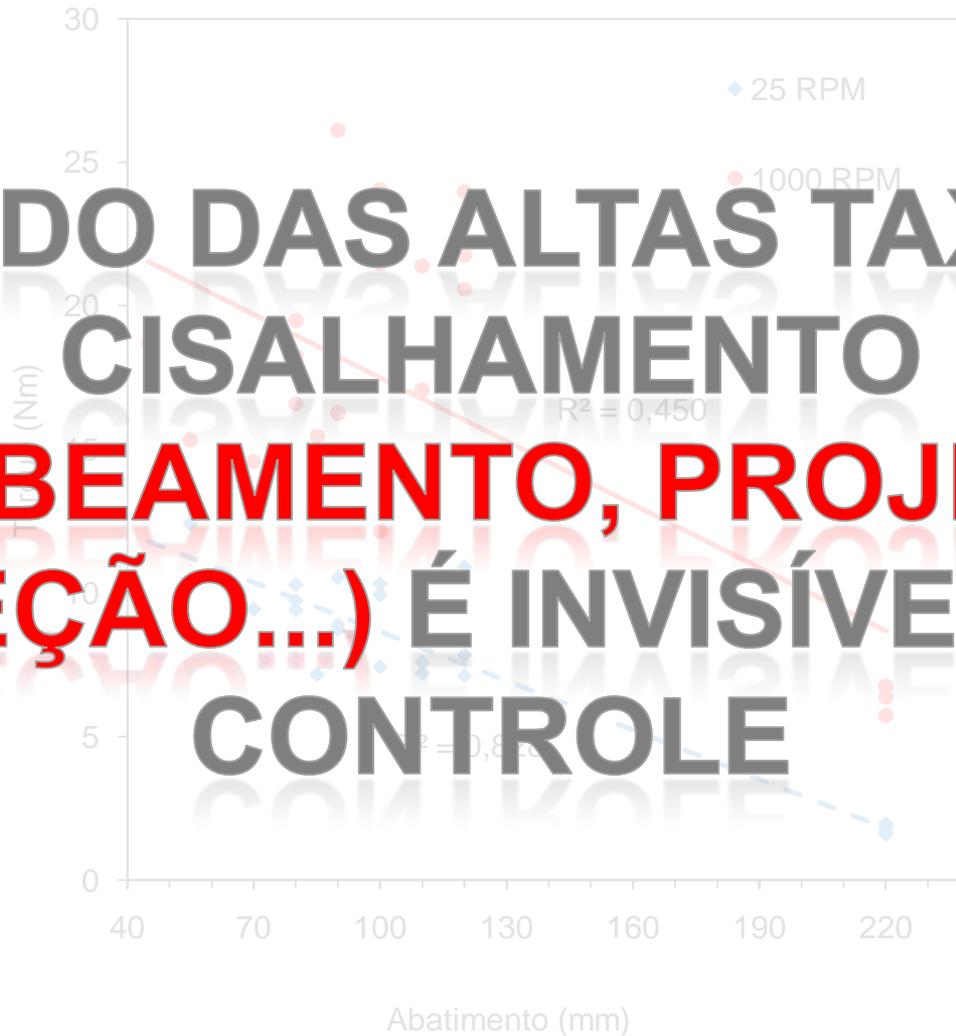
Caracterização reológica na concreteira



Exemplo 2

Caracterização reológica na concreteira

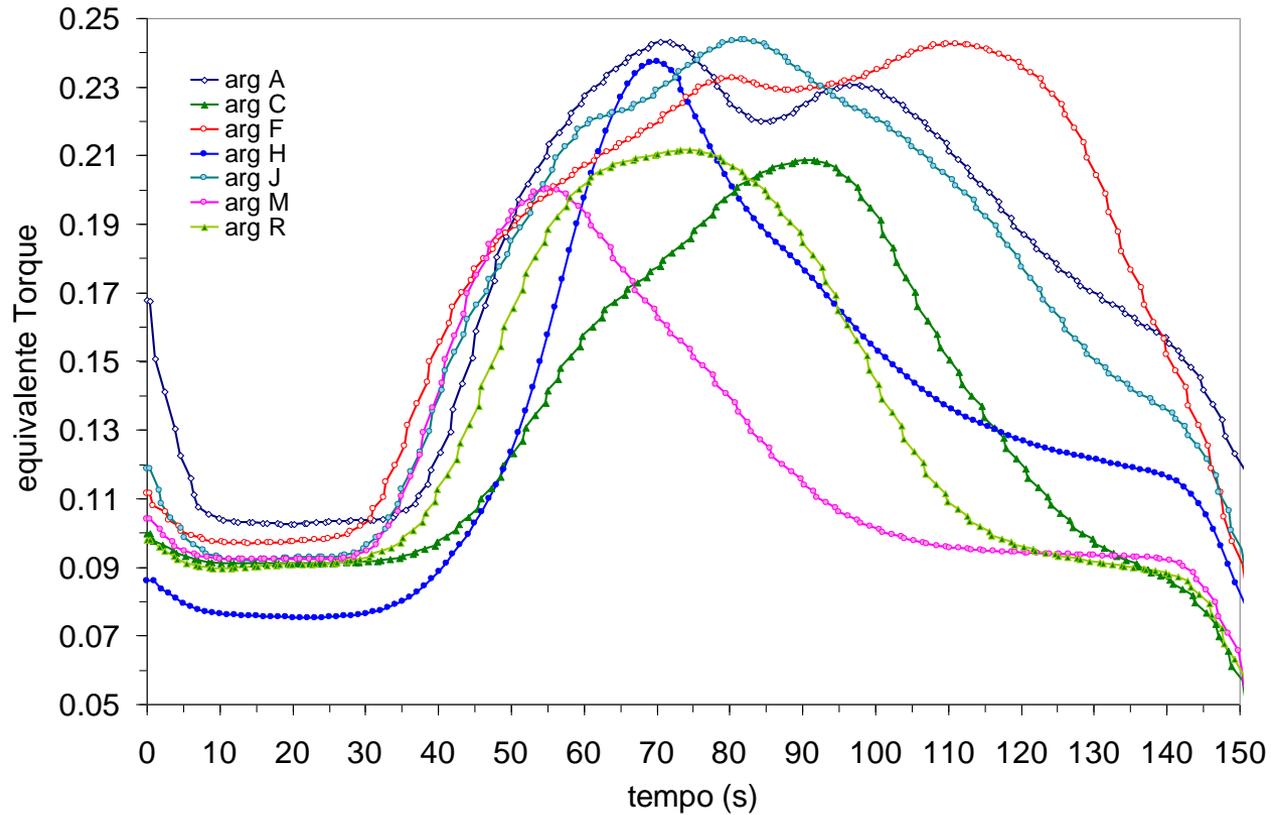
O MUNDO DAS ALTAS TAXAS DE CISALHAMENTO (BOMBEAMENTO, PROJEÇÃO, INJEÇÃO...) É INVISÍVEL AO CONTROLE





Exemplo 3

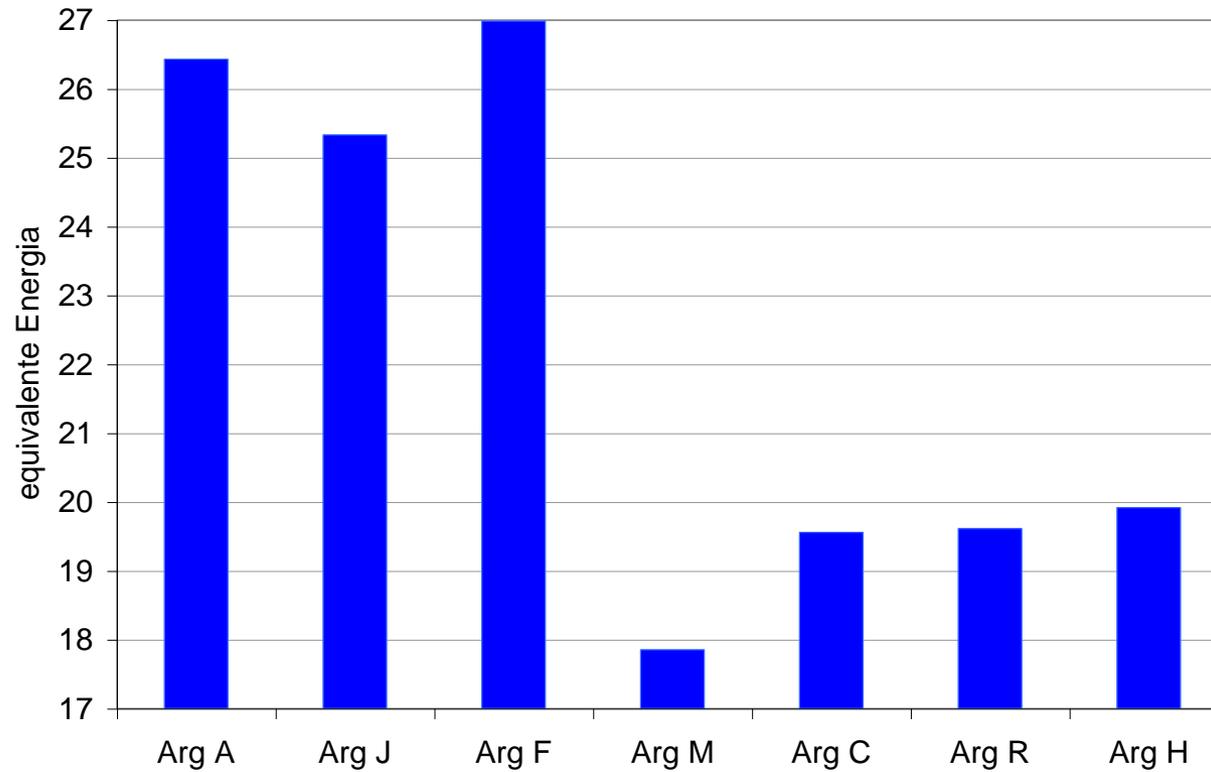
Reometria de Mistura



Área sob curva = energia mistura

Exemplo 3

Reometria de Mistura



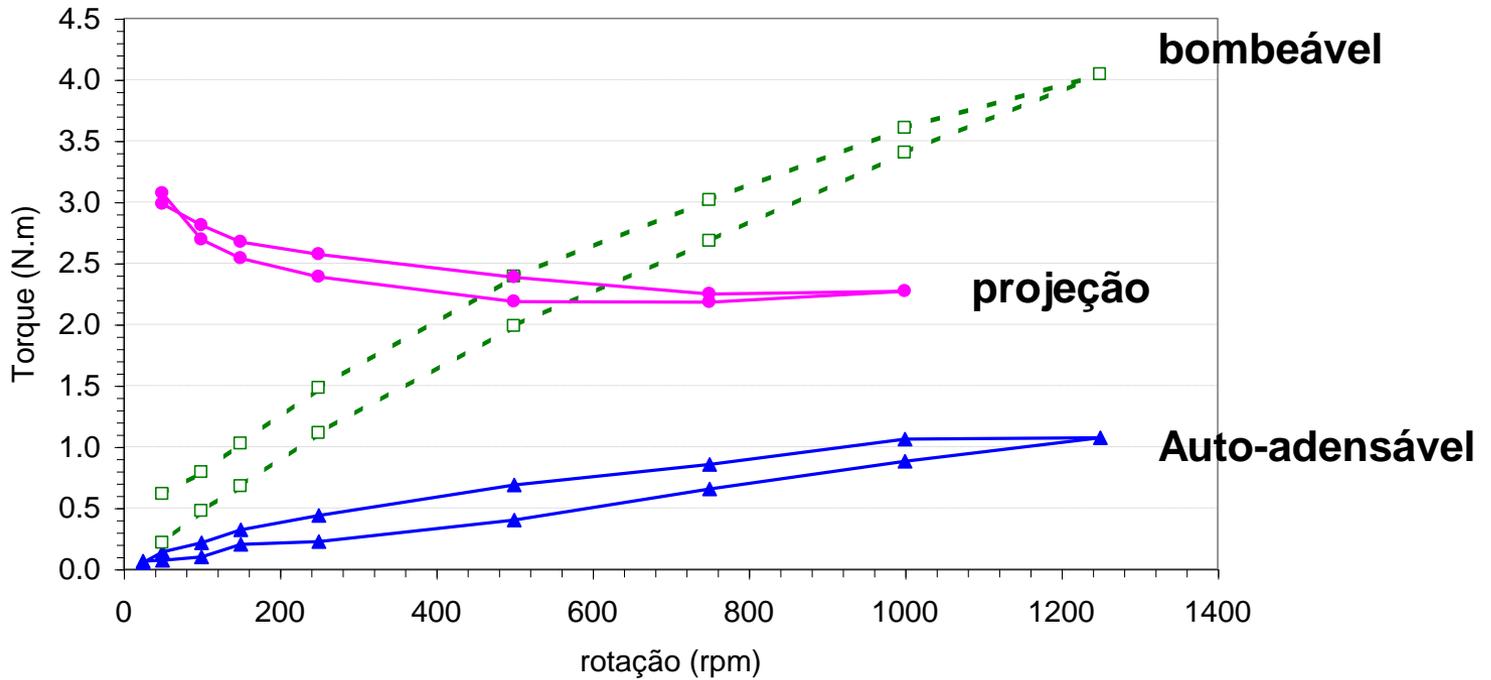
A, J, F – ↑ energia mistura

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**



Exemplo 4

Famílias reológicas





Exemplo 5

Acabamento superfície

REÔMETROS

- ***Não simulam espalhamento sobre superfície***

Exemplo 5

Acabamento superfície



Exemplo 5

Acabamento superfície

SQUEEZE FLOW



Exemplo 5

Acabamento superfície

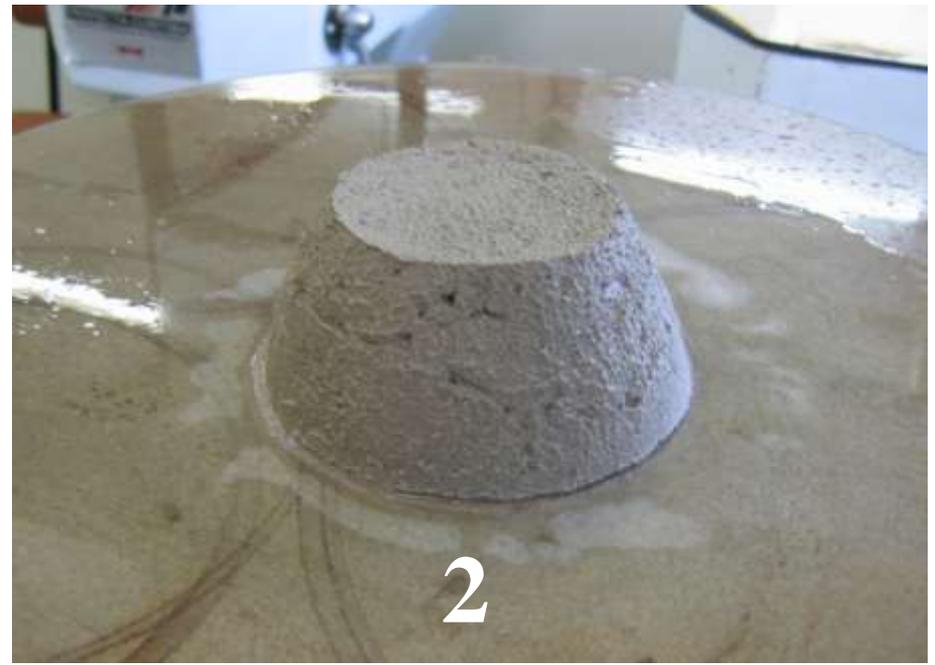
SQUEEZE FLOW



Exemplo 5

Acabamento superfície

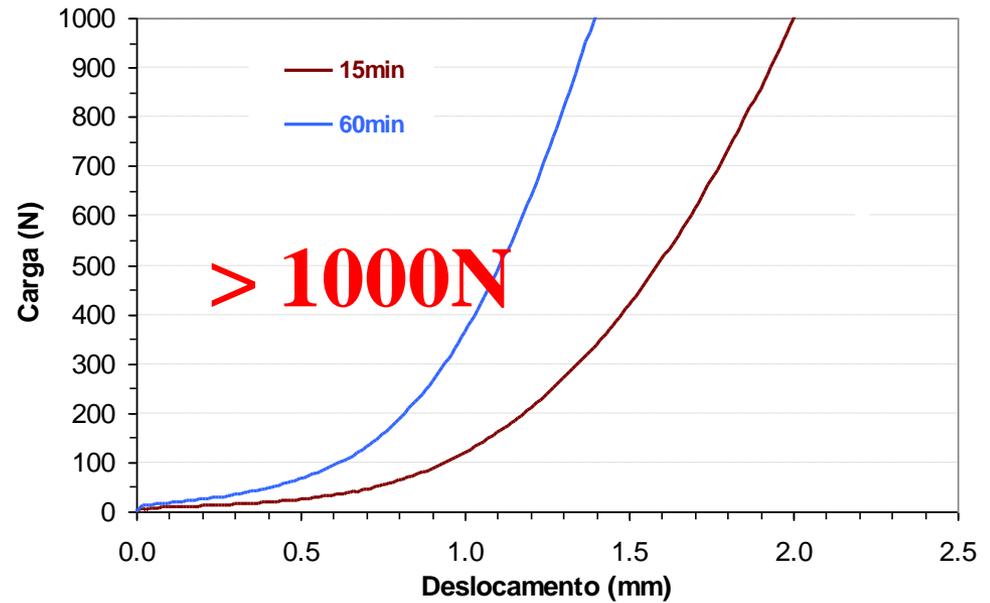
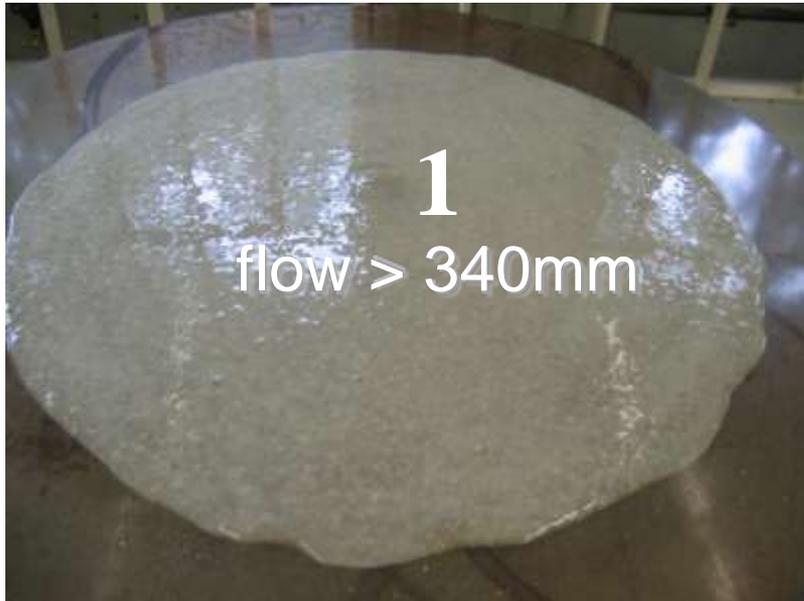
Fluidez



Exemplo 5

Acabamento superfície

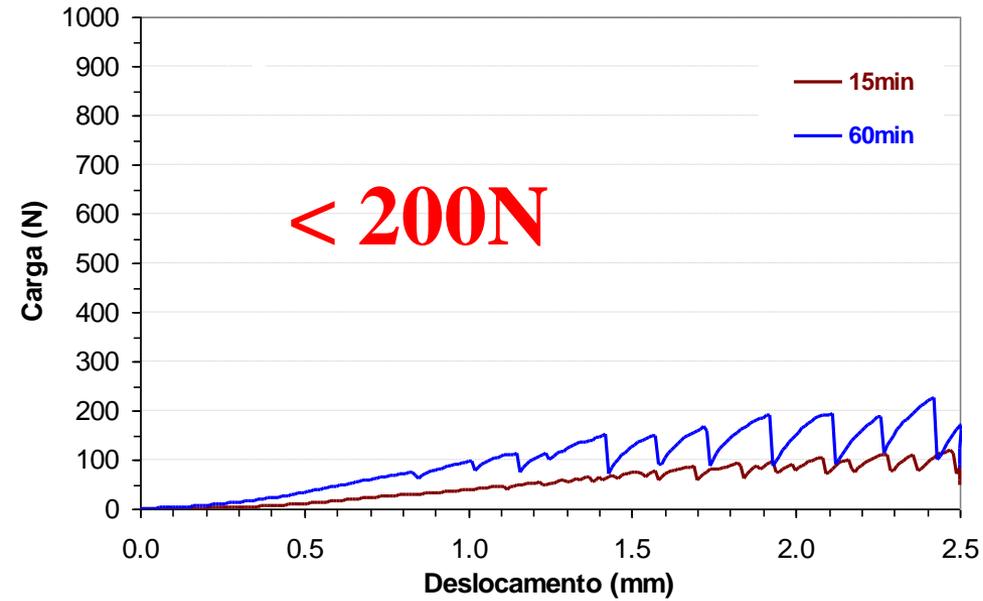
Fluidez



Exemplo 5

Acabamento superfície

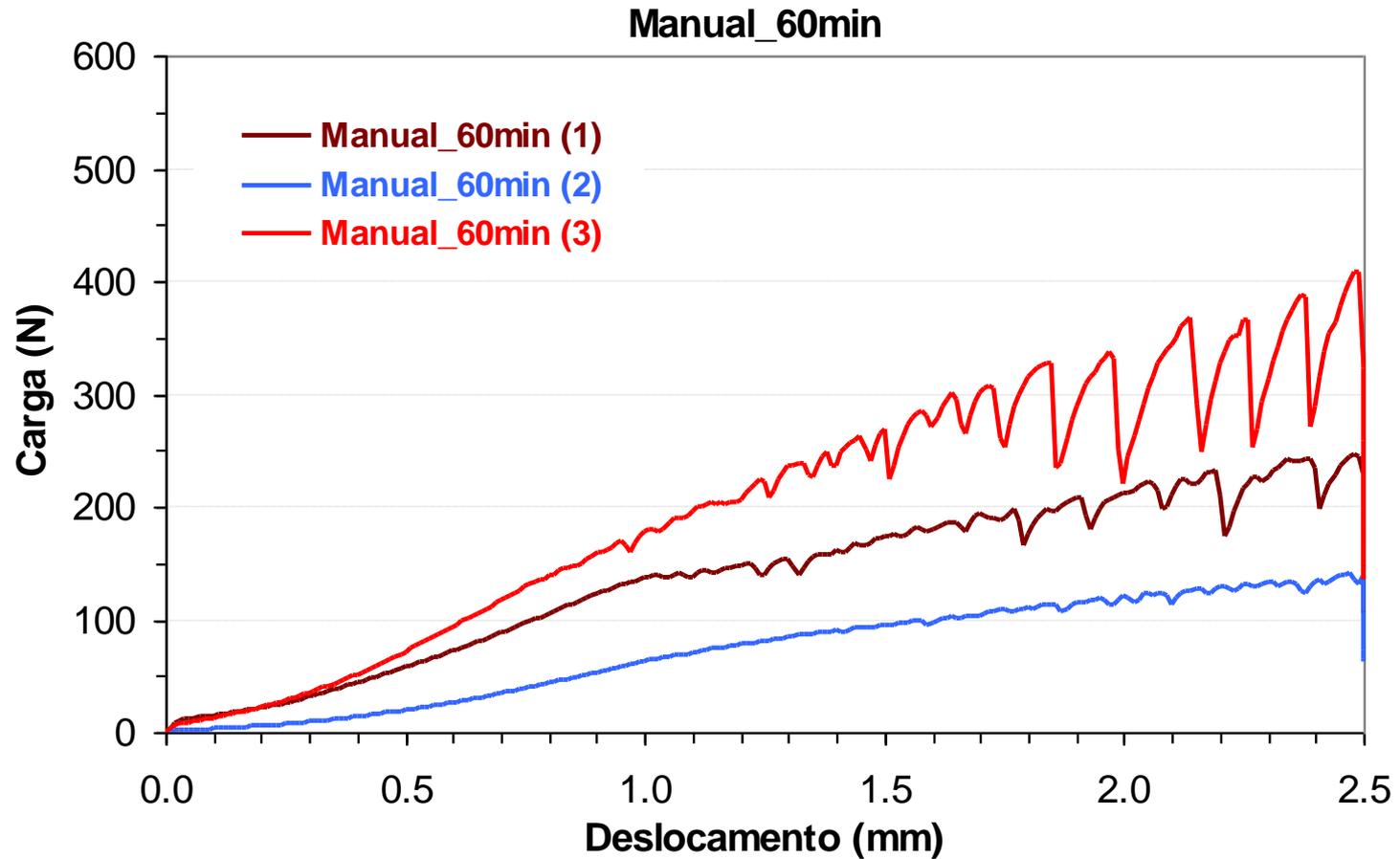
Fluidez



Exemplo 5

Acabamento superfície

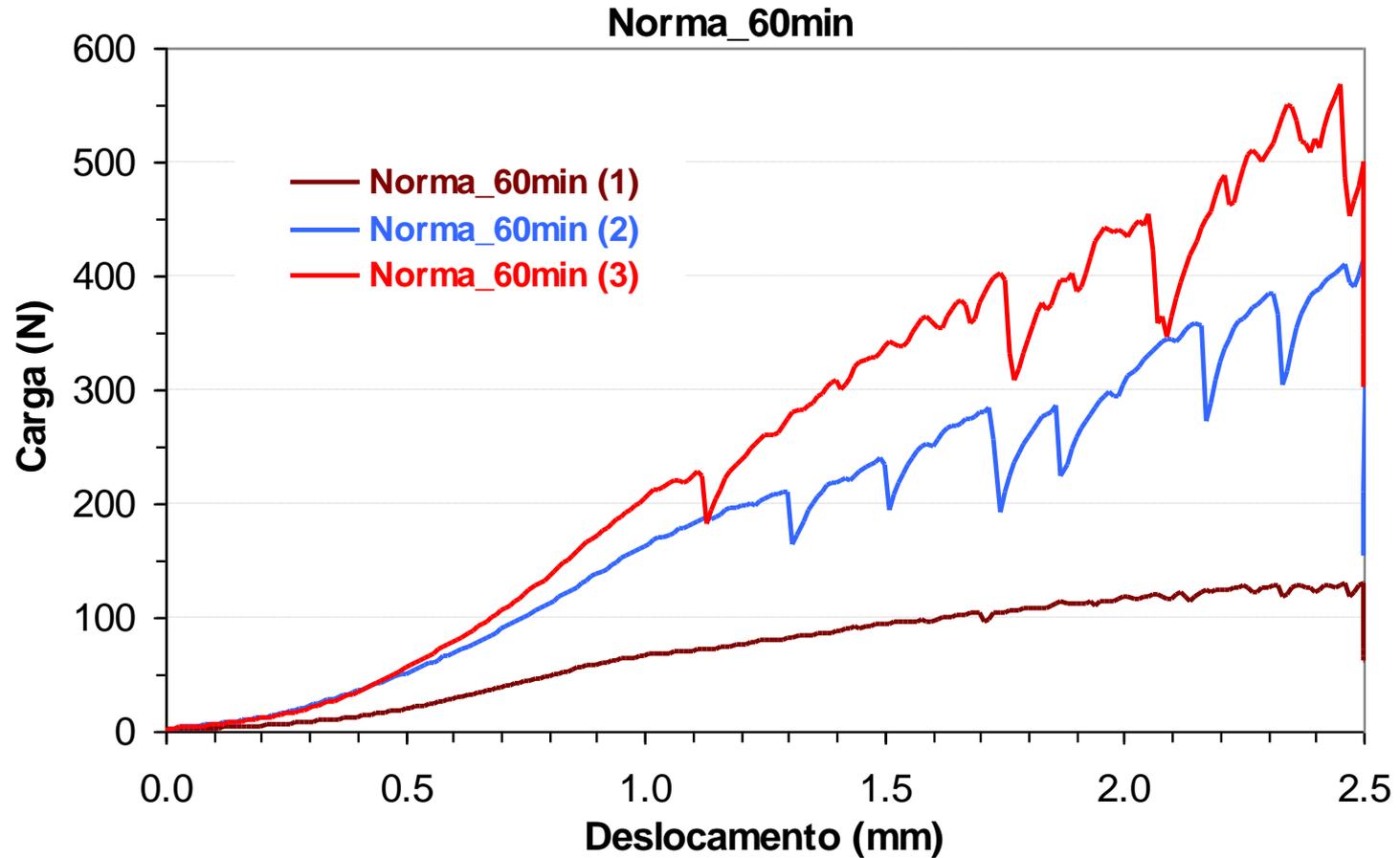
SQUEEZE FLOW



Exemplo 5

Acabamento superfície

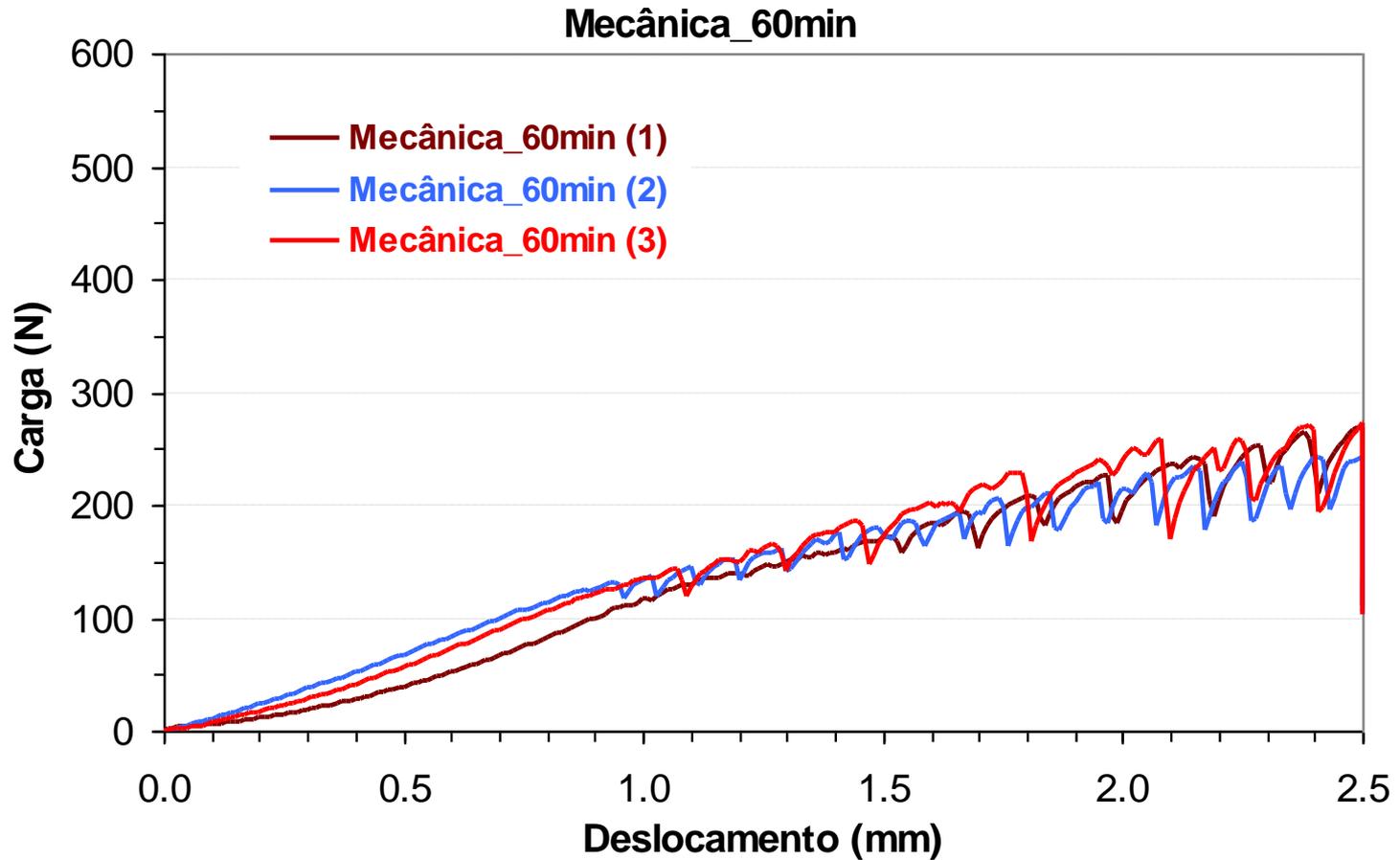
SQUEEZE FLOW



Exemplo 5

Acabamento superfície

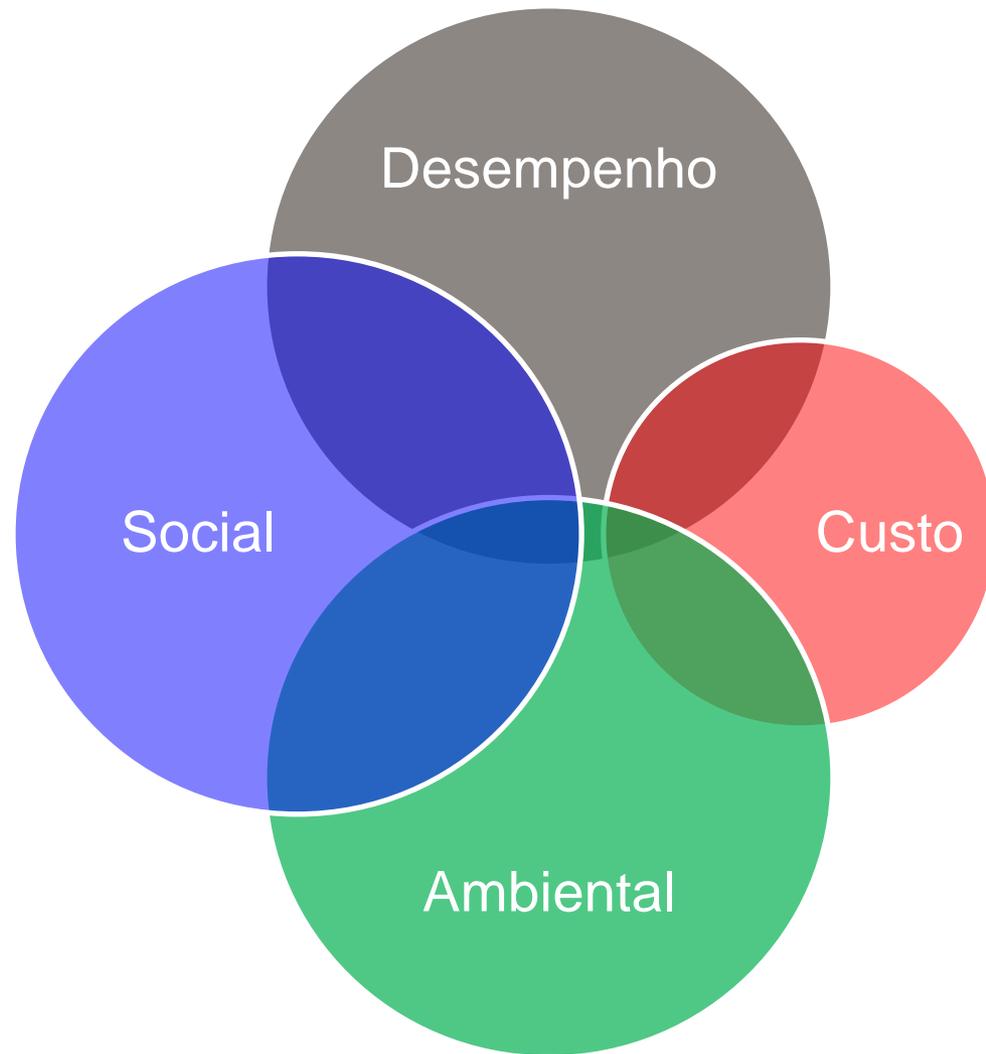
SQUEEZE FLOW



Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

LIÇÕES APRENDIDAS

A melhor solução de engenharia



RESISTÊNCIA

DURABILIDADE

ESTADO FRESCO !!!!!

ECO-EFICIÊNCIA !!!!!



**FALTA DE INFORMAÇÃO
REOLÓGICA**

**IMPACTA NO DESEMPENHO,
CUSTO, ECO-EFICIÊNCIA, ...**

Desafios reológicos rumo a concretos **eco-eficientes**

Estado Fresco

Mistura

Transporte

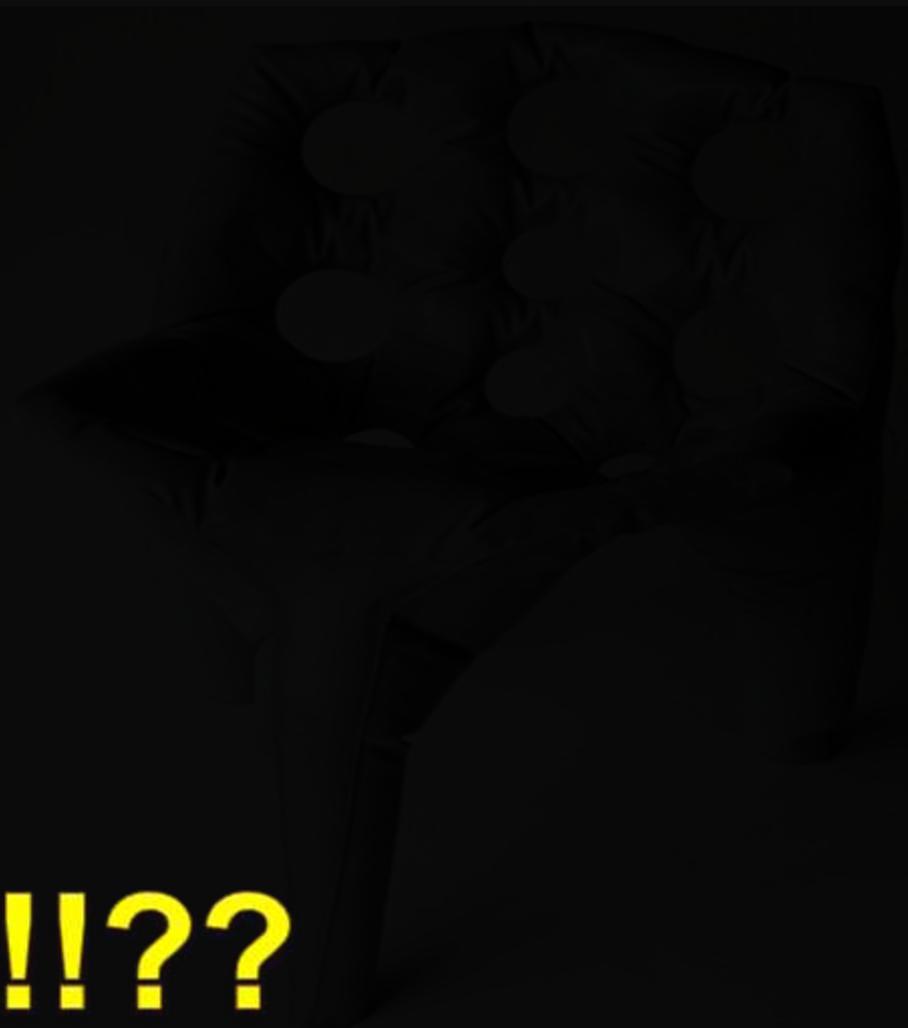
Aplicação

Acabamento

Avaliação completa

Desafios reológicos rumo a concretos eco-eficientes

OU !!???





OBRIGADO PELA ATENÇÃO

Rafael G. Pileggi
rafael.pileggi@poli.usp.br
(11) 30915442