



CONCRETO PROJETADO

Materiais constituintes e aditivos

Antonio Domingues de Figueiredo

Renan Pícolo Salvador

São Paulo, 23 de Julho de 2021.

- ✓ UNE 83607:2014
- ✓ OBV 2013 (Áustria)
- ✓ EFNARC (Specification for Sprayed Concrete)
- ✓ ACI 506
- ✓ Congresso Sprayed Concrete (Noruega)
- ✓ CBT

- ✓ Cimento
- ✓ Agregados
- ✓ Água
- ✓ Plastificante, SP, estabilizador de pega, aerador
- ✓ Aditivos aceleradores
- ✓ Adições
- ✓ Fibras

✓ Europa: Cimento II/A-L 42,5R (CPII F 32)

Cimento I 52,5R (CP V ARI)

✓ Brasil: CP II F 40, CP V ARI RS

Adição	% de substituição no CP
Sílica ativa	15
Cinza volante	30
Escória de alto-forno	30

- ✓ Finura
- ✓ Composição química
- ✓ Quantidade de C_3A
- ✓ Quantidade e forma do regulador de pega
- ✓ Relação C_3A/SO_3
- ✓ Adições

O que levar em consideração?

- ✓ Aditivos atuam na pasta, mas seu efeito é observado no concreto
- ✓ Aditivos não transformam um concreto ruim em um concreto bom
- ✓ O caminho mais correto e econômico para uma construção começa com um bom projeto

Superplastificante

Incorporador
de ar

Acelerador

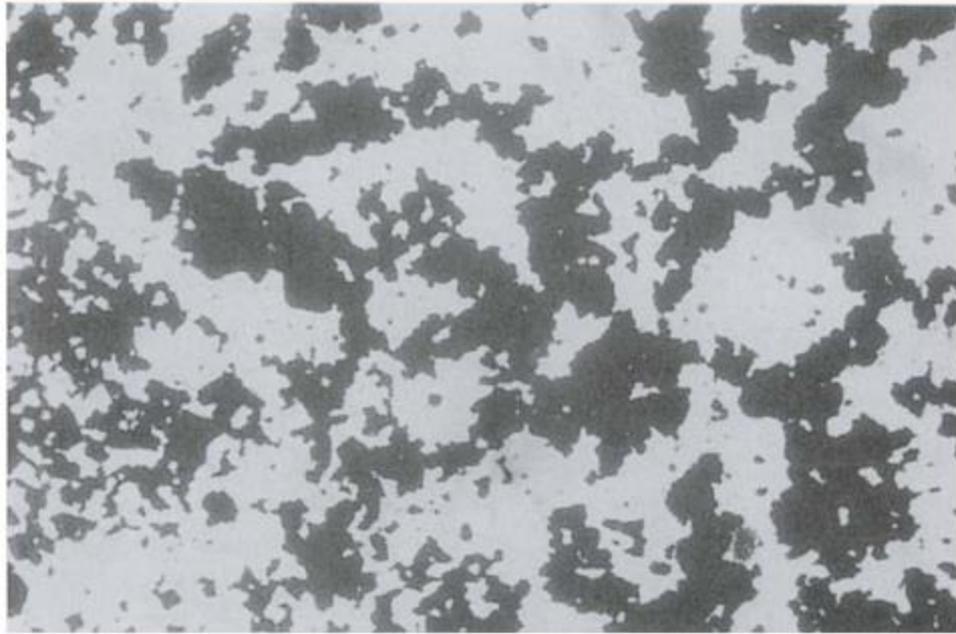
Compensador
de retração

Aditivo para
moagem

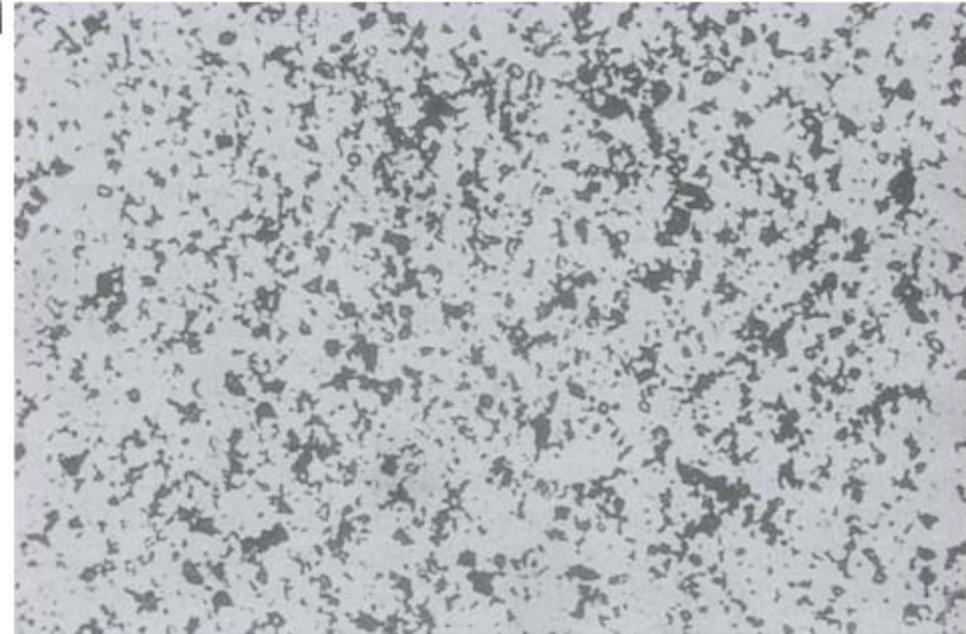
Modificador de
viscosidade

Inibidor de
corrosão

<https://www.youtube.com/watch?v=CSZxjQwDKFo>



Dispersante



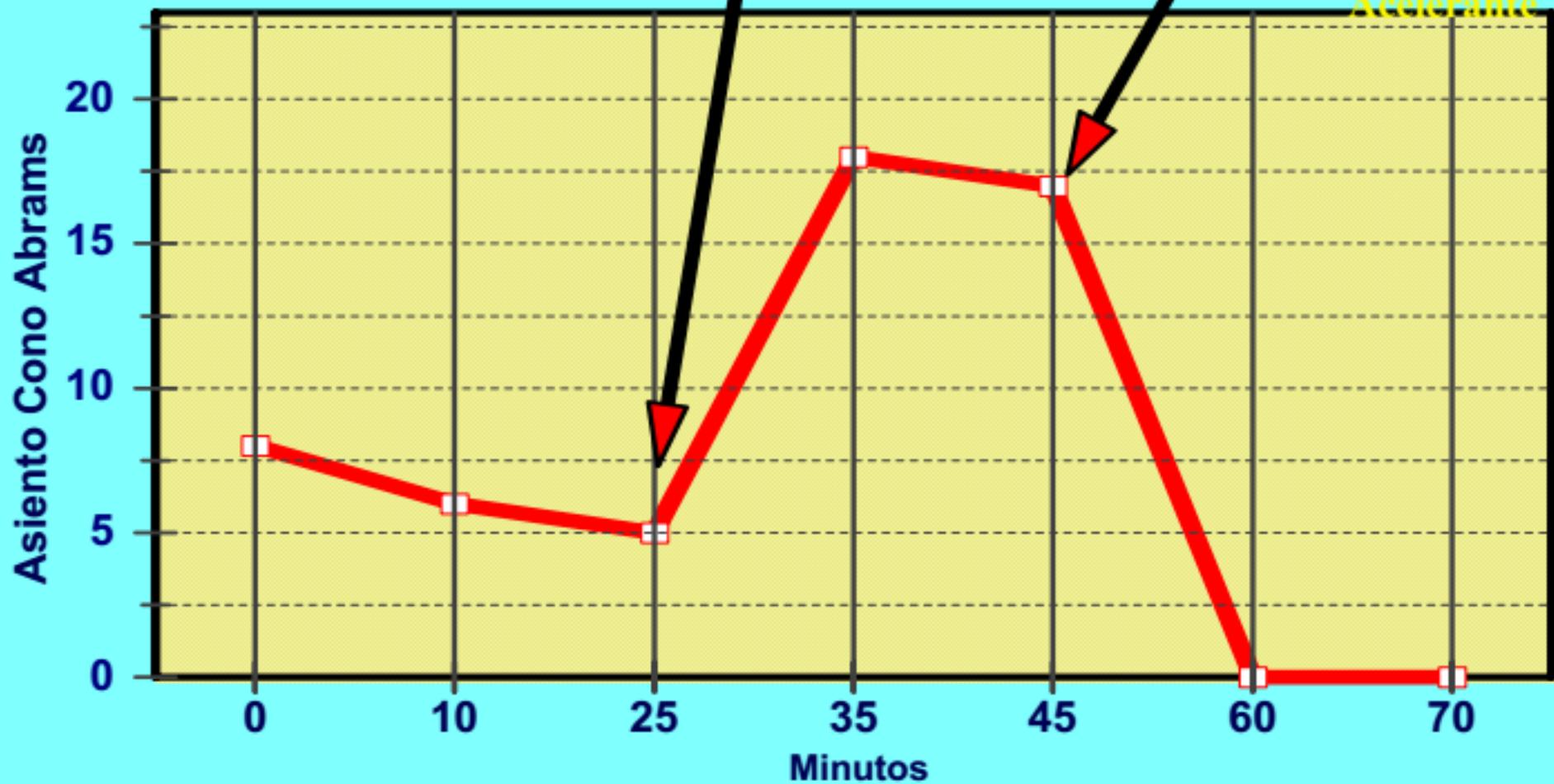
MEZCLA TRANSPORTE

PROYECCION

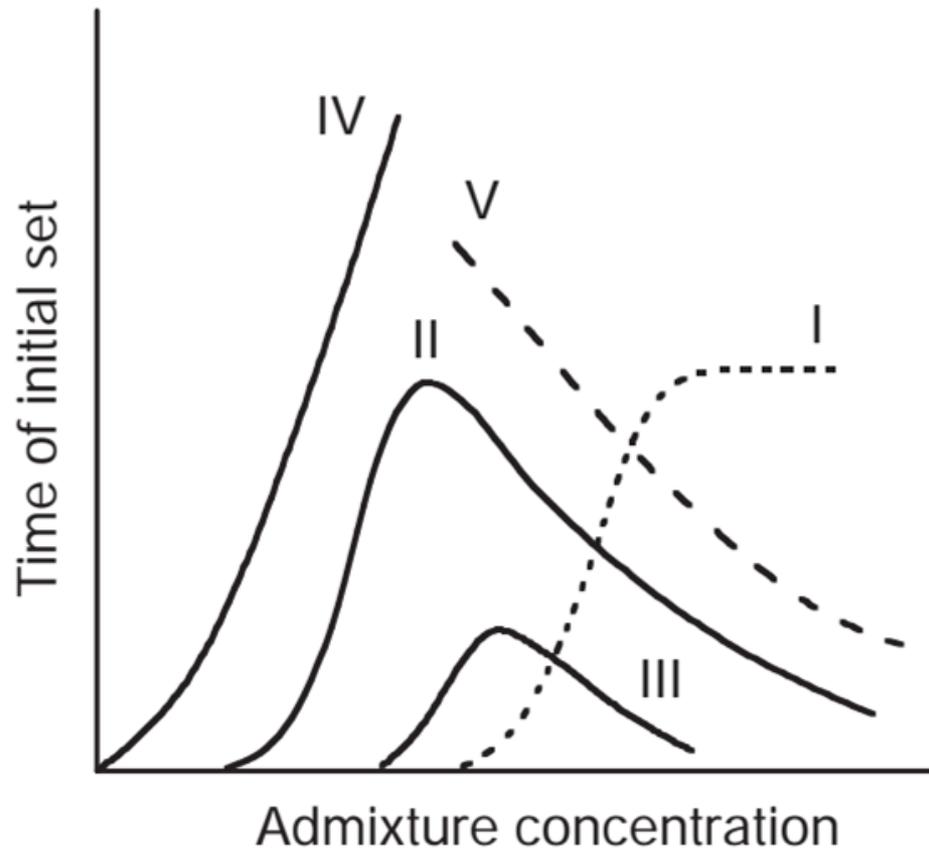
Adición Superplastificante

Adición

Acelerante



- ✓ Na maioria, compostos por sais solúveis em água, que modificam o equilíbrio iônico da água de amassamento
- ✓ Aceleradores de uso geral: sais de sódio
- ✓ Retardadores de uso geral: tensoativos e açucars (estabilizadores de pega)
- ✓ Aceleradores da hidratação de silicatos (sais de cálcio) ou de aluminatos (sais de alumínio)
- ✓ Retardadores da hidratação de silicatos (fosfatos e fluoretos) ou de aluminatos (sais de alumínio)



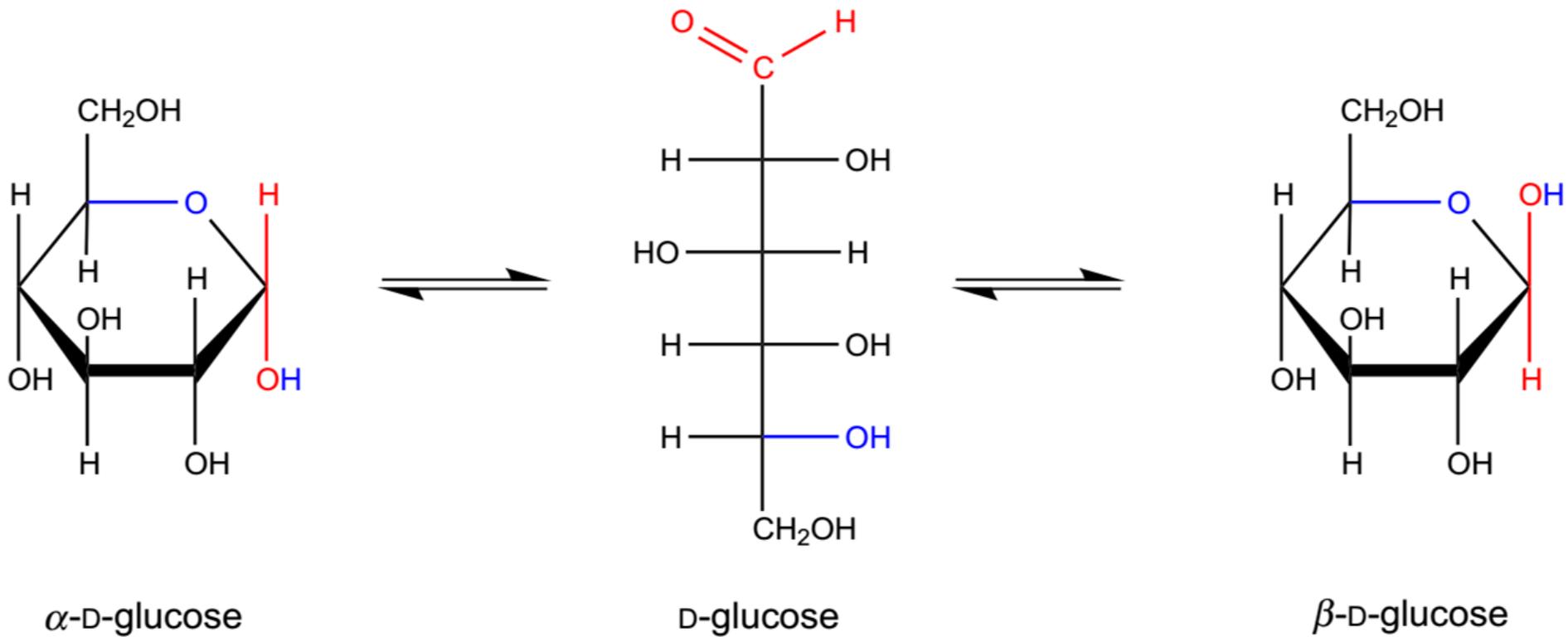
I: sulfatos de cálcio, sódio e potássio

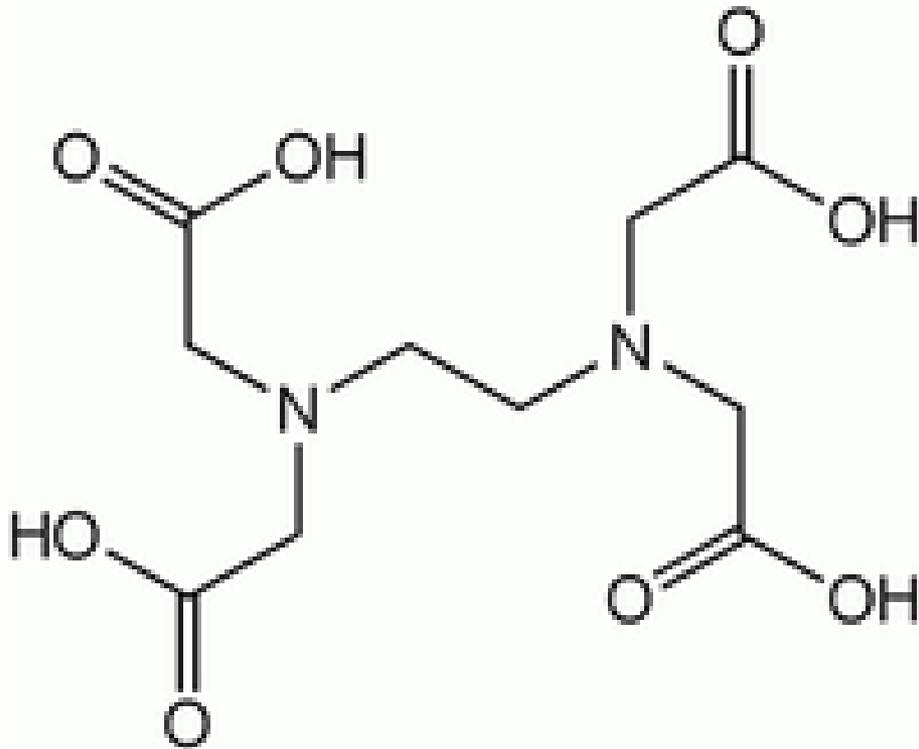
II: Sais solúveis de cálcio (cloreto, nitrato), sulfato de alumínio e aluminato de sódio de potássio

III: Carbonatos e silicatos de sódio e potássio

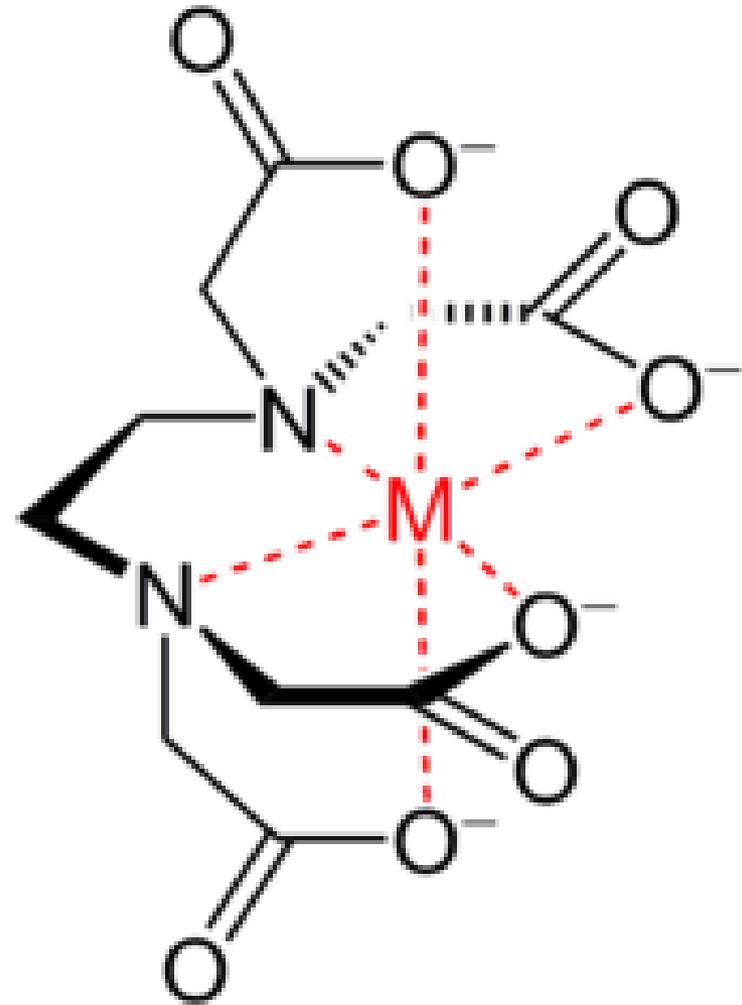
IV: Tensoativos, açucares, fosfatos, oxalatos e fluoretos de sódio, sais de chumbo e zinco.

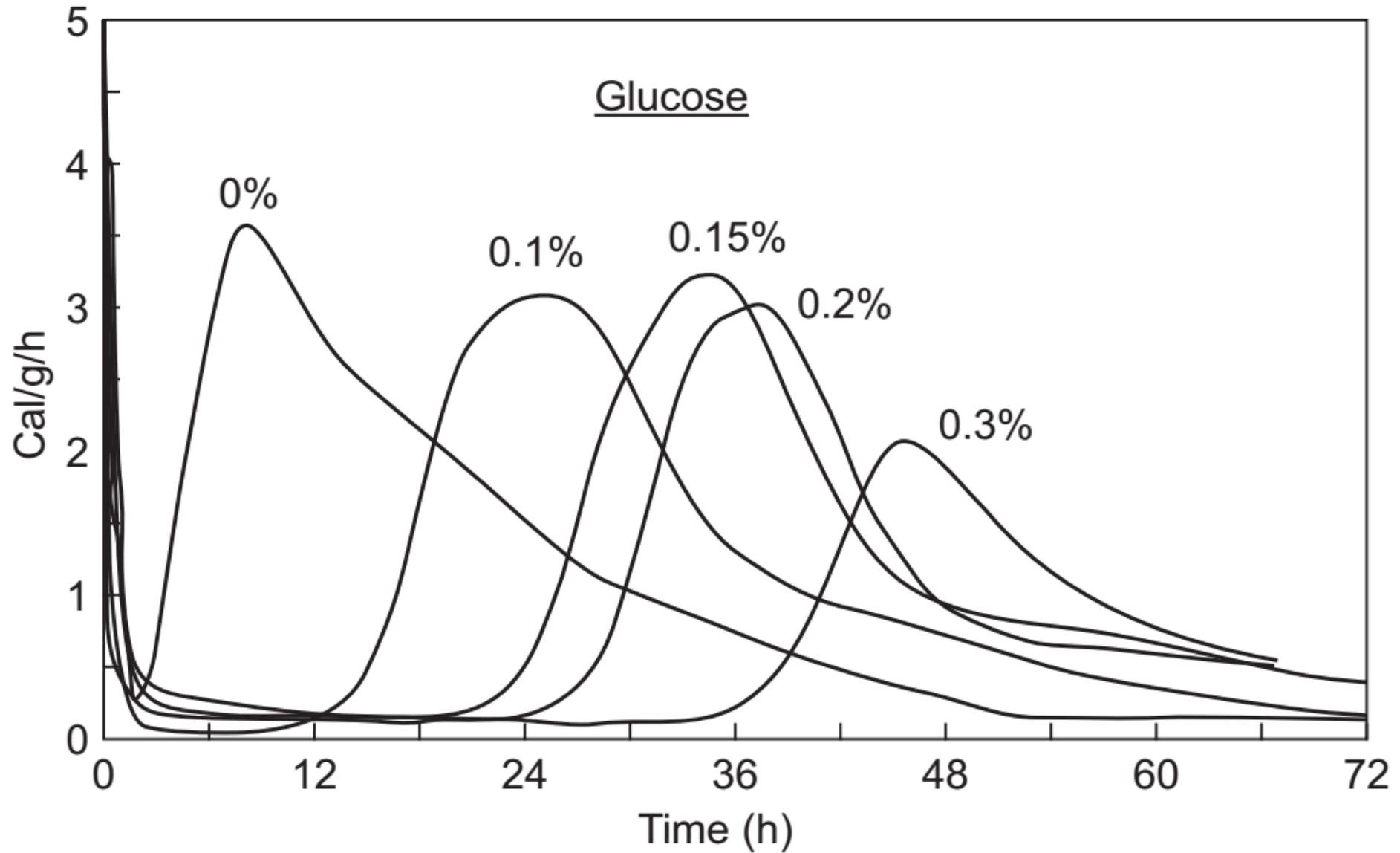
V: Formiato de cálcio e trietanolamina

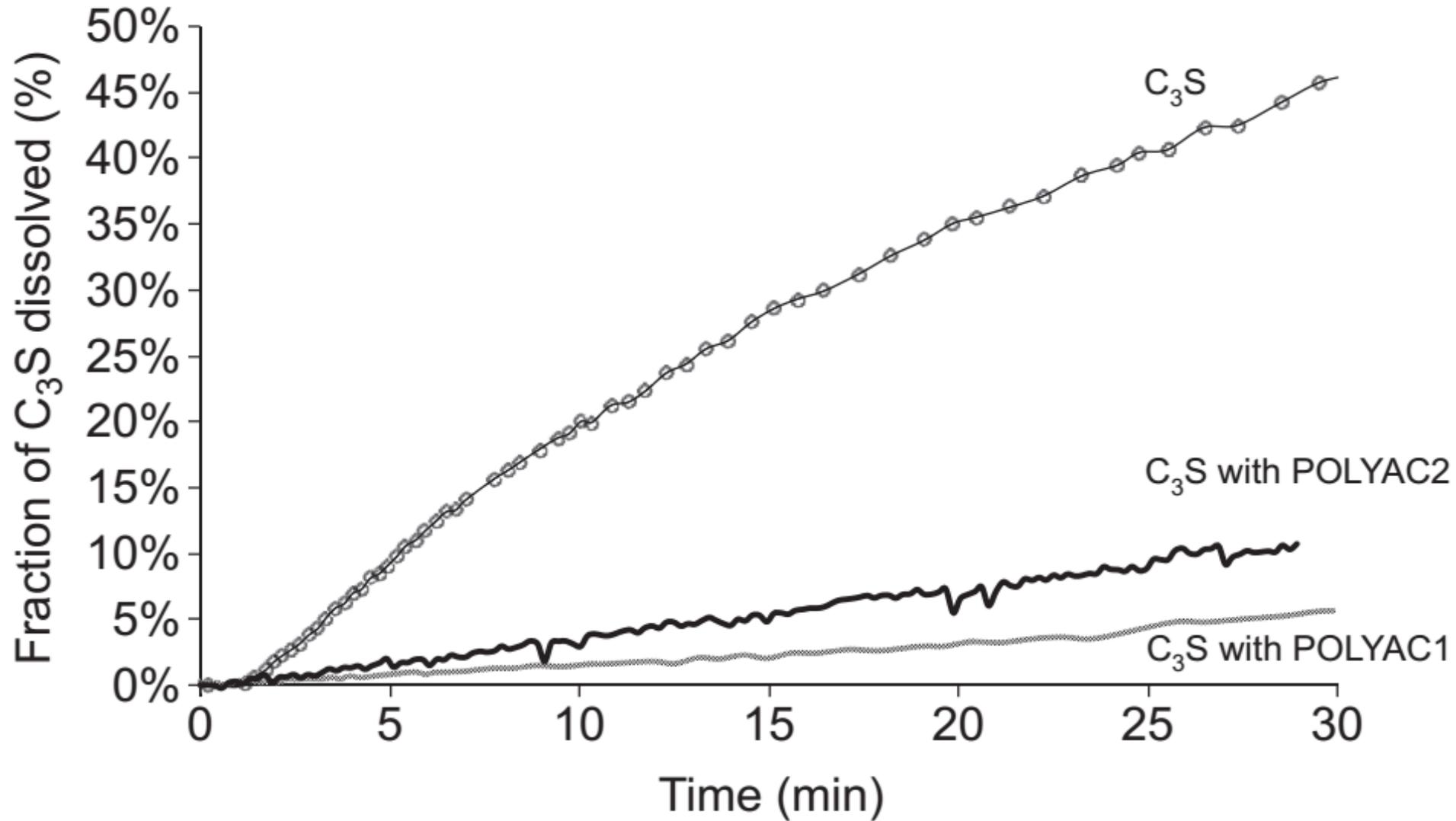




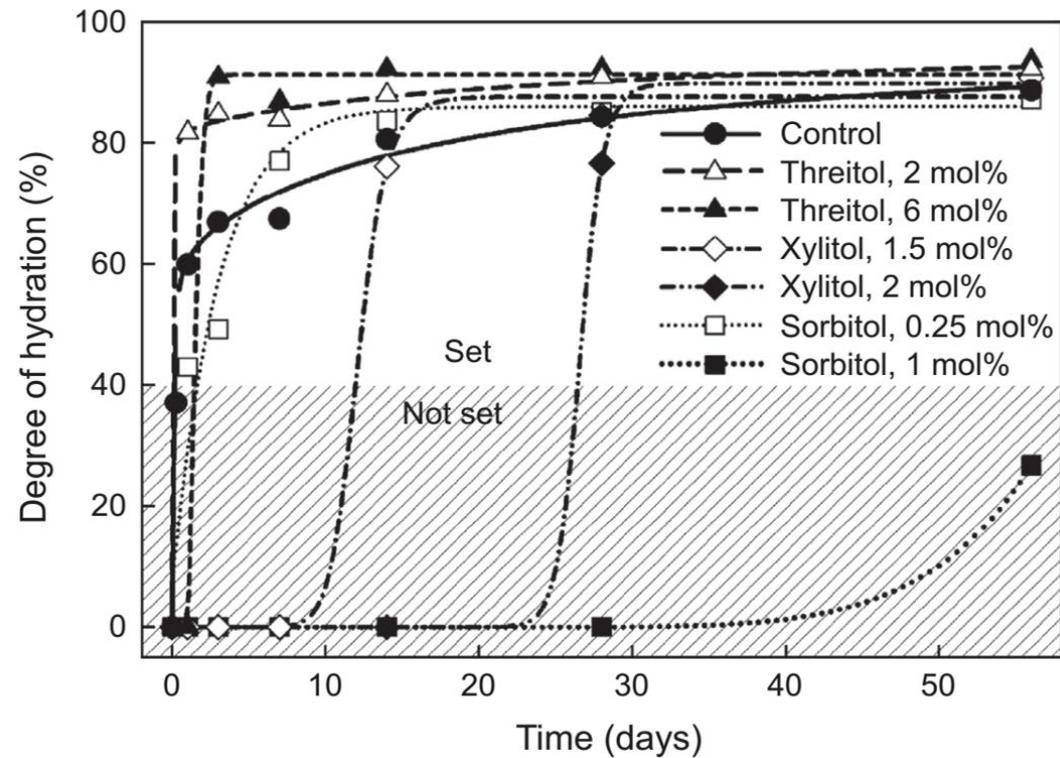
EDTA

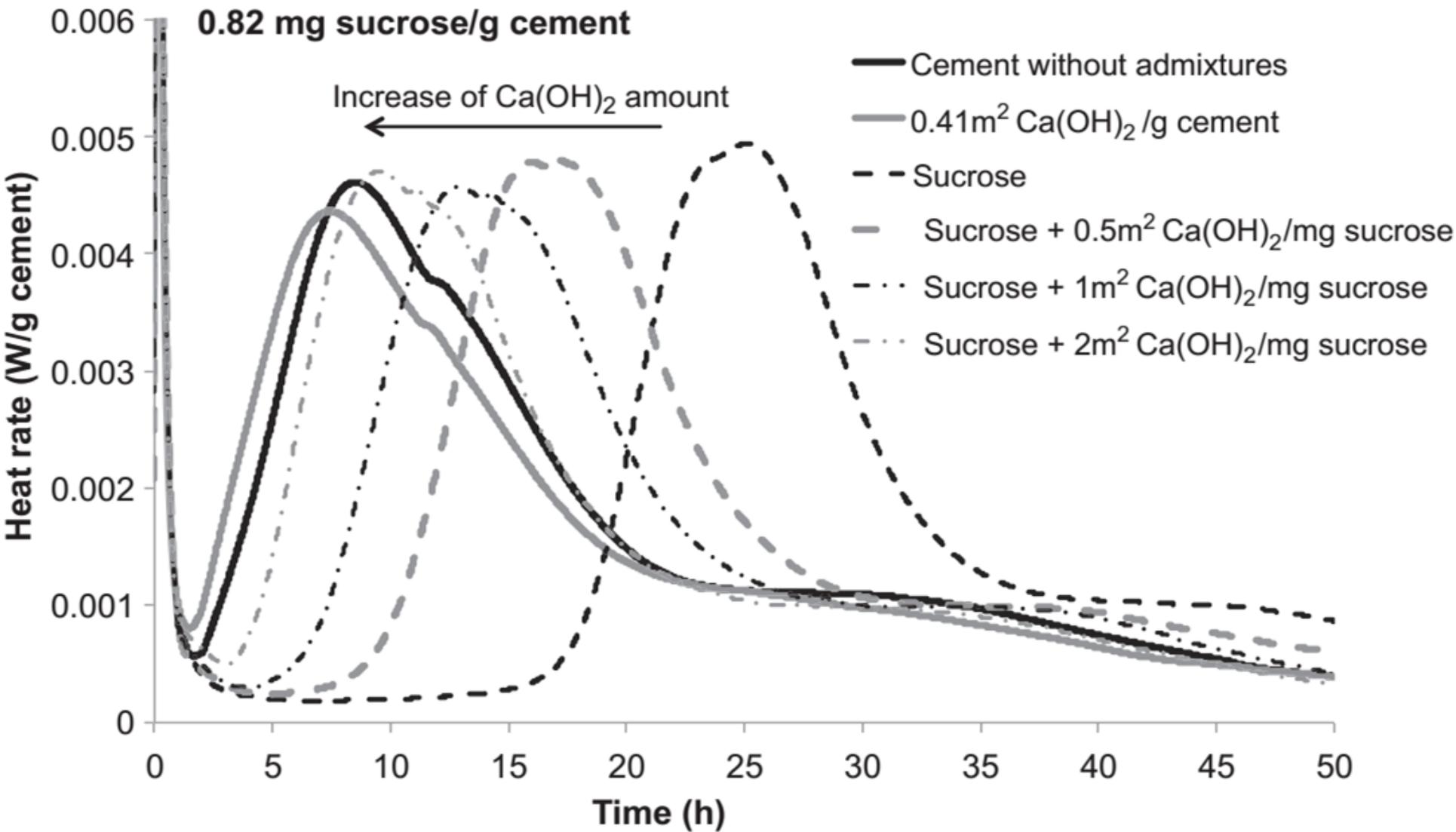




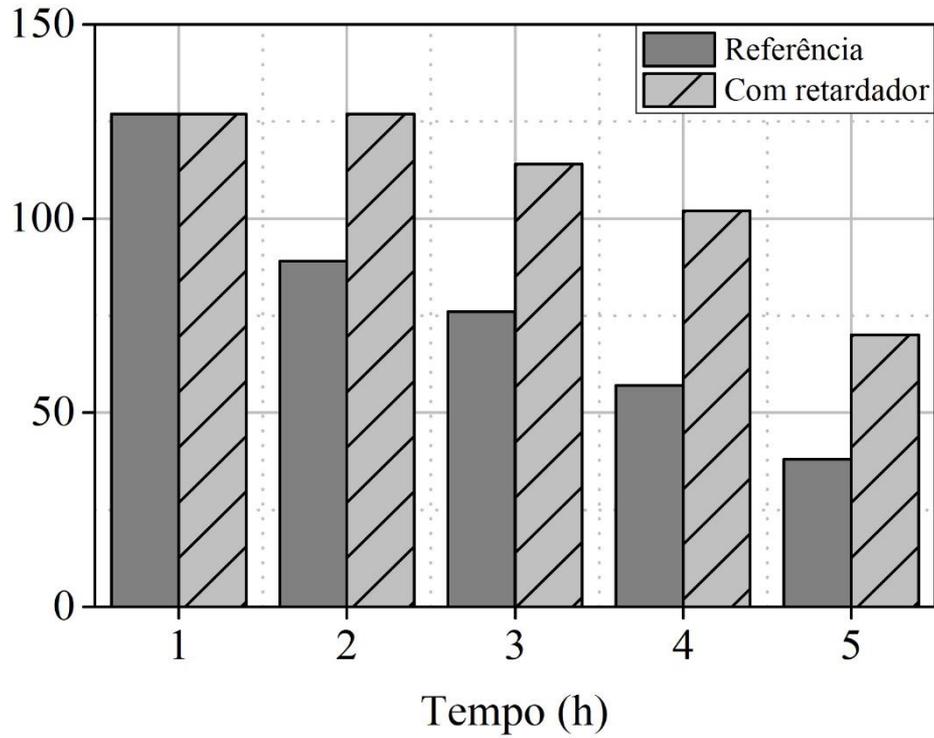


	Additive	Concentration		Days to reach 40% hydration
		mol%	wt%	
Erythritol (0) ^a	<chem>OCC(O)C(O)CO</chem>	—	—	0.3
		1.9	1.0	0.3 ^b
Adonitol (0)	<chem>OCC(O)C(O)C(O)CO</chem>	1.5	1.0	0.3 ^b
Threitol (1)	<chem>OCC(O)C(O)CO</chem>	2.0	1.1	<0.3 ^c
		4.0	2.1	<0.3 ^c
		6.0	3.2	1.5 ^c
Arabitol (1)	<chem>OCC(O)C(O)C(O)CO</chem>	2.0	1.3	1.5 ^c
		4.0	2.7	Ca. 20
		6.0	4.0	>56
Mannitol (1)	<chem>OCC(O)C(O)C(O)C(O)CO</chem>	1.3	1.0	2 ^c
Xylitol (2)	<chem>OCC(O)C(O)C(O)CO</chem>	0.50	0.33	<0.3
		1.0	0.67	2
		1.0	Ca. 10	
		2.0	1.3	Ca. 20
Sorbitol (2)	<chem>OCC(O)C(O)C(O)C(O)CO</chem>	0.25	0.20	0.5 ^d
		0.50	0.40	2 ^d
		1.0	0.80	>56
Sucrose	<chem>O[C@@H]1[C@H](O[C@H]2[C@@H](CO)O[C@H](CO)O2)O[C@H](CO)O[C@H](CO)O1</chem>	0.025	0.037	2 ^d
		0.10	0.15	>56

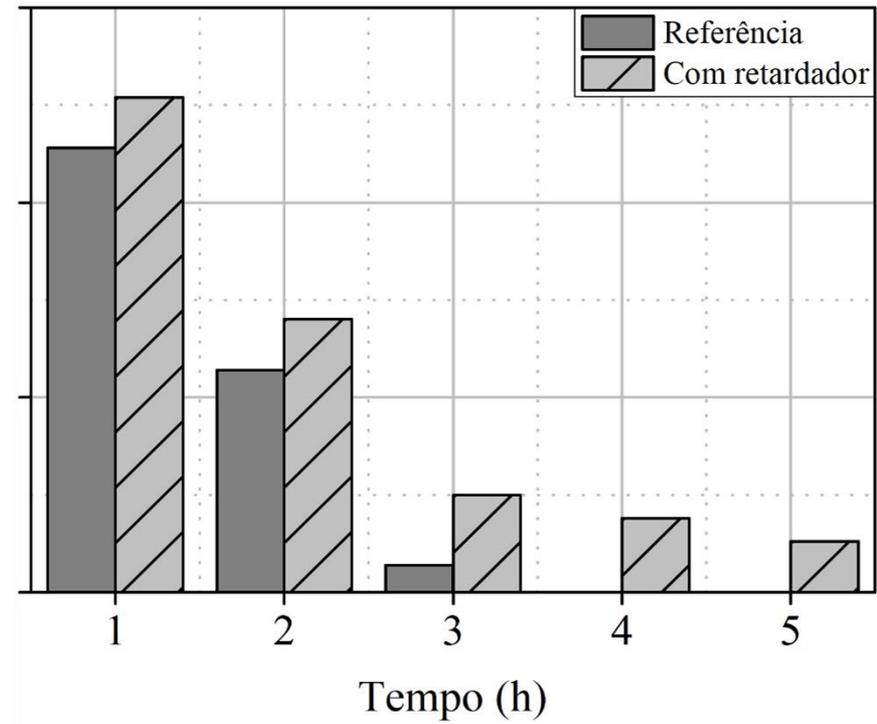


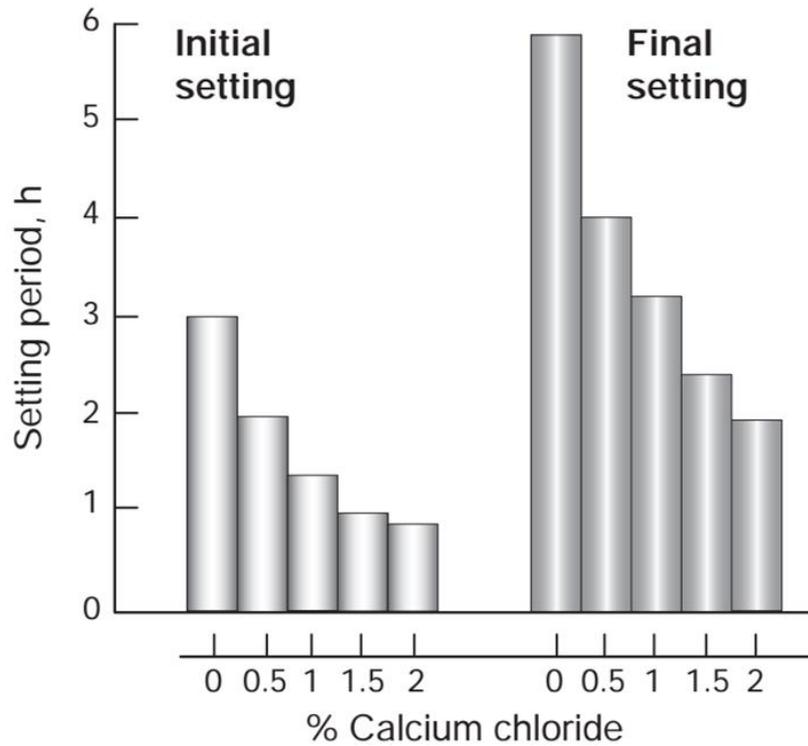


23° C



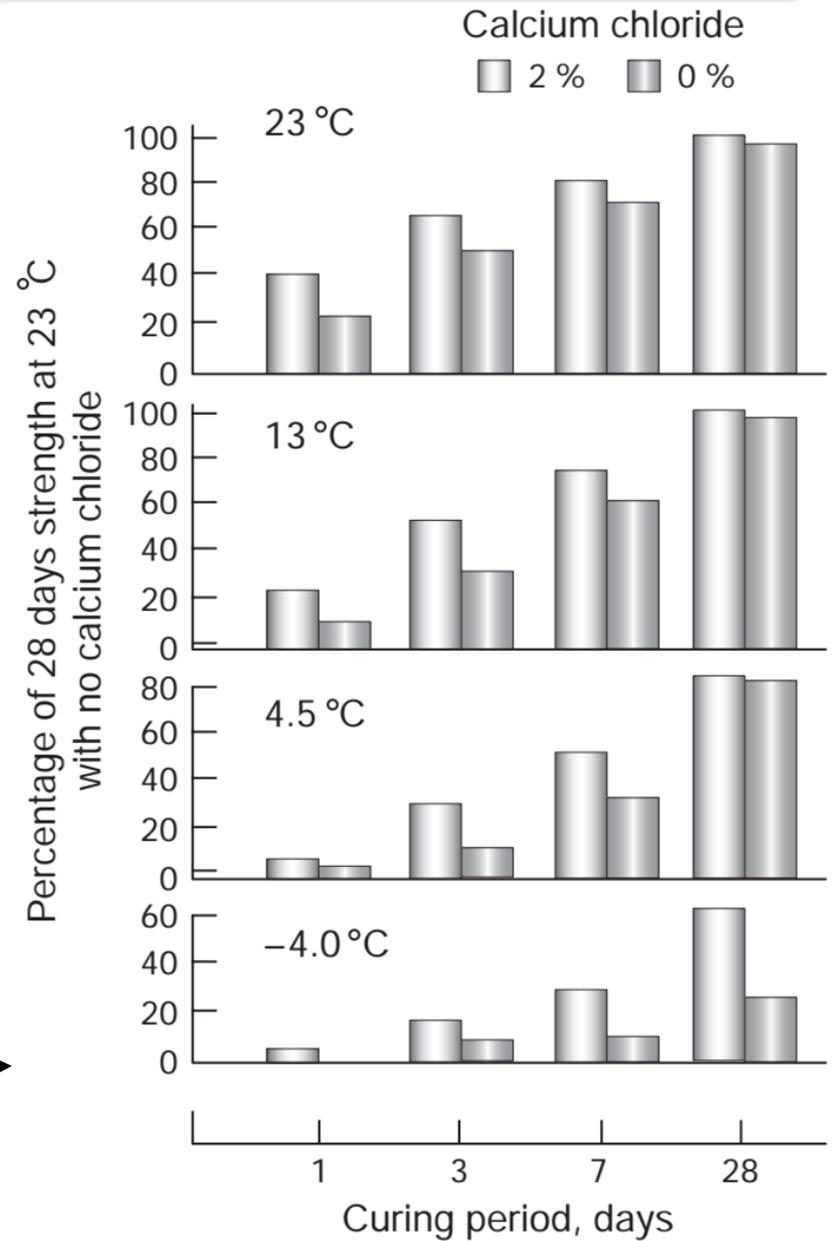
40° C



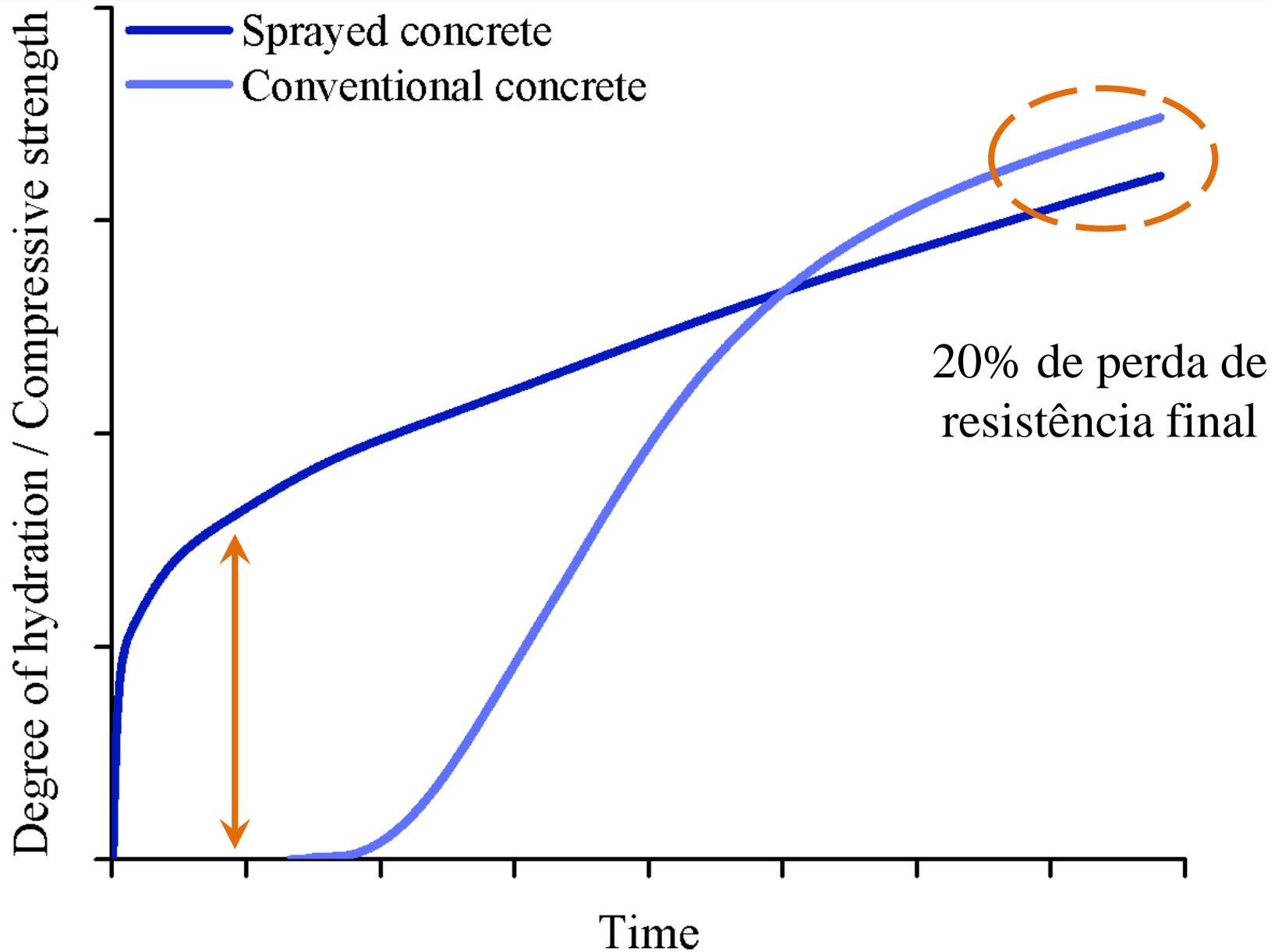


Acelerador de pega

Acelerador de endurecimento



- ✓ Diminuir o tempo de pega e o tempo necessário para dar acabamento no elemento
- ✓ Aumentar a taxa de ganho de resistência mecânica, para remoção das formas em menor tempo
- ✓ Reforços estruturais (questões de segurança)
- ✓ Aplicação de concreto em superfícies verticais



- ✓ Aceleradores de pega
- ✓ Aceleradores de endurecimento

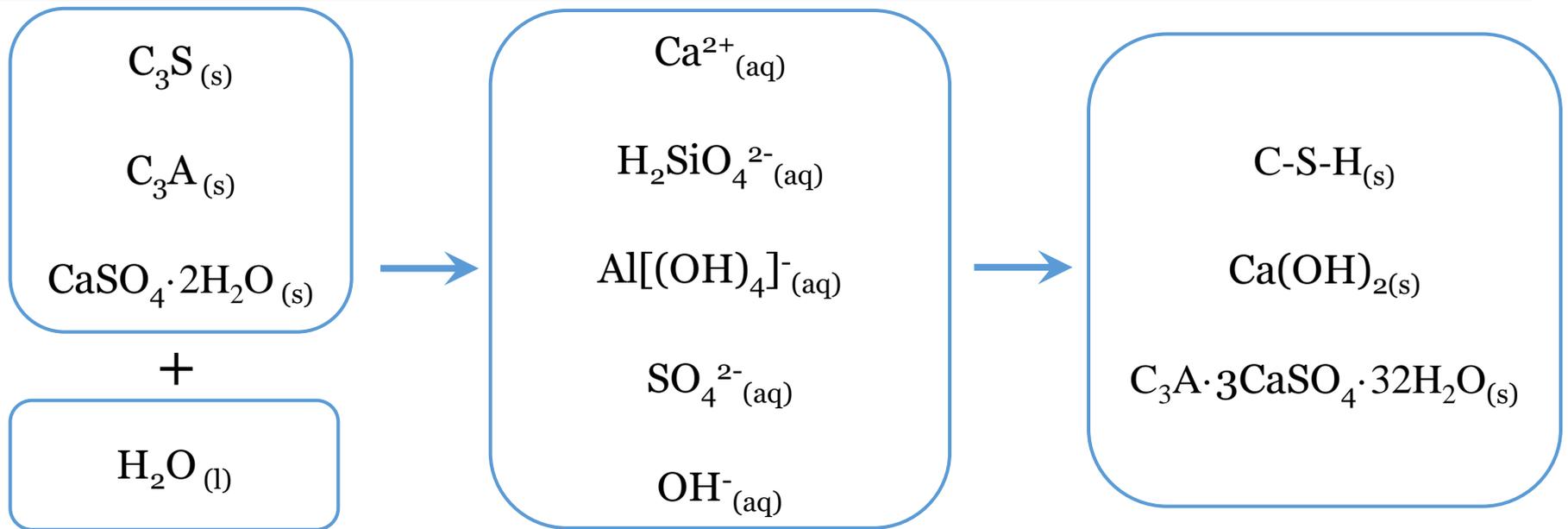
Composição	Modo de ação	Dosagem (% smc)	Desvantagem
Carbonatos de metais alcalinos	Aceleram a hidratação da alita	2,5 - 6,0	Perda de resistência última (30 - 40%)
Silicatos de metais alcalinos	Precipitação de C-S-H	> 10,0	Não promove alto ganho de resistência inicial
Aluminatos de metais alcalinos	Formação de etringita e AFm	2,0 - 5,0	Perda de resistência última (20 - 25%), alto teor de álcalis
Sulfato de alumínio (livre de álcalis)	Formação de etringita	3,0 - 10,0	Não promove resistência inicial como os aluminatos

Item	Sulfato de alumínio	Aluminato de sódio
Fonte de alumínio	Sulfato de alumínio, hidróxido de alumínio	Hidróxido de alumínio
Solubilizante	Ácido (fórmico, fosfórico, acético)	Hidróxido de sódio
Relação $\text{Al}^{3+}/\text{SO}_4^{2-}$	0,40 - 0,65	-
pH	2 - 3	12
% de sólidos	45 - 50	38 - 40

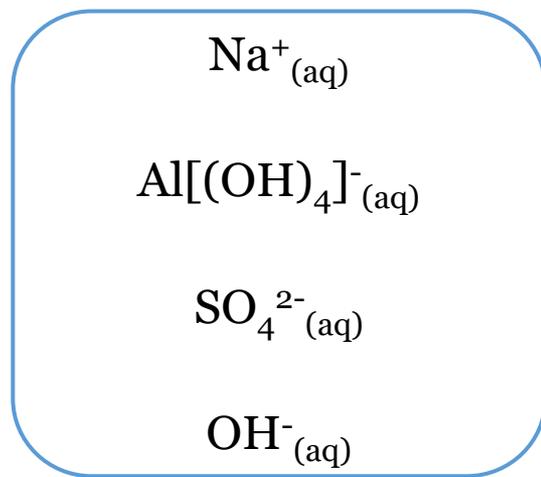
Como definir qual cimento e acelerador utilizar?

A compatibilidade entre cimento e acelerador é o
princípio químico fundamental para o
desenvolvimento de resistência mecânica!

Teste de campo obrigatório!

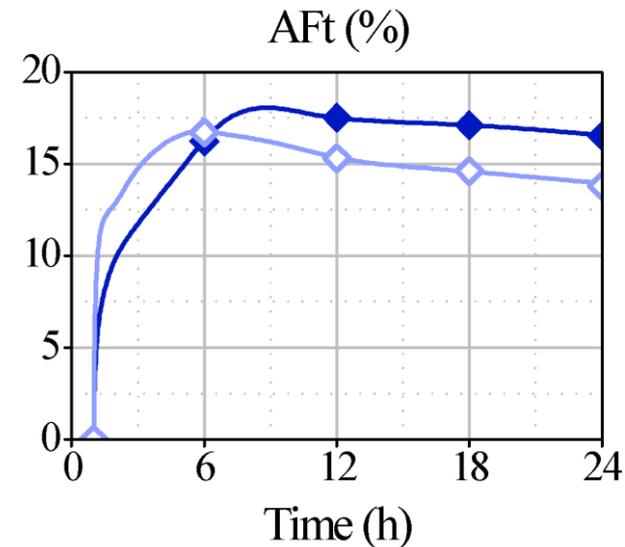
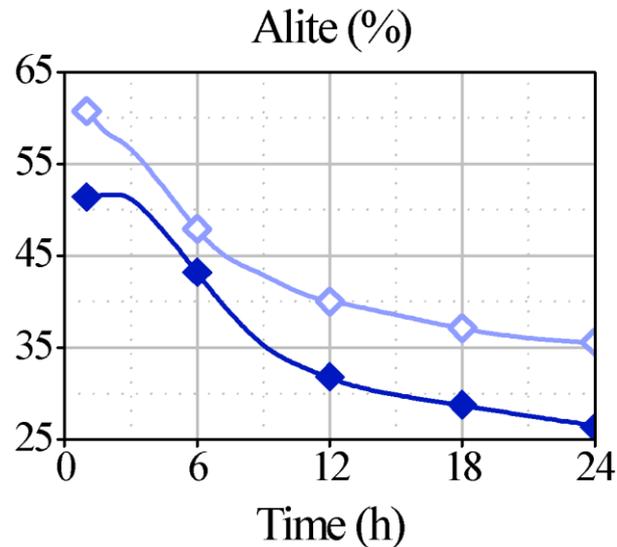
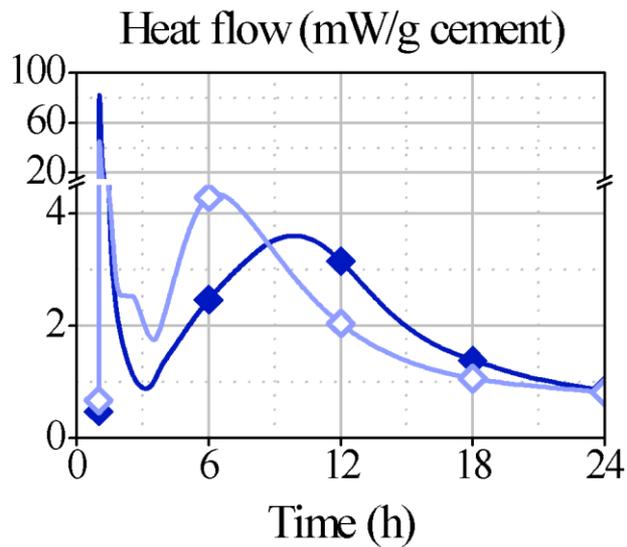
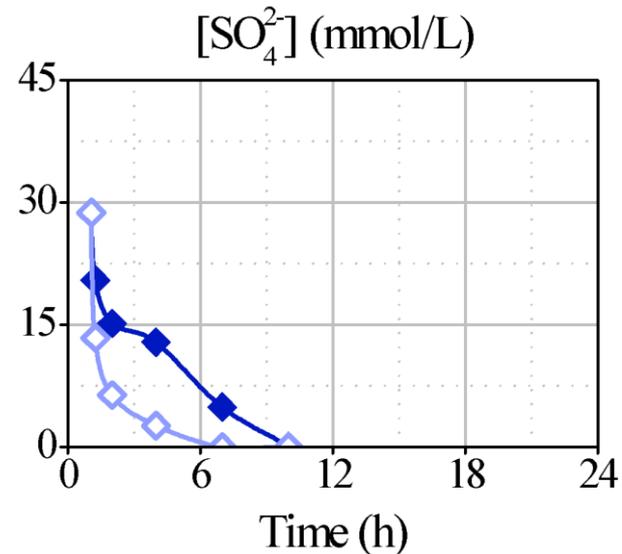
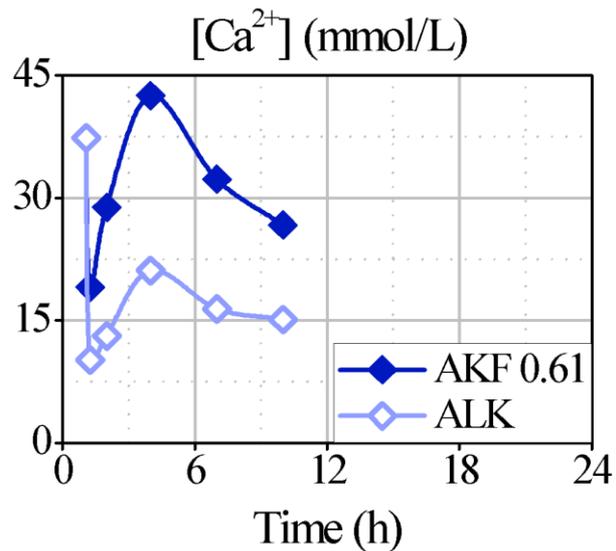


Acelerador



?

- ✓ Dosagem de acelerador
- ✓ Relação Al^{3+}/SO_4^{2-} acelerador
- ✓ Relação C_3A/SO_3 cimento
- ✓ Relação Al^{3+} acelerado / SO_4^{2-} dissolvido no meio

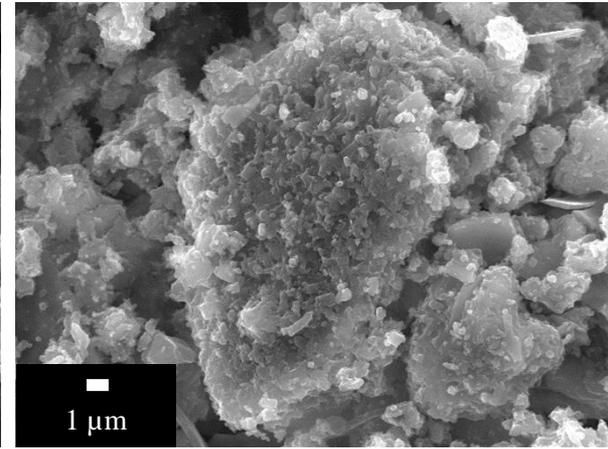
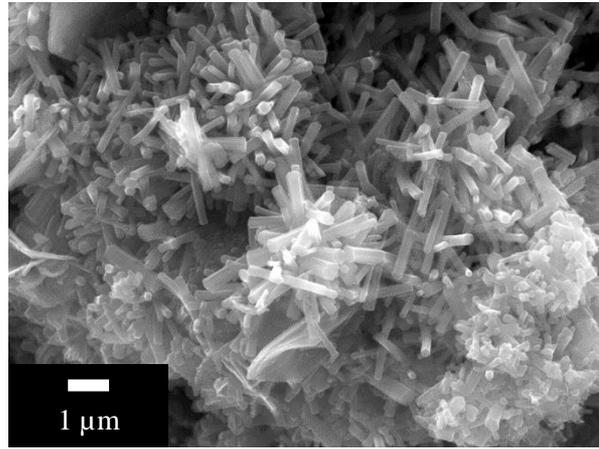
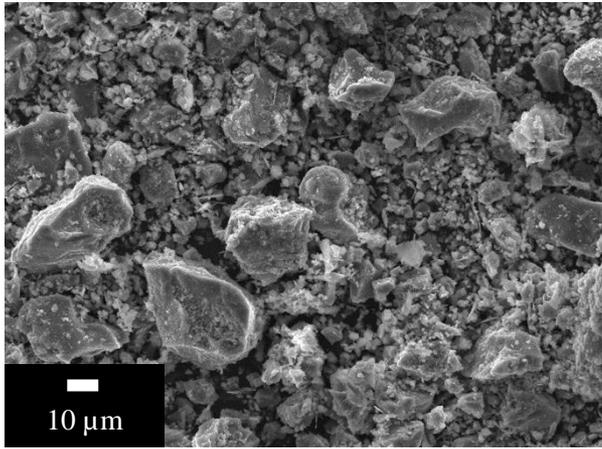


Sem acelerador

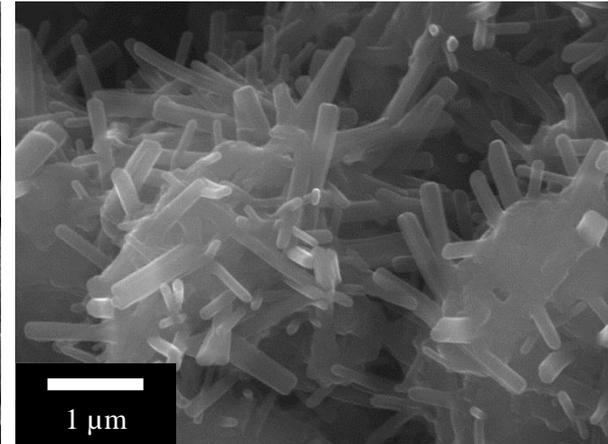
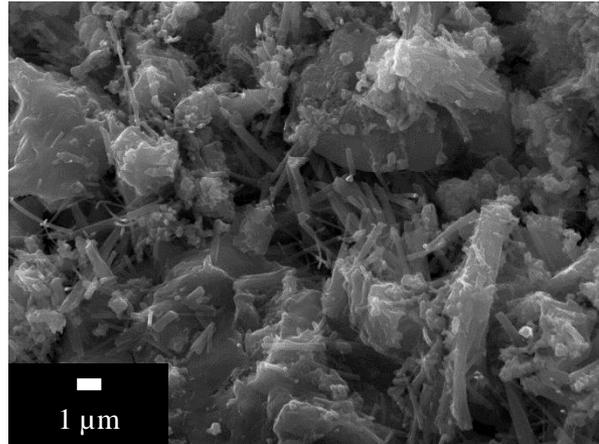
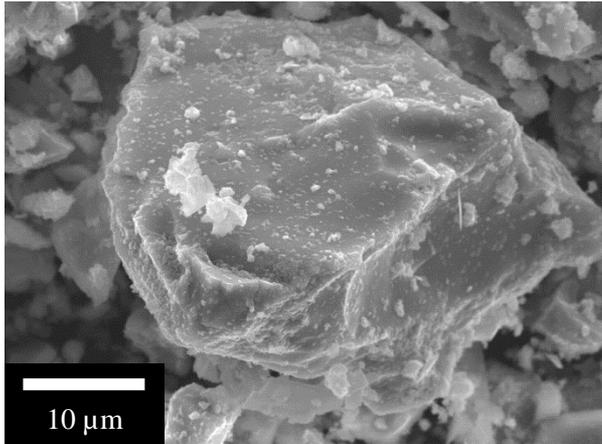
Acelerador livre de álcalis

Acelerador alcalino

15 min



3 h



Como o processo de mistura influencia a
cinética de hidratação?

Caracterização mecânica



Procedimento experimental

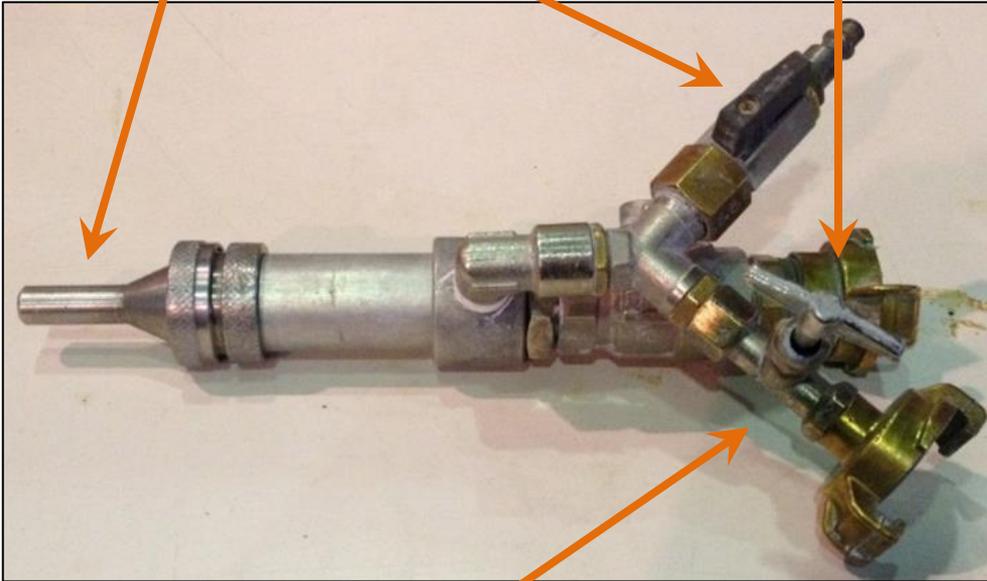
Outlet of
sprayed paste

Inlet of
compressed air

Inlet of
cement paste

Inner diameter:
6.0 mm

Base diameter:
14.0 mm



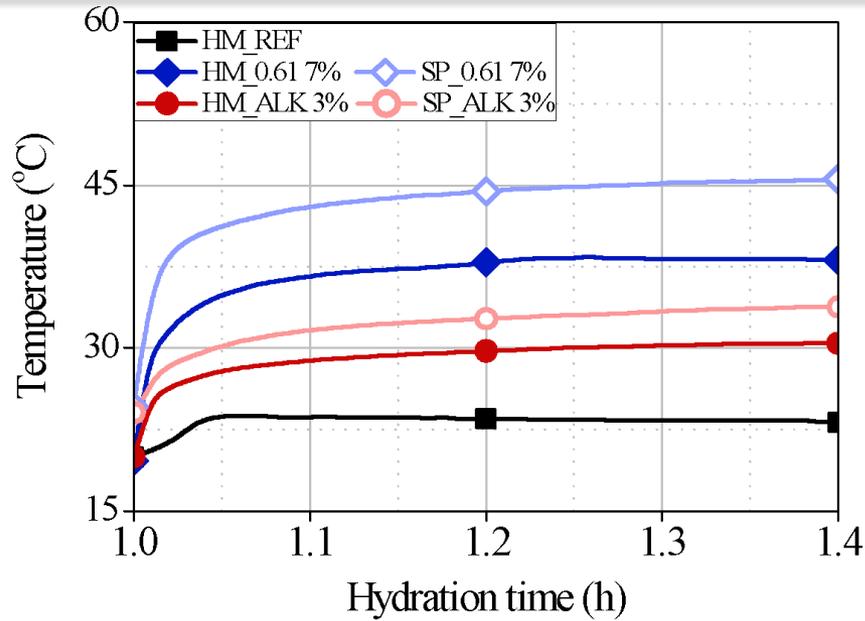
Inlet of
accelerator



Ext. cylinder.
Height: 30.0 mm



Inlet of accelerator and
compressed air

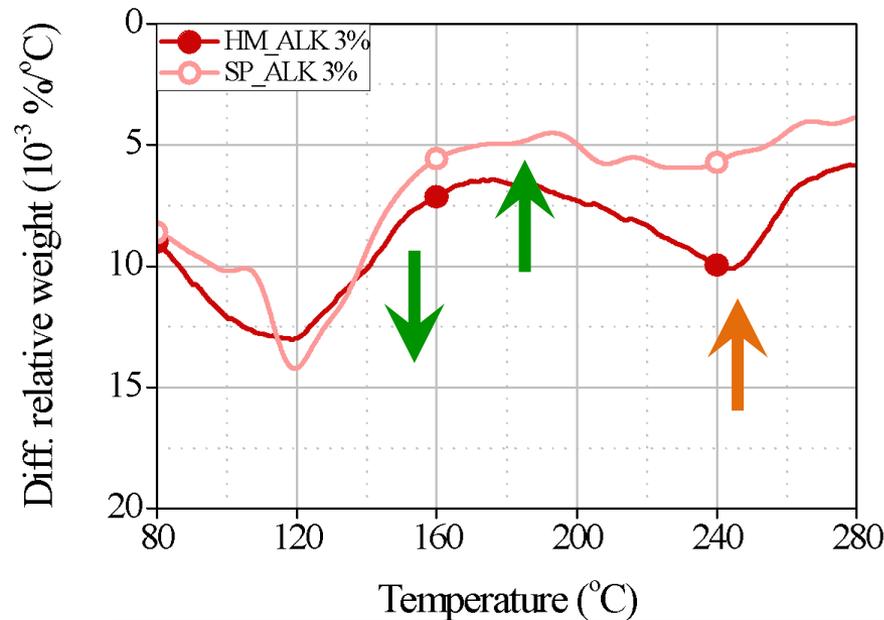


$T > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$

↑ solubility C_3A

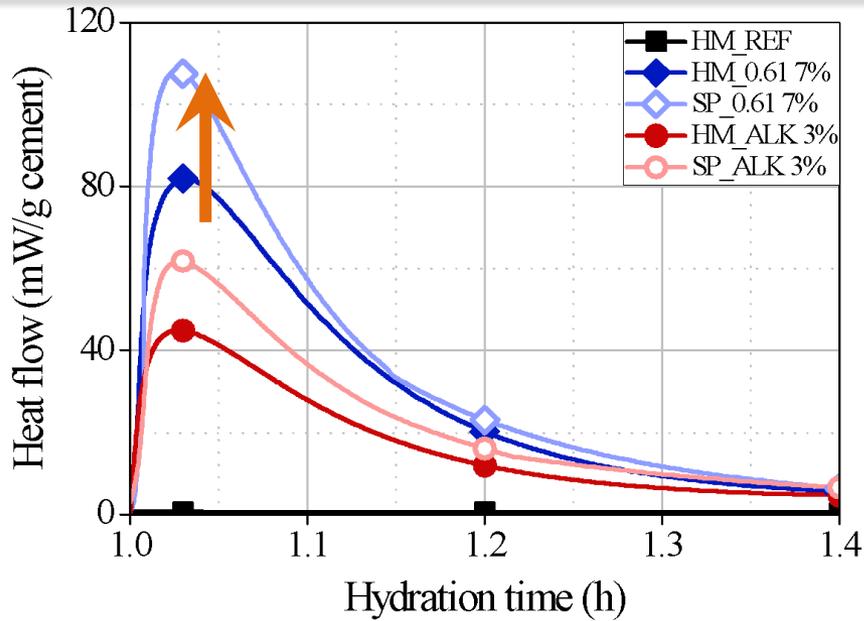
↓ solubility gypsum

AFm phases

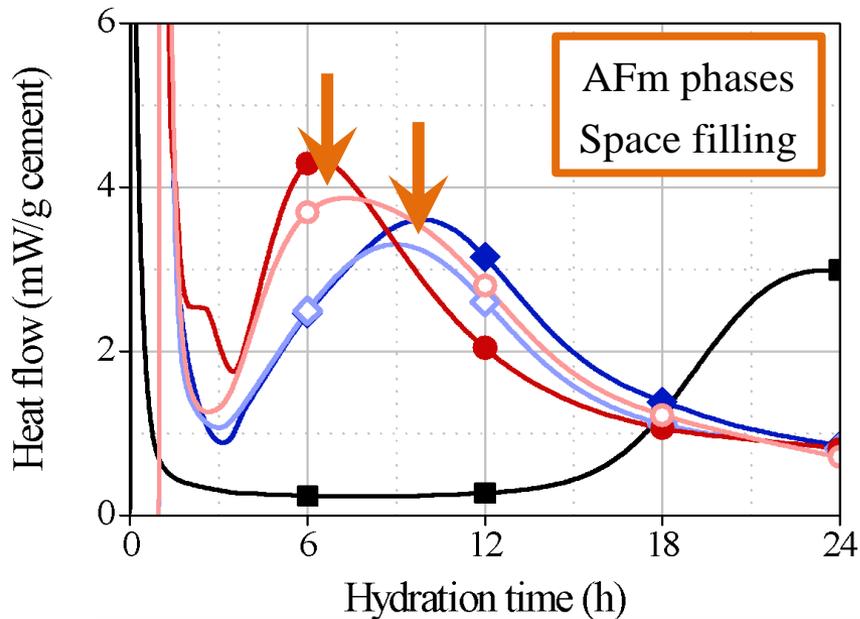


Monosulfoaluminate

Aluminum hydroxide
(column in ettringite)



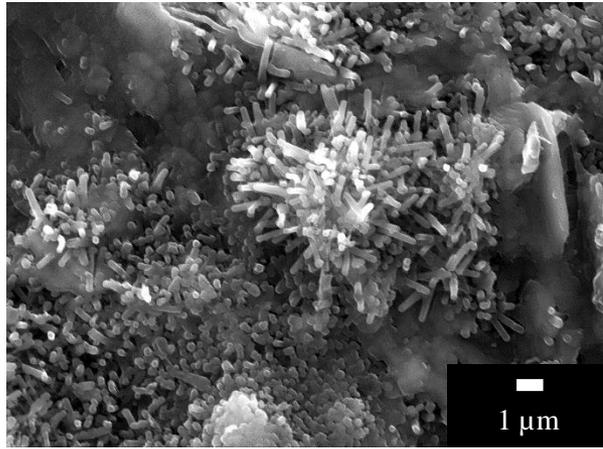
Accelerator reaction is transport-controlled



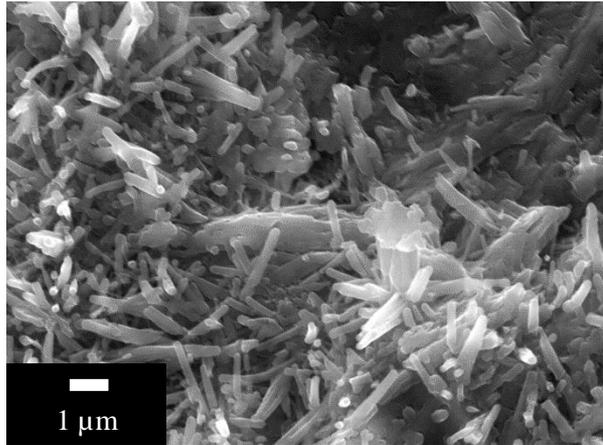
Properly-sulfated systems may behave as undersulfated due to spraying.

Acelerador livre de álcalis

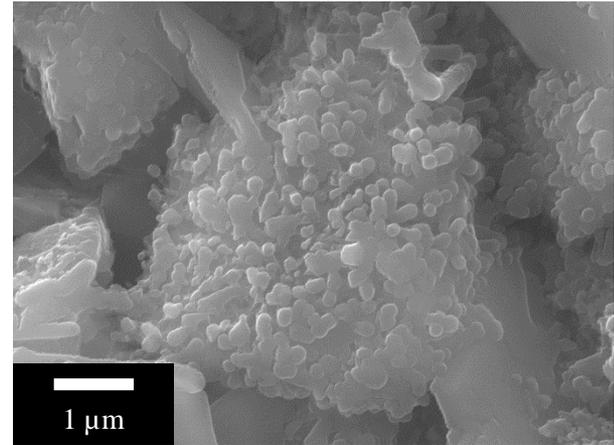
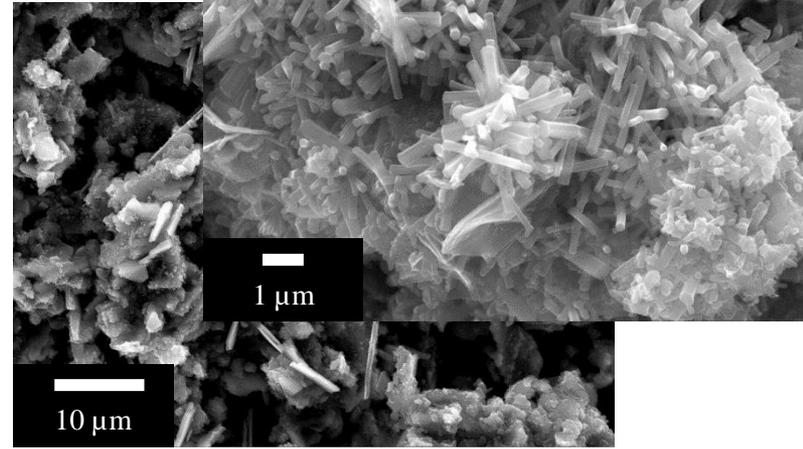
15 min



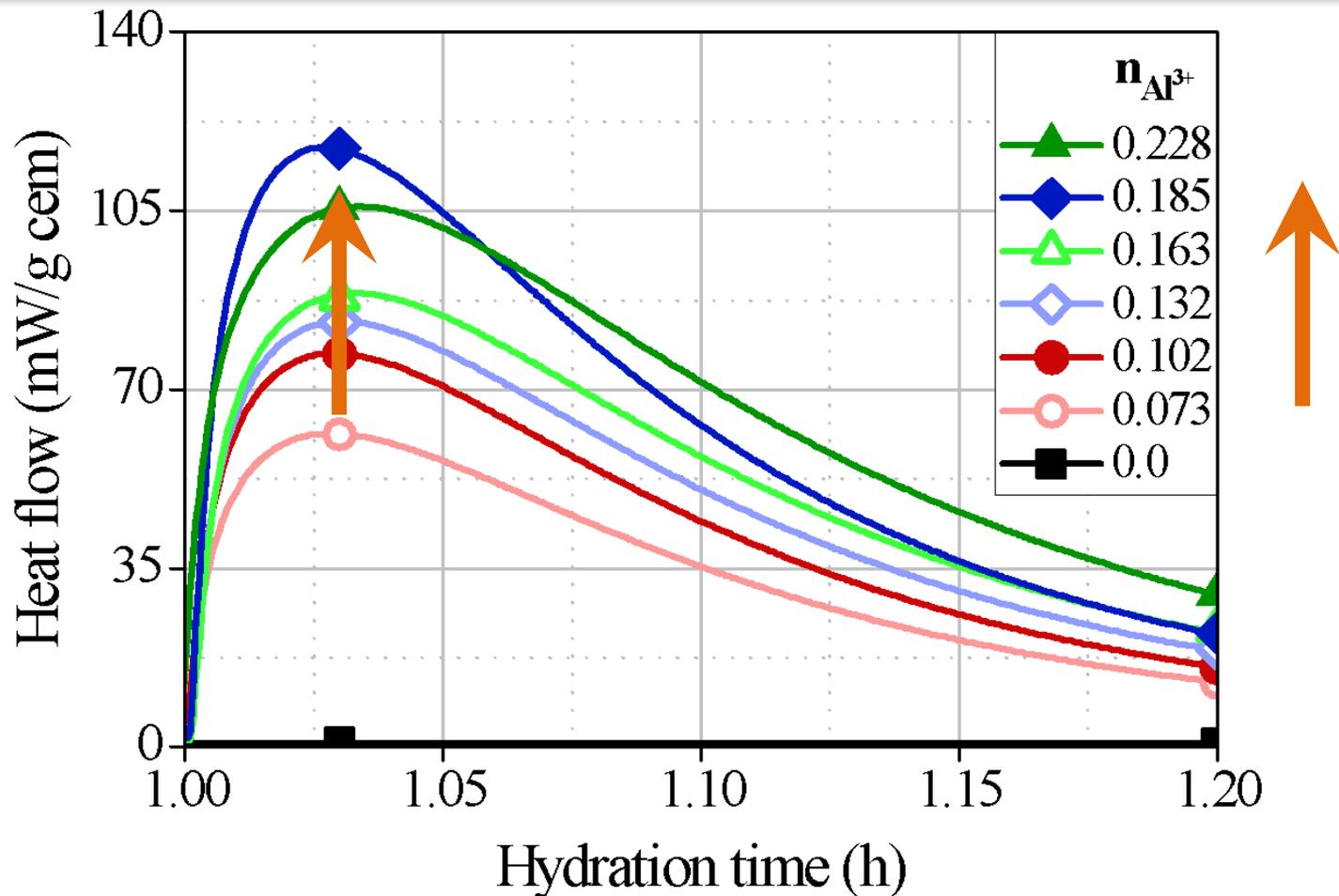
3 h



Ace

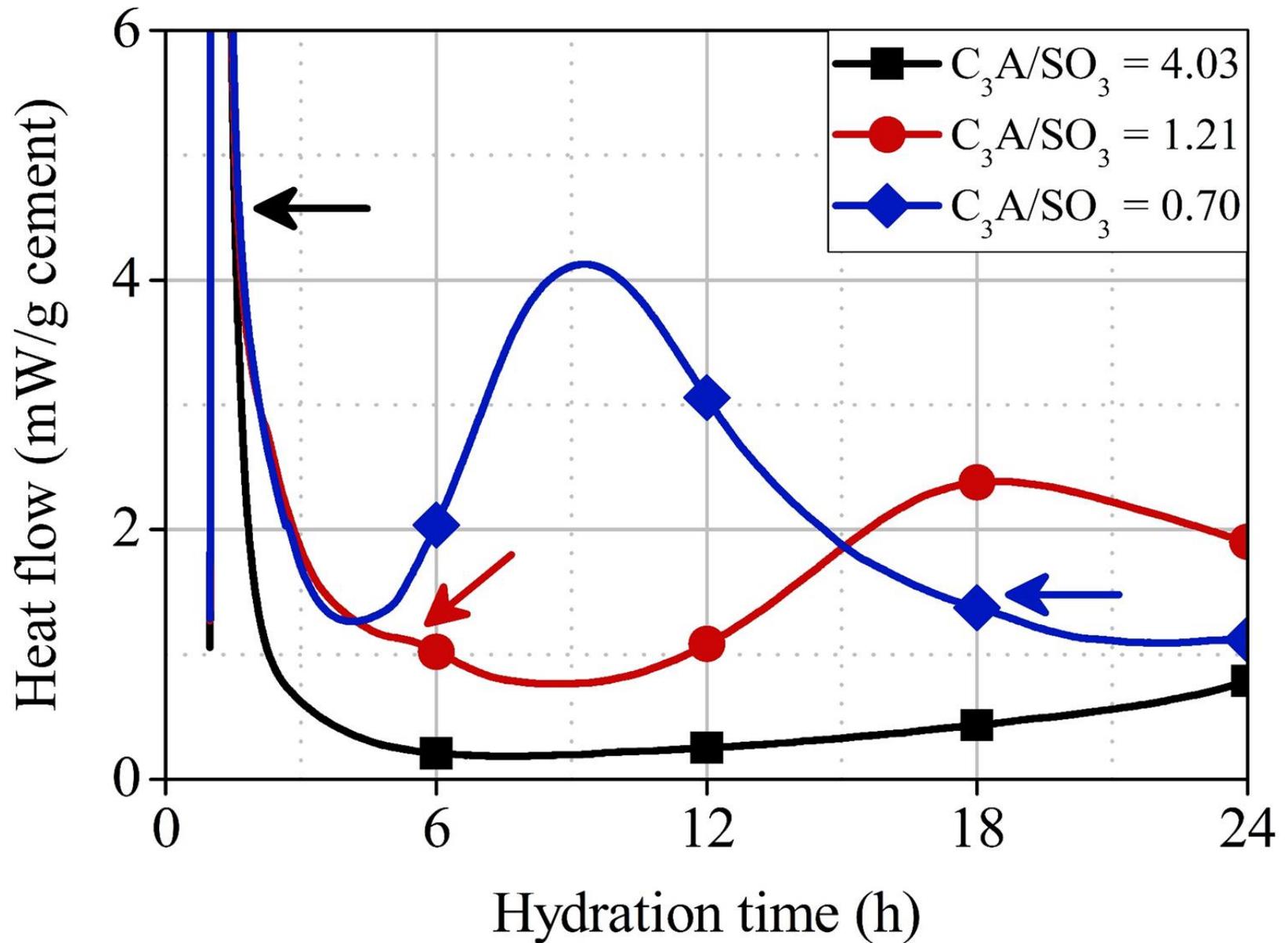


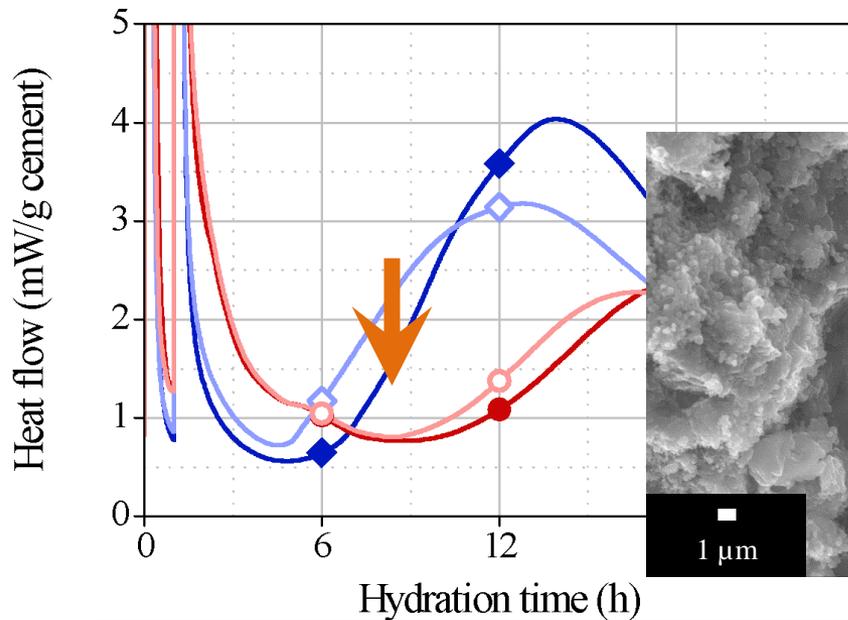
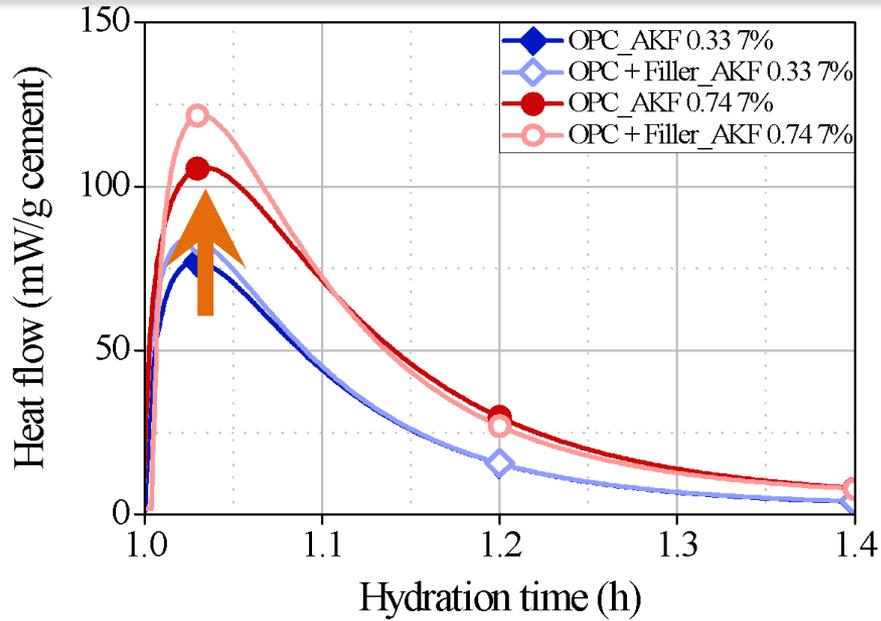
Como a composição química do cimento e do acelerador afeta a evolução da hidratação e da resistência mecânica?



Accelerator reactivity,
setting rate $\propto [Al^{3+}]$

$0.12 < Al^{3+} < 0.18$
mmol/g cement



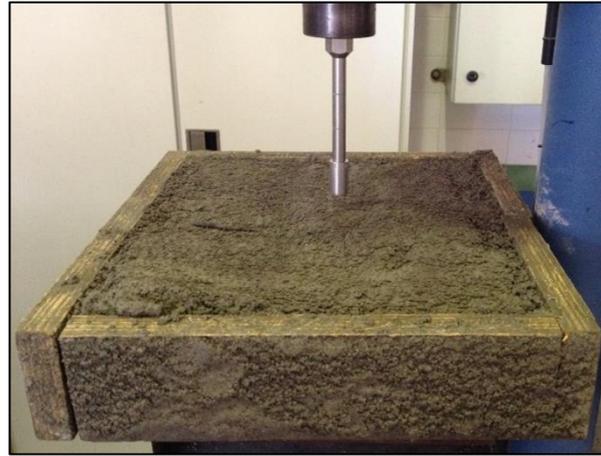
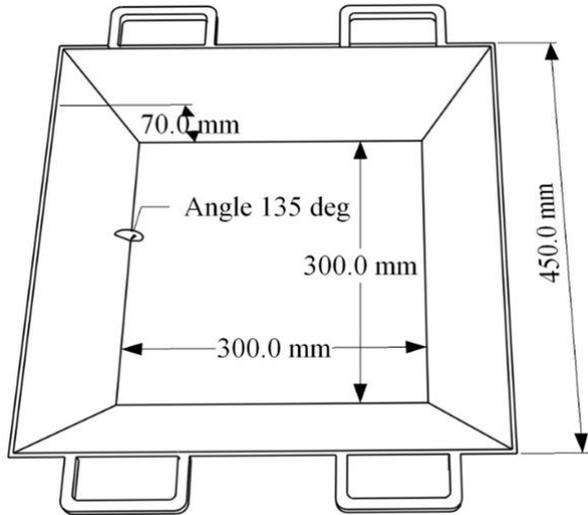


Limestone filler accelerates setting

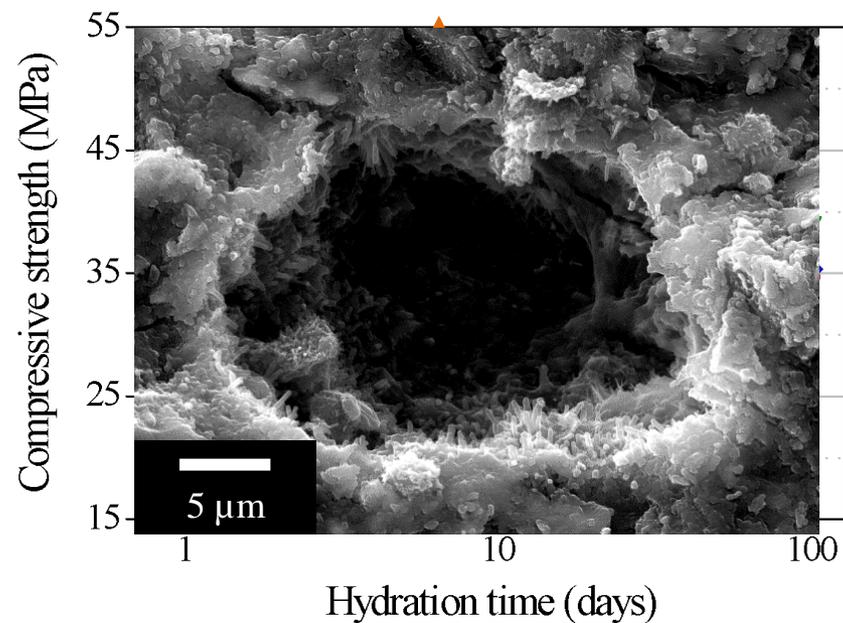
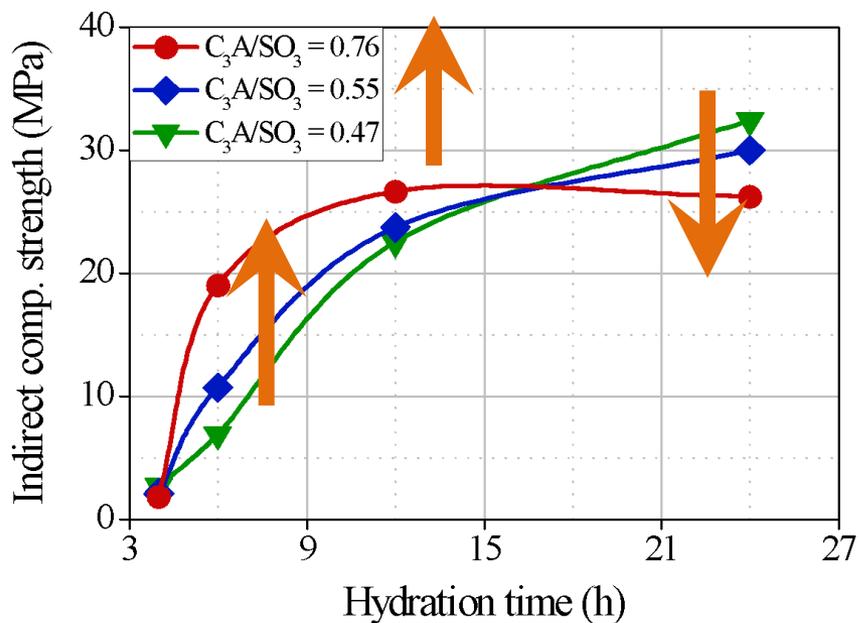
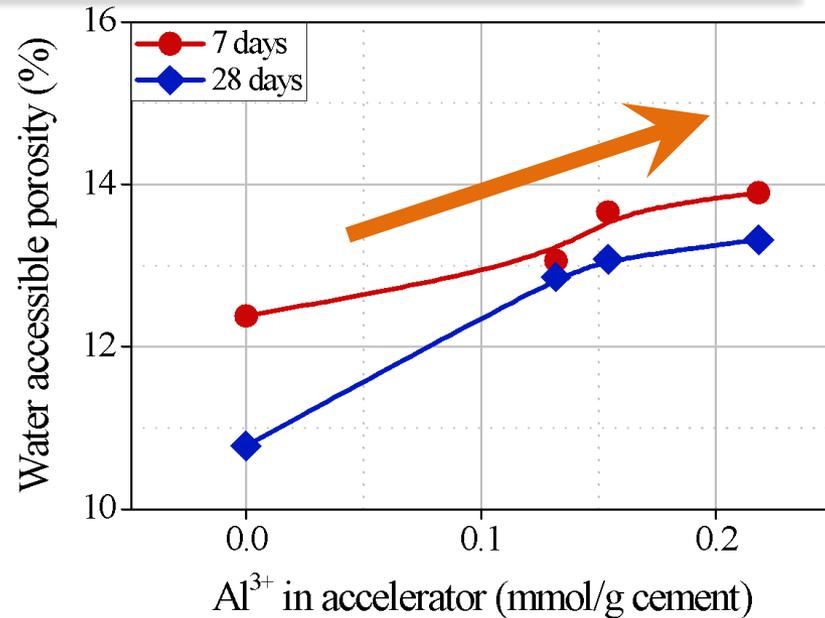
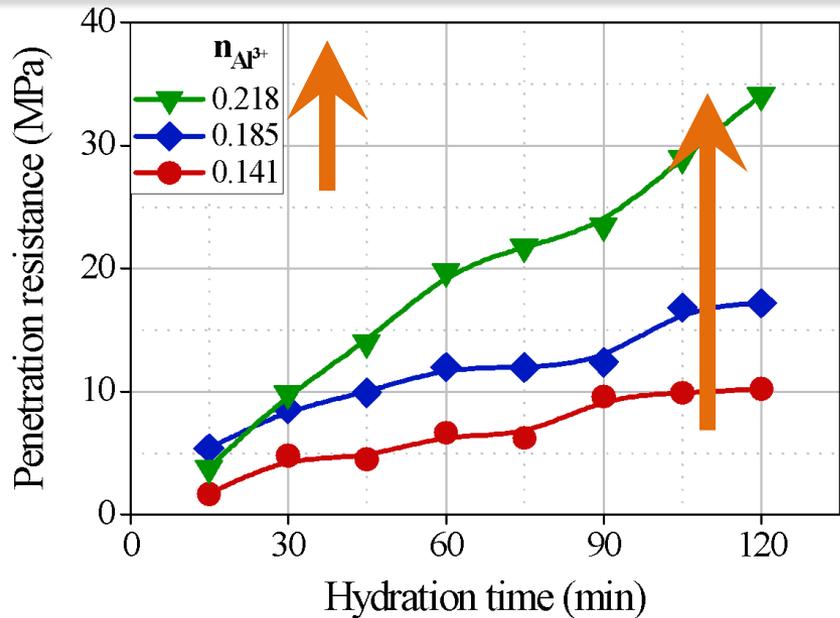
Limestone filler accelerates hardening

Limestone filler is beneficial

Caracterização mecânica



Caracterização mecânica



- ✓ Avaliação primária de reatividade e compatibilidade pode ser realizada em pastas, por calorimetria.
- ✓ Determinação de resistência mecânica deve ser feita em teste de campo, obrigatoriamente.