

SINERGIA ENTRE A NANOSÍLICA E A SÍLICA ATIVA NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

*Engº João Paulo Fernandes Guimarães
Diretor Técnico*

 ***Tecnosil***
Sílica Ativa

Silicon
alto desempenho em concretos

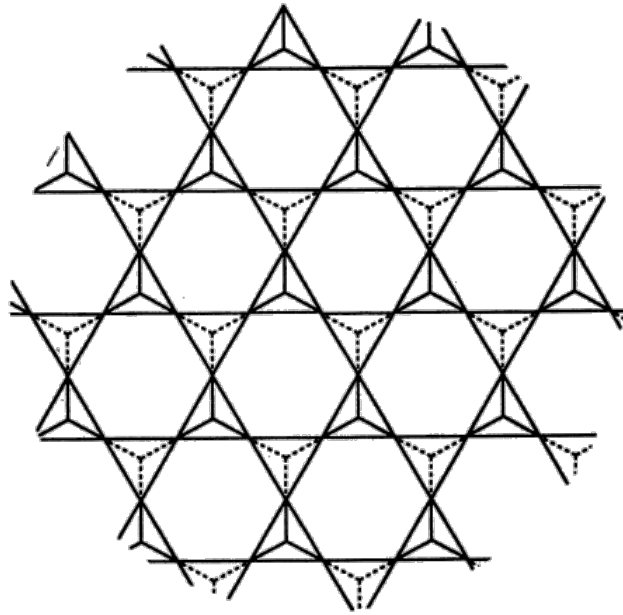
 ***Tecnosil***
Sustentável

SUMÁRIO

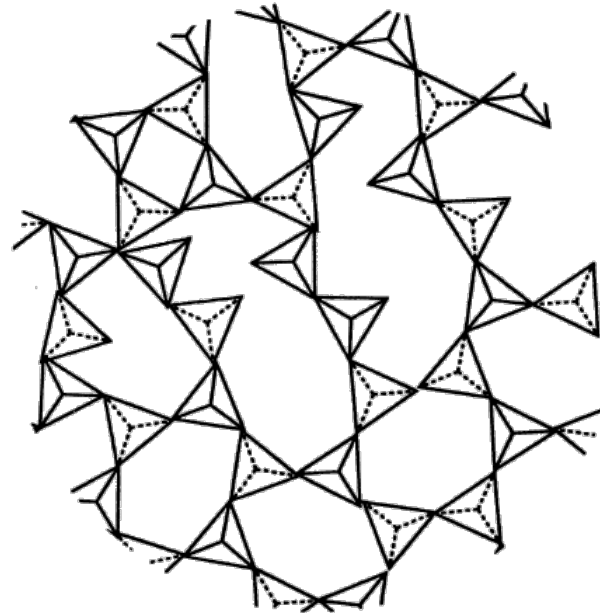
- **Sílica Ativa**
- **Nanosílica**
- **Sinergia entre a nanosílica e a Sílica Ativa**

Adições minerais ativas silícicas

➤ O que é Sílica Reativa? SiO_2^{r-}



Sílica cristalina: Quartzo



Sílica amorfa: Sílica Reativa

Bergma H.E. (1994), *The Colloid Chemistry of Silica*, Advances in Chemistry Series 234, ACS.

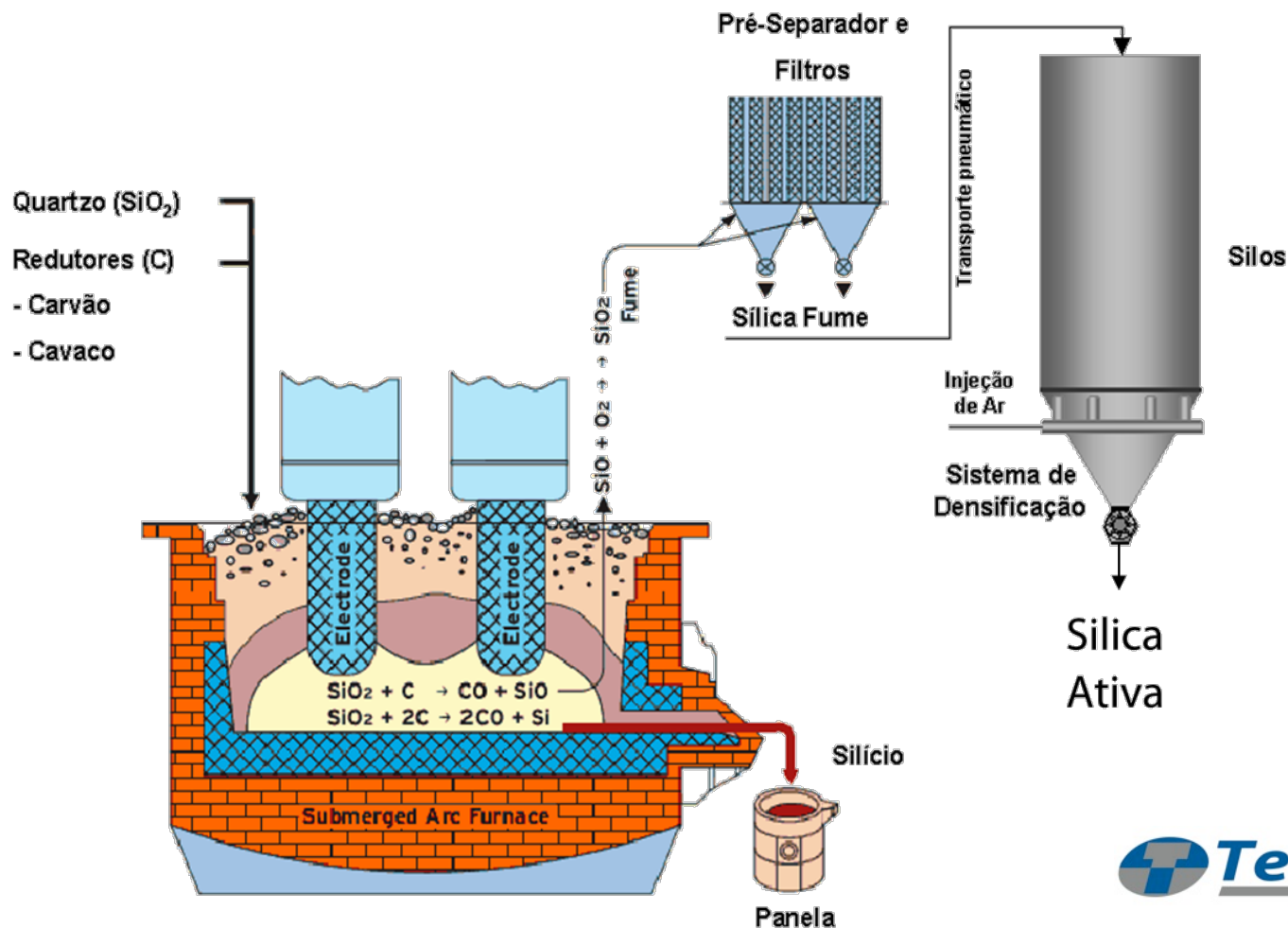
O que é Silica Ativa?

Características físicas e químicas

Alto teor de SiO_2^{r} (sílica reativa)	> 90%
Elevada Finura - Superfície específica:	20.000 m^2/kg
Formato da partícula:	Esférico

O que é Sílica Ativa?

Processo de fabricação



Mecanismo de ação: princípios fundamentais.

Ação pozolânica



+

Adição - Sílica Ativa



PRODUTO
RESISTENTE →

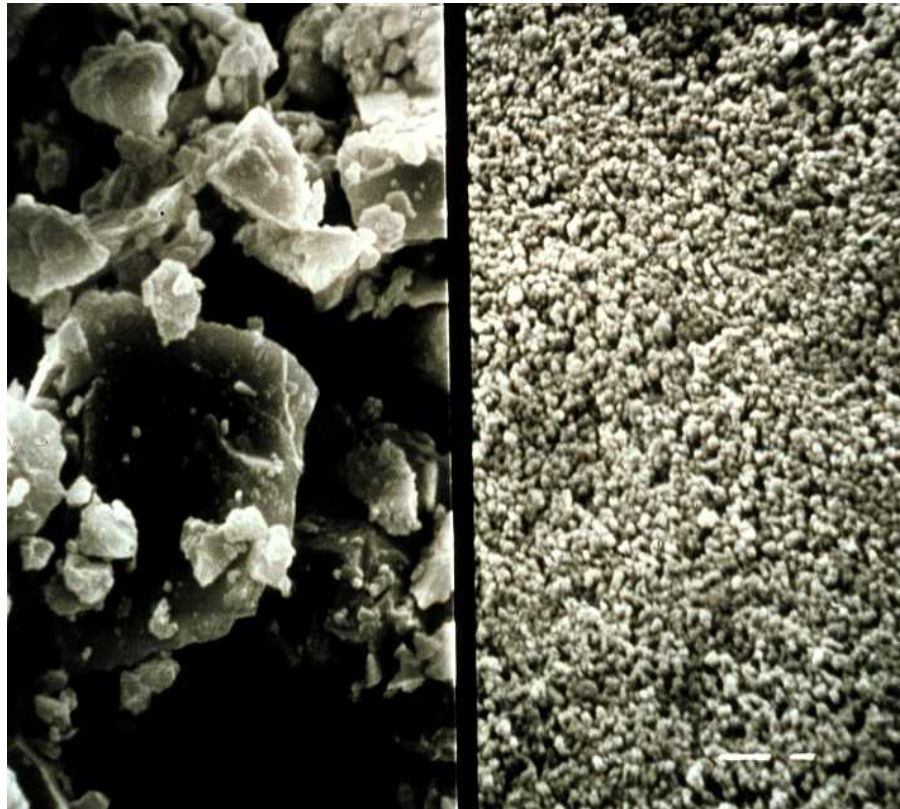
gel CSH *

Mecanismo de ação: princípios fundamentais.

Granulometria

Clinker →

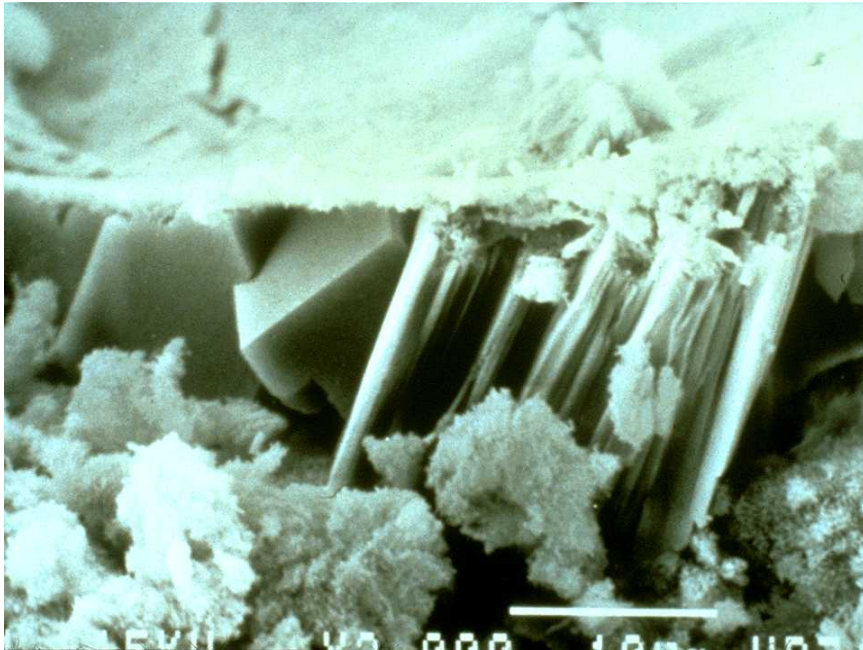
C_3S
 C_2S
 C_3A
 C_4AF



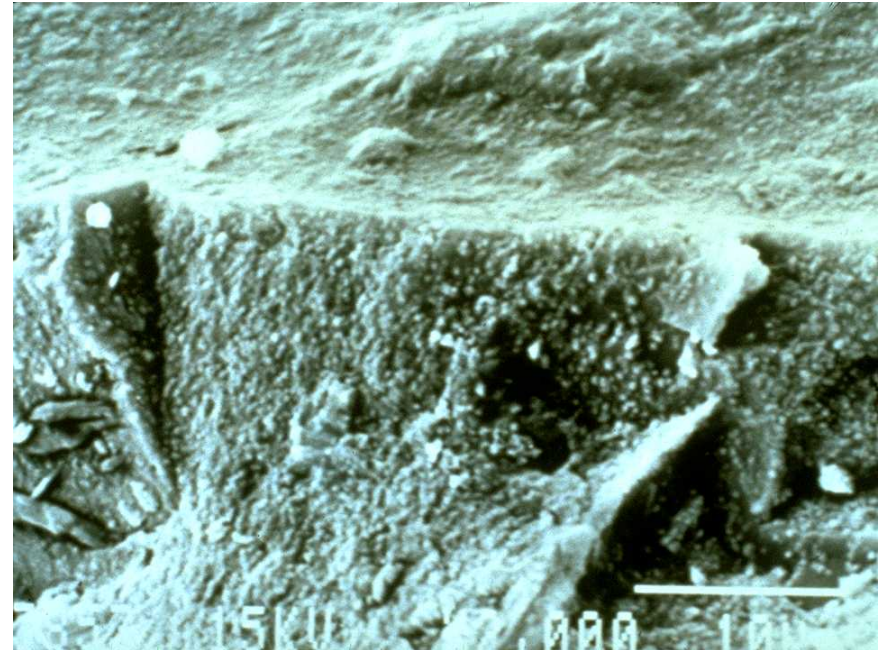
← **Sílica Ativa**

Mecanismo de ação: princípios fundamentais.

Zona de transição agregado-pasta de cimento



SEM SÍLICA ATIVA



COM SÍLICA ATIVA

Mecanismo de ação: princípios fundamentais.

Desempenho mecânico



SEM SÍLICA ATIVA

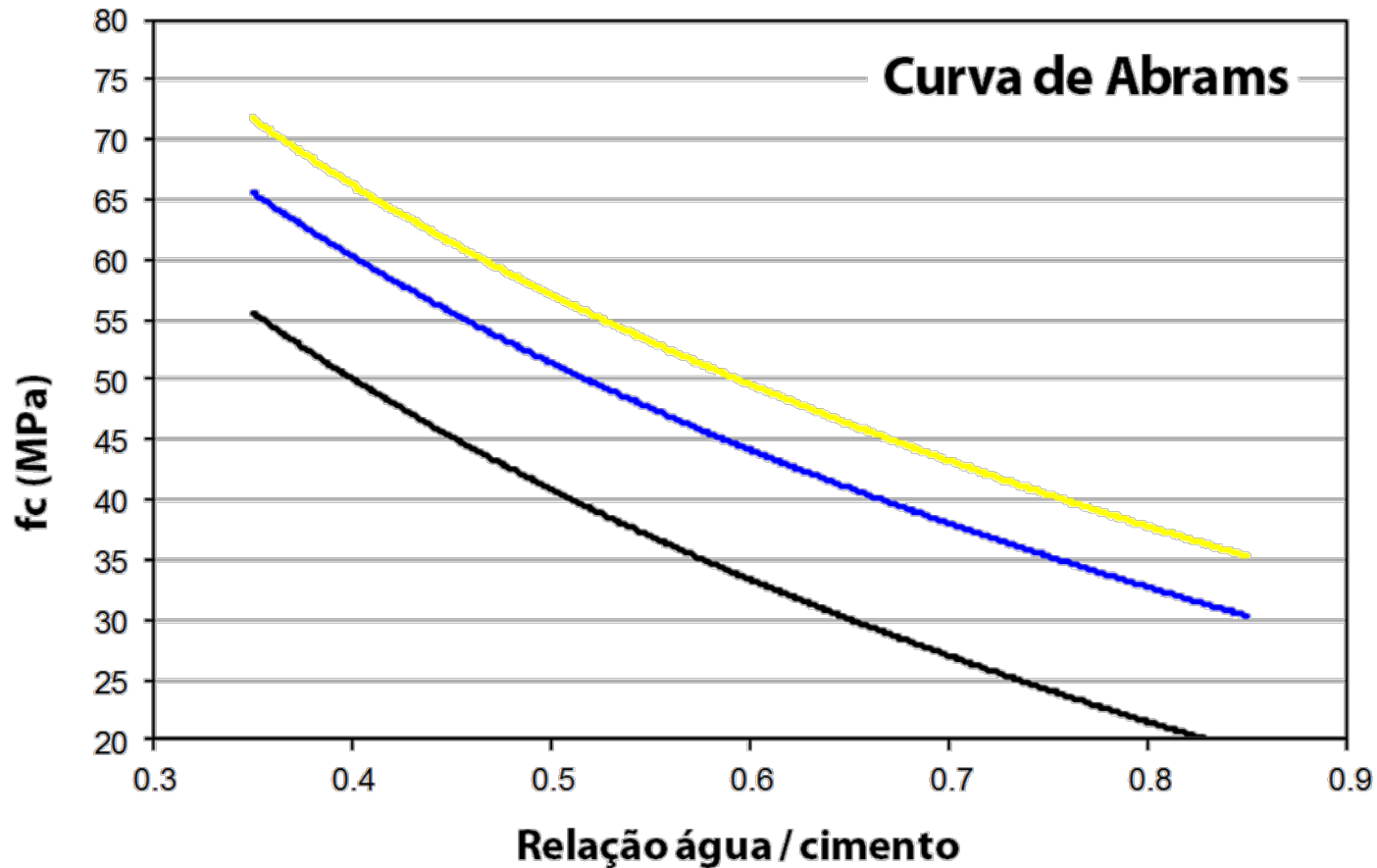


COM SÍLICA ATIVA

- Efeito microfiller.
- Reduz Exsudação.
- Aumenta Coesão.
- Reduz Segregação.
- Colmatação de vazios.

Mecanismo de ação: princípios fundamentais.

Desempenho mecânico



CPII-E-32, com 0,5 e 8% de SA – Abatimento 80 +/- 10 mm – B1

Mecanismo de ação: princípios fundamentais.

Desempenho mecânico

Traços para $f_{ck} = 40 \text{ MPa}$

(1 m³ de concreto - materiais secos)

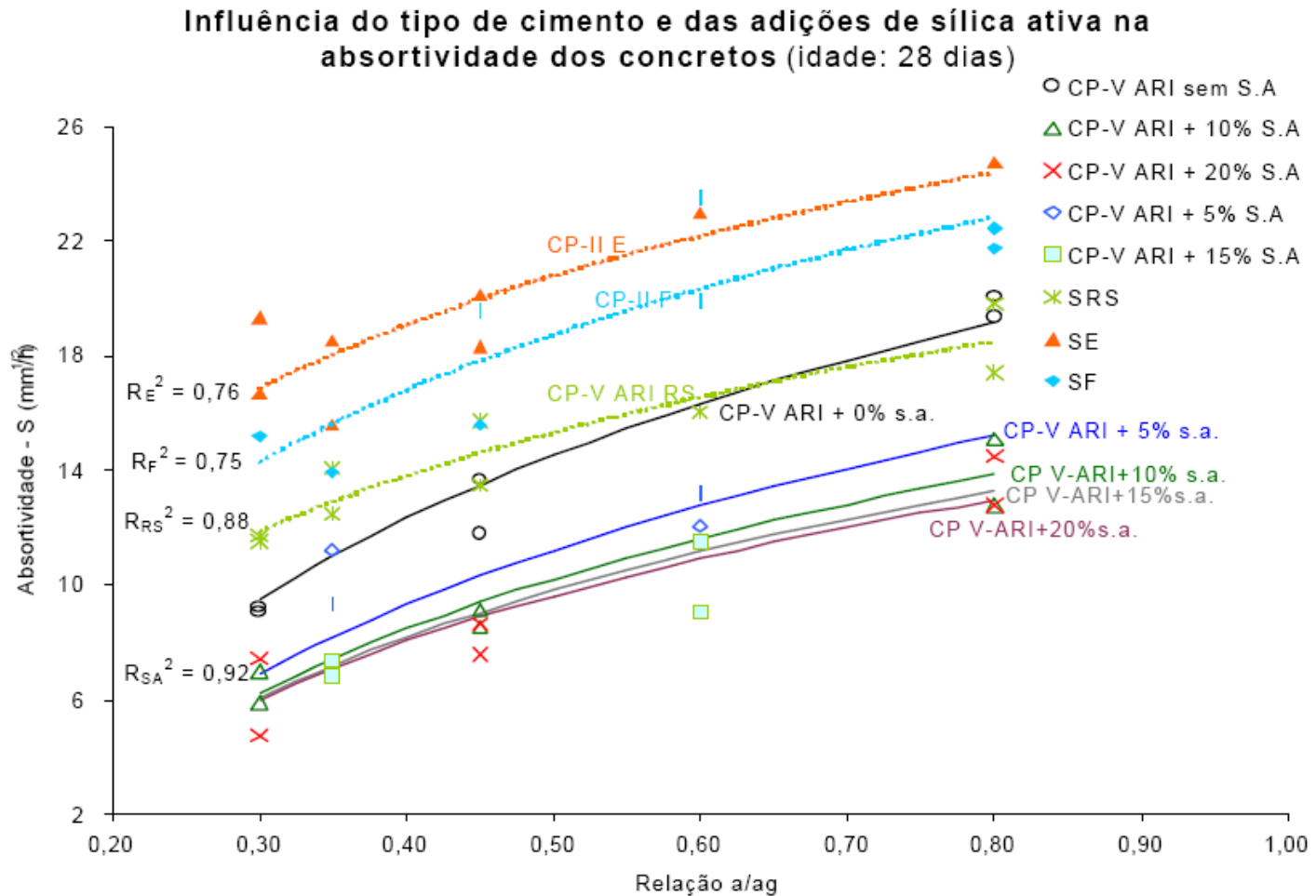
Material	Sem Sílica Ativa	Com 5% Sílica Ativa	Com 8% Sílica Ativa
Cimento / kg	410	320	286
Sílica Ativa / kg	-	16	23
Areia / kg	710	780	800
Brita / kg	1080	1080	1080
Água / l	176	177	180
Aditivo (PF) / l	2,46	2,02	1,85

Sílica Ativa:

- Menor custo.
- Menor retração.
- Maior durabilidade.
- Excelente custo/benefício.

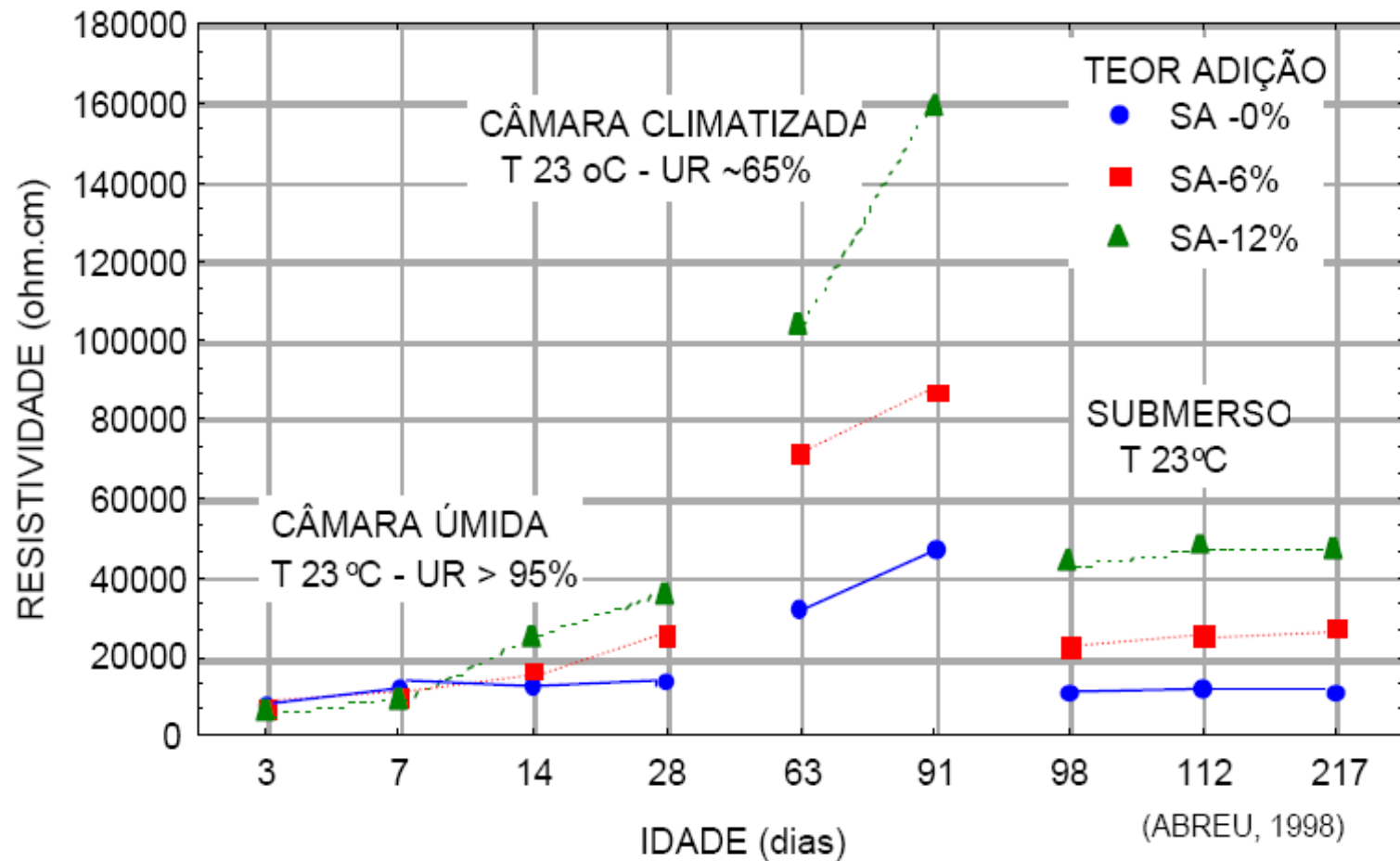
A **Sílica Ativa** proporciona para o mesmo desempenho mecânico, menores consumos de aglomerantes (menos energia).

Absorção



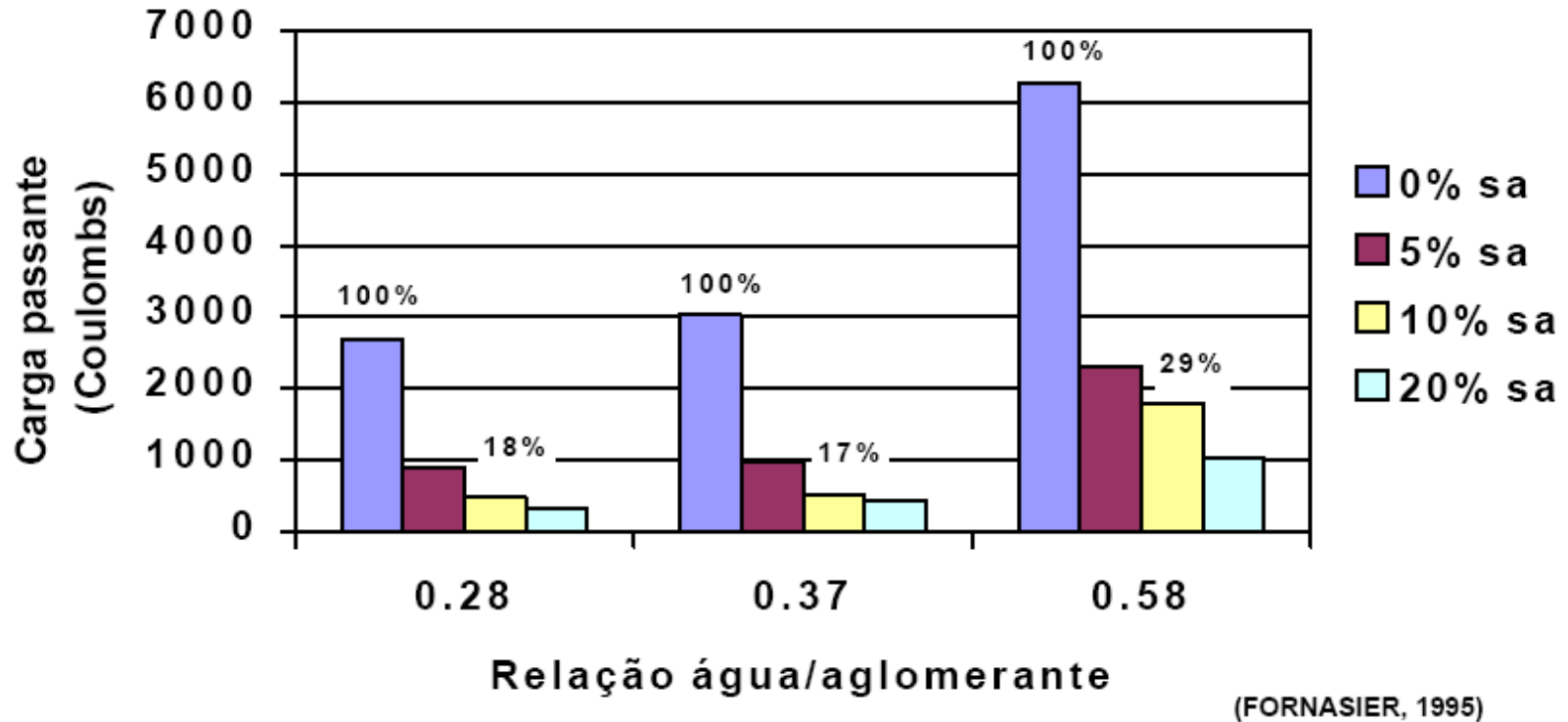
A Sílica Ativa diminui significativamente a absorção de água por capilaridade.

Resistividade



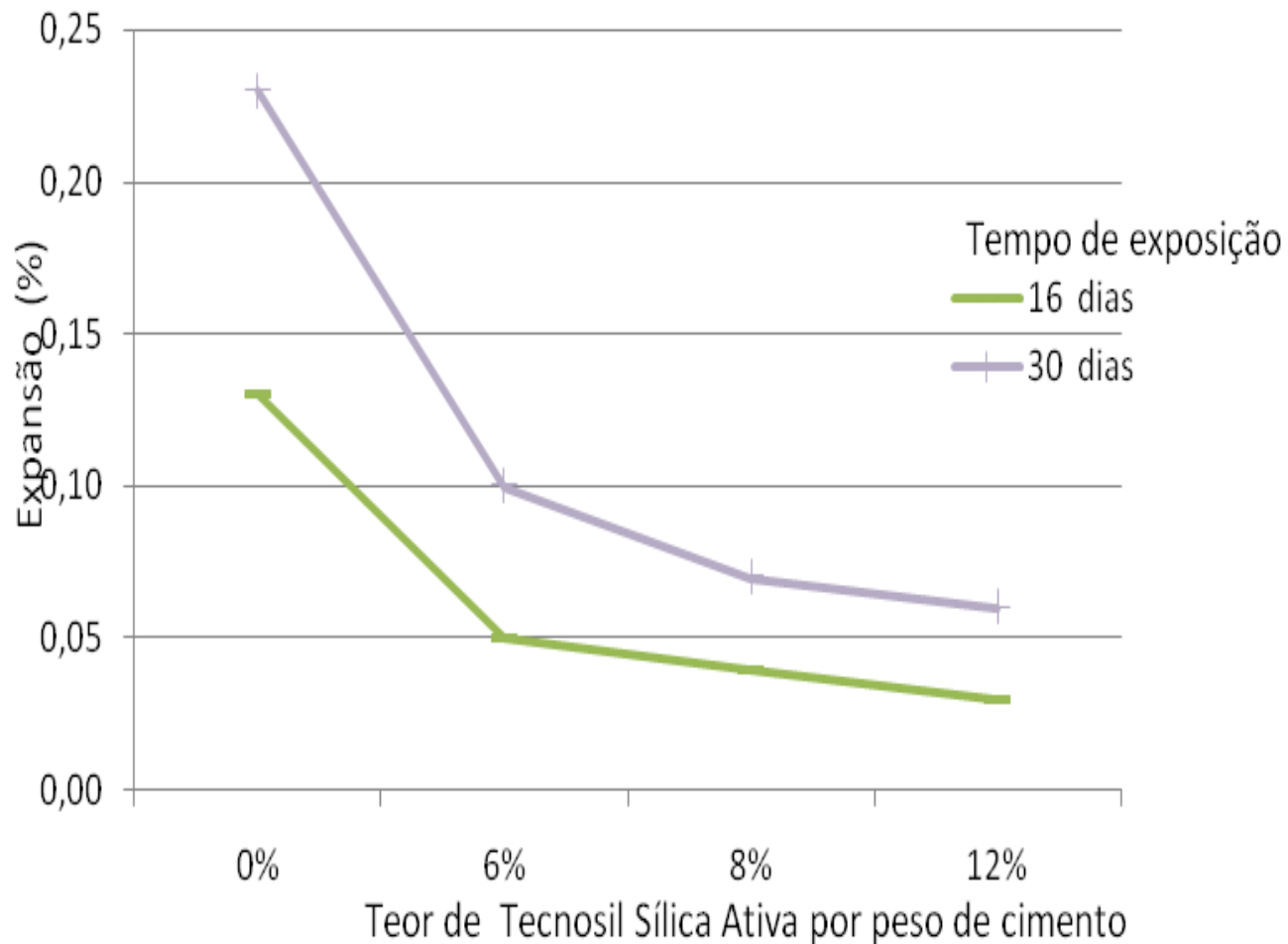
A Sílica Ativa aumenta a resistividade elétrica em concretos em média mais de 26 vezes.

Penetração de íons cloreto



A Sílica Ativa reduz a penetração de íons cloreto em até 80%.

Reação Álcali-Agregado (RAA)



A Sílica Ativa inibe a Reação Álcali-Agregado (RAA).

Exemplos de obras com Sílica Ativa.

Porto Pecém - Ceará



UHE de Santo Antonio – Porto Velho - Rondônia



Ponte sobre o Rio Maranhão



- Vão central de 145 m
- $f_{ck} = 50 \text{ MPa}$
- $f_{cj} \text{ máx} = 110 \text{ MPa}$
- Módulo de 32 GPa – 16h
- 1997

Ponte Estaiada de Brusque – Santa Catarina



Ponte Estaiada de Brusque – Santa Catarina



- 2003
- 5% Sílica Ativa
- Baixa absorção

21 10:29 AM

Ponte em Curva – Cabo Frio



Ponte em Curva – Cabo Frio



12 05 2004 10 01

10 01 2005 20 51

- 2004
- $f_{ck} > 45 \text{ MPa}$
- 10% Sílica Ativa

Ponte em São Pedro da Aldeia



➤ 5% Sílica Ativa

➤ $f_{ck} > 60 \text{ MPa}$

➤ 2006

Ponte Estaiada – Paulicea



➤ $f_{ck} = 45 \text{ MPa} - \text{RAA}$

Superior Tribunal de Justiça - Brasília



- $f_{ck} = 60\text{MPa}$
- 10% Sílica Ativa
- 1995

Estação Ciência - João Pessoa - Paraíba



Estação Ciência - João Pessoa - Paraíba



- 7% Sílica Ativa – $f_{ck} > 40 \text{ MPa}$
- Durabilidade frente a cloretos

Estação Ciência - João Pessoa - Paraíba



Estação Ciência - João Pessoa - Paraíba



Hospital Cema – São Paulo



- $f_{ck} = 45\text{MPa}$
- 5% Sílica Ativa
- 2005
- Resistência, durabilidade, CH

Edifício em Ponta Grossa



$f_{ck} = 90 \text{ MPa}$ / Resistência mecânica- PR 2007

Estrada Madden – Colón - Panamá



Estrada Madden – Colón - Panamá



Estrada Madden – Colón - Panamá



Cinta Costeira - Panamá



Cinta Costeira - Panamá



Metrô de Santiago - Chile



Metrô de Santiago - Chile



Metrô de São Paulo



LINHA 4 – São Paulo – 7.200 m³ – 35 MPa – 5% SA

Museu Iberê Camargo



Museu Iberê Camargo



Museu Arte do Rio - MAR



Estádios da Copa 2014



Maracanã
(Rio de Janeiro)

Estádios da Copa 2014



Arena Corinthians
(São Paulo)



Estádios da Copa 2014



Arena Mané Garrincha
(Brasília)



Estádios da Copa 2014



Arena Fonte Nova
(Salvador)



- O que é nanosílica estabilizada?
- Sinergia entre a nanosílica e a Sílica Ativa: princípios fundamentais.

Sílica Ativa e Nanosílica Estabilizada

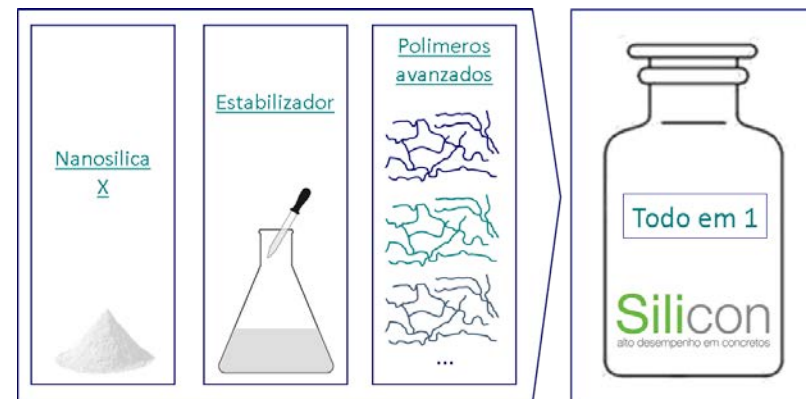
➤ Novo conceito de nanosílica:

Seu principal diferencial é que trata-se de um único produto, ou seja, a nanosílica se encontra dispersa homogeneamente no aditivo, o que possibilita sua perfeita dispersão na massa do concreto.

Trata-se de um novo conceito de nanosílica, não se trata de nanosílica coloidal, nem precipitada.

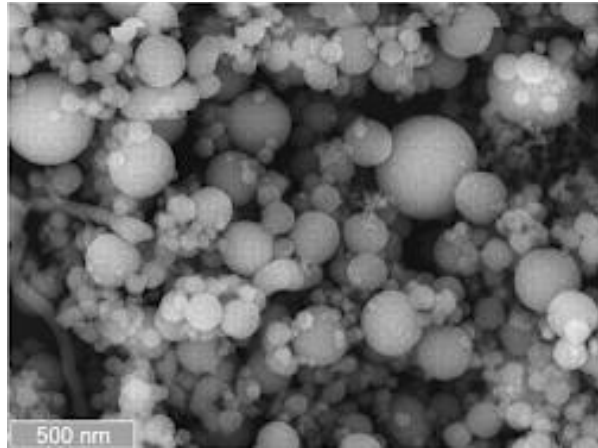
➤ Suas vantagens:

Este tipo de produto permite a dispersão perfeita de nanosílica na massa de concreto, evitando assim os problemas das “convencionais”, permitindo maior eficiência e eficácia da nanosílica estabilizada.



Sílica Ativa e Nanosílica Estabilizada

➤ Micrografías TEM:

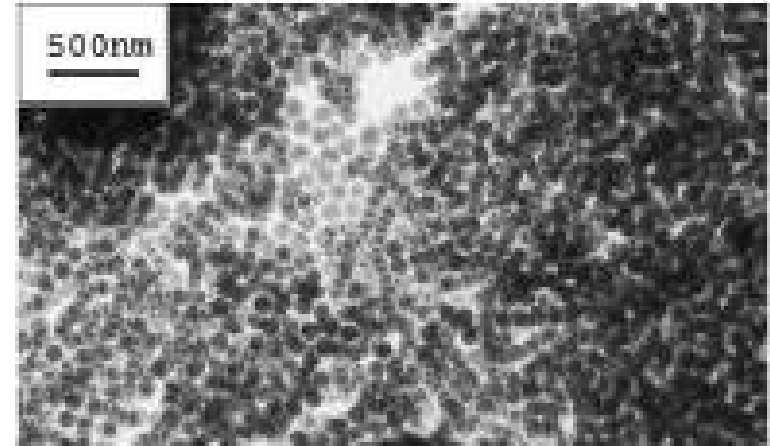


Snellings et al. (2012), Rev. Min. Geochem. 74:211-278

Sílica Ativa: micro-SiO₂^{r-}

Pó obtido como um sub-produto do processo de fabricação do silício metálico ou ferro-silício.

De 10.000 a 100.000 micro-esferas de sílica reativa por partícula de clínquer.



Sun et al. (2005), J. Coll. Int. Sci. 292(2):436-444

Nanosílica Estabilizada: nano-SiO₂^{r-}

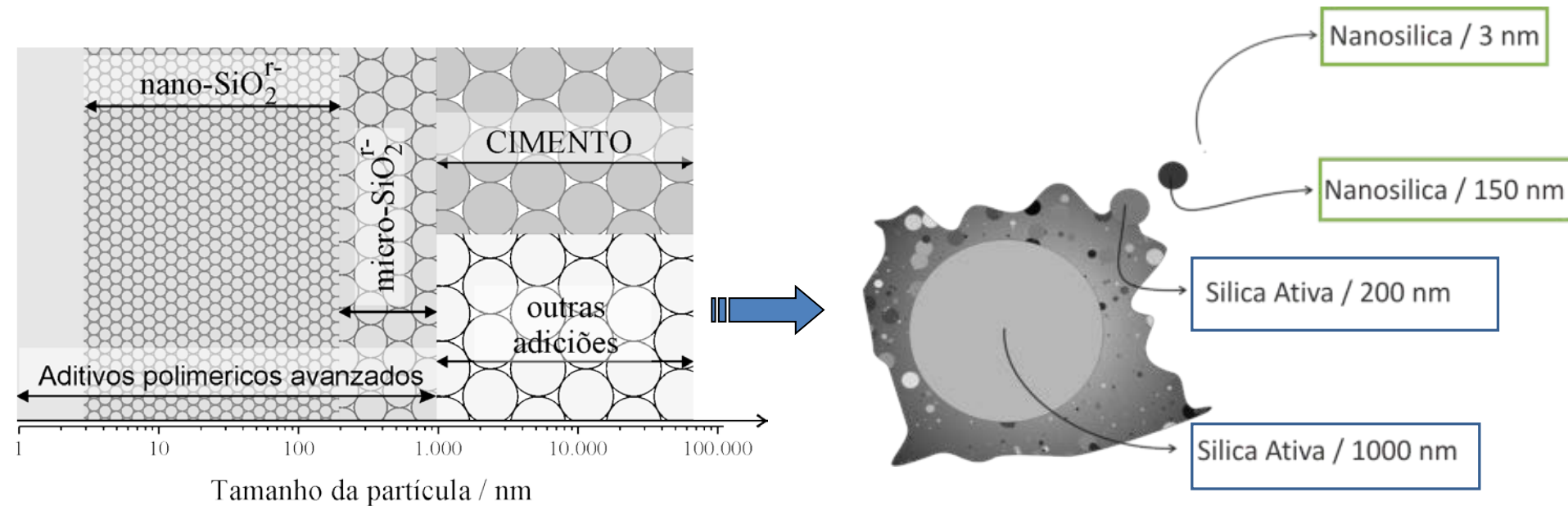
Nanosílica estável no aditivo superplastificante de base PCE.

Apenas desta maneira é possível a sua aplicação ao concreto.

Sílica Ativa e Nanosílica Estabilizada

➤ Diferencias:

A Nanosílica tem um *tamanho* compreendido entre 3 e 150 nm, comparado com as partículas de Sílica Ativa, cuja dimensão é de 200 a 1000 nm



Sinergia entre a nano-SiO₂^{r-} e micro-SiO₂^{r-}

➤ Mecanismo de ação, princípios fundamentais:

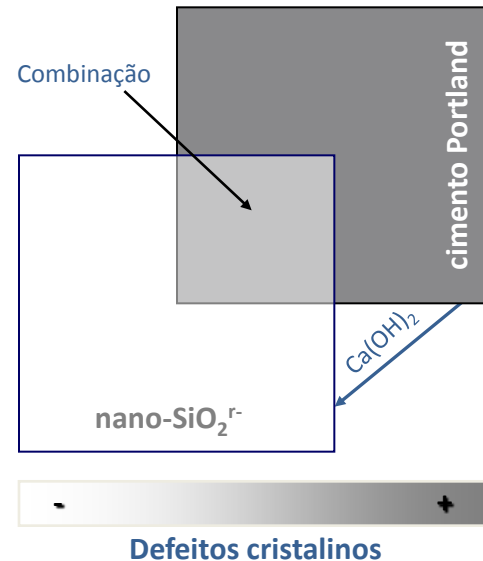
Interação do cimento Portland com nanosílica:



gel CSH (nano-SiO₂^{r-})

- Menor relação Ca/Si que o gel CSH de origem cimento Portland sem nano-SiO₂^{r-}
- Tem uma menor densidade de defeitos cristalinos
- Ele se comporta como cristais semente para as seguintes quantidades de gel CSH

Tipos de gel CSH

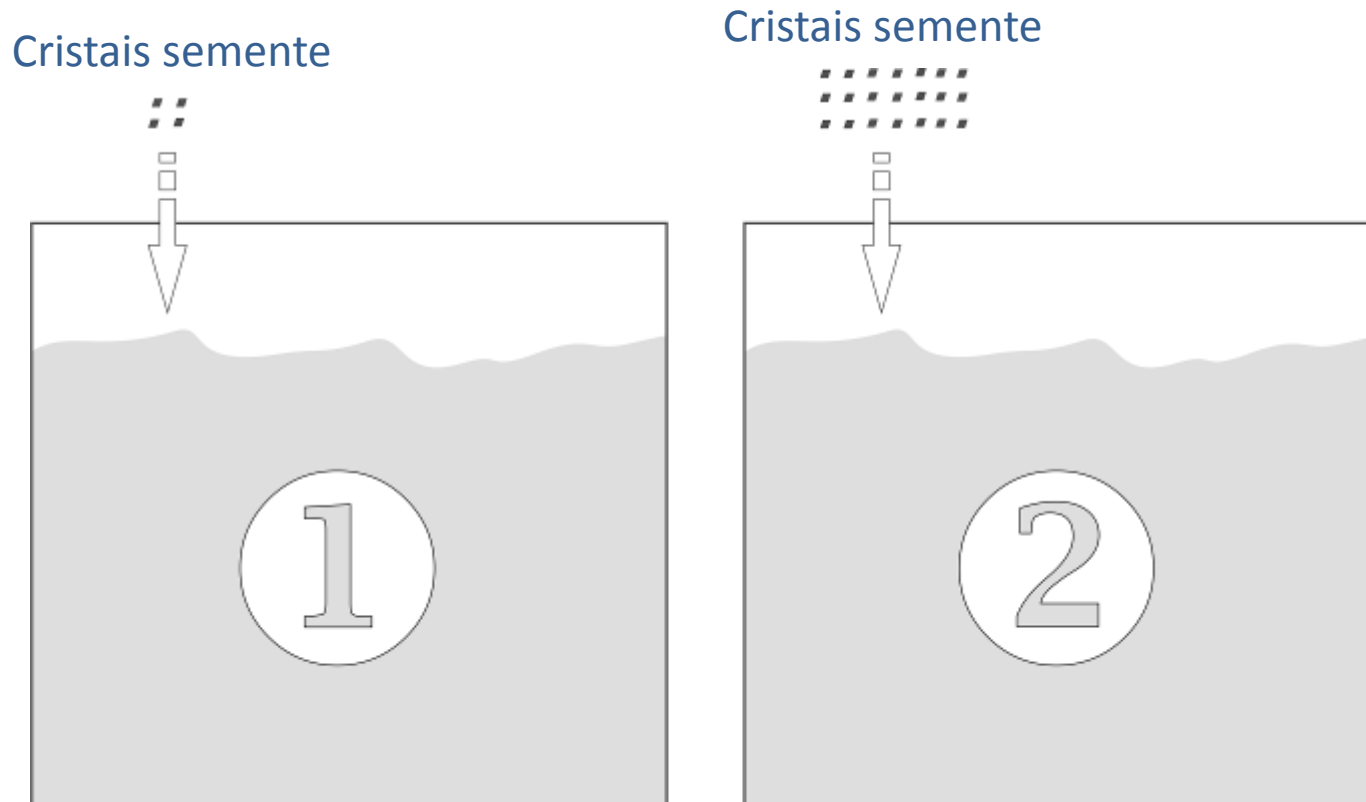


Comportamento

- O gel CSH continua crescendo a partir da fonte nanosílica. É também uma fonte de gel CSH de baixa densidade de defeitos
- O gel CSH resultante, a partir de qualquer fonte, reproduz a estrutura cristalina dos cristais semente
- A qualidade resultante é maior com a nanosílica

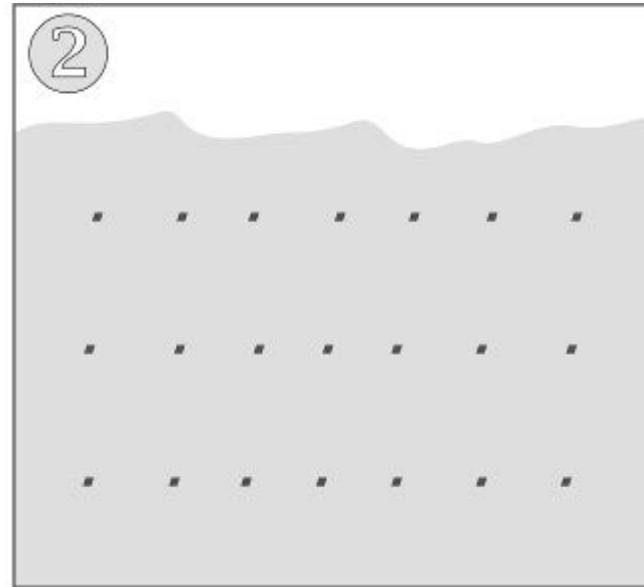
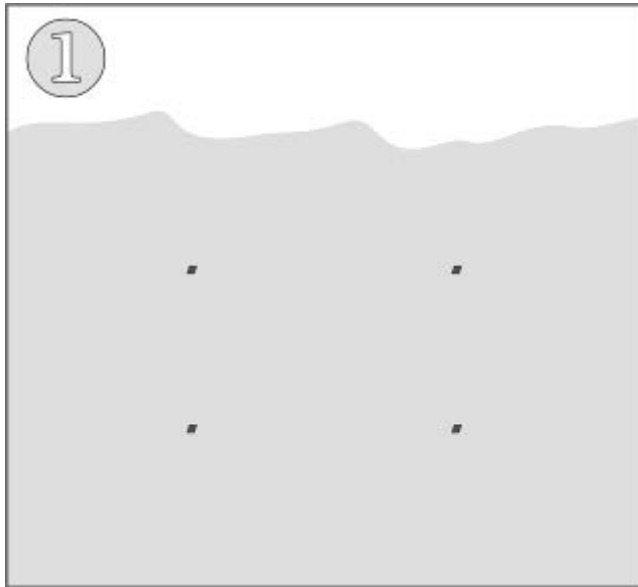
Sinergia entre a nano-SiO₂^{r-} e micro-SiO₂^{r-}

➤ Mecanismo de ação, princípios fundamentais: CRISTALIZAÇÃO



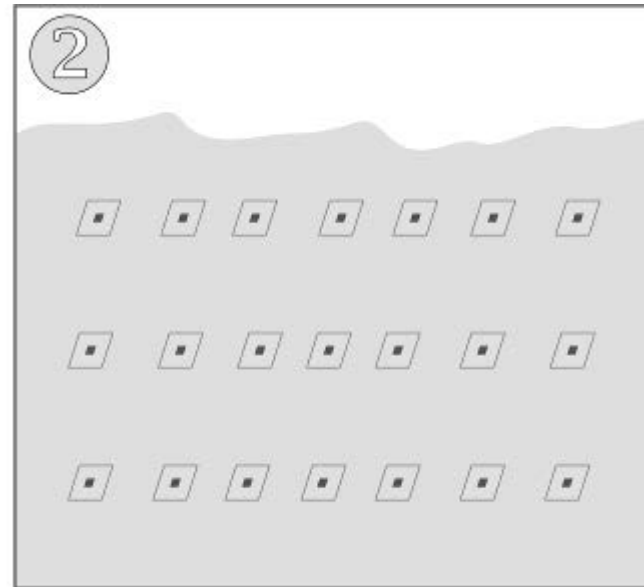
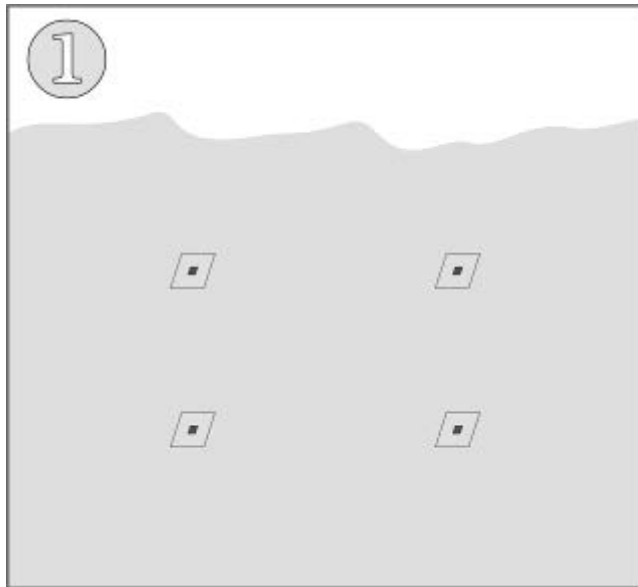
Sinergia entre a nano-SiO₂^{r-} e micro-SiO₂^{r-}

- Mecanismo de ação, princípios fundamentais: CRISTALIZAÇÃO



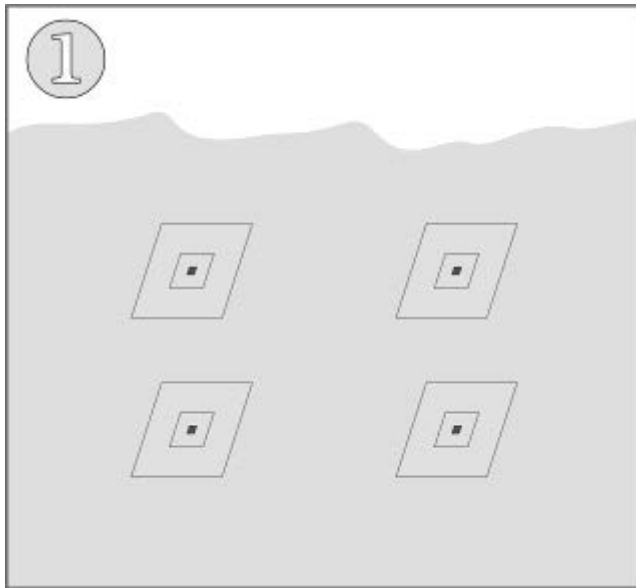
Sinergia entre a nano-SiO₂^{r-} e micro-SiO₂^{r-}

➤ Mecanismo de ação, princípios fundamentais: CRISTALIZAÇÃO



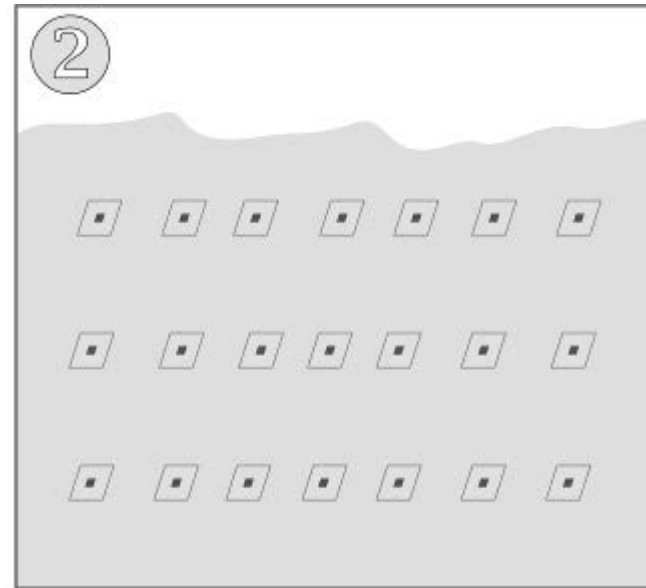
Sinergia entre a nano-SiO₂^{r-} e micro-SiO₂^{r-}

➤ Mecanismo de ação, princípios fundamentais: CRISTALIZAÇÃO



Cristais produto

↑↑Qualidade / ↓ numero / ↑ tamanho

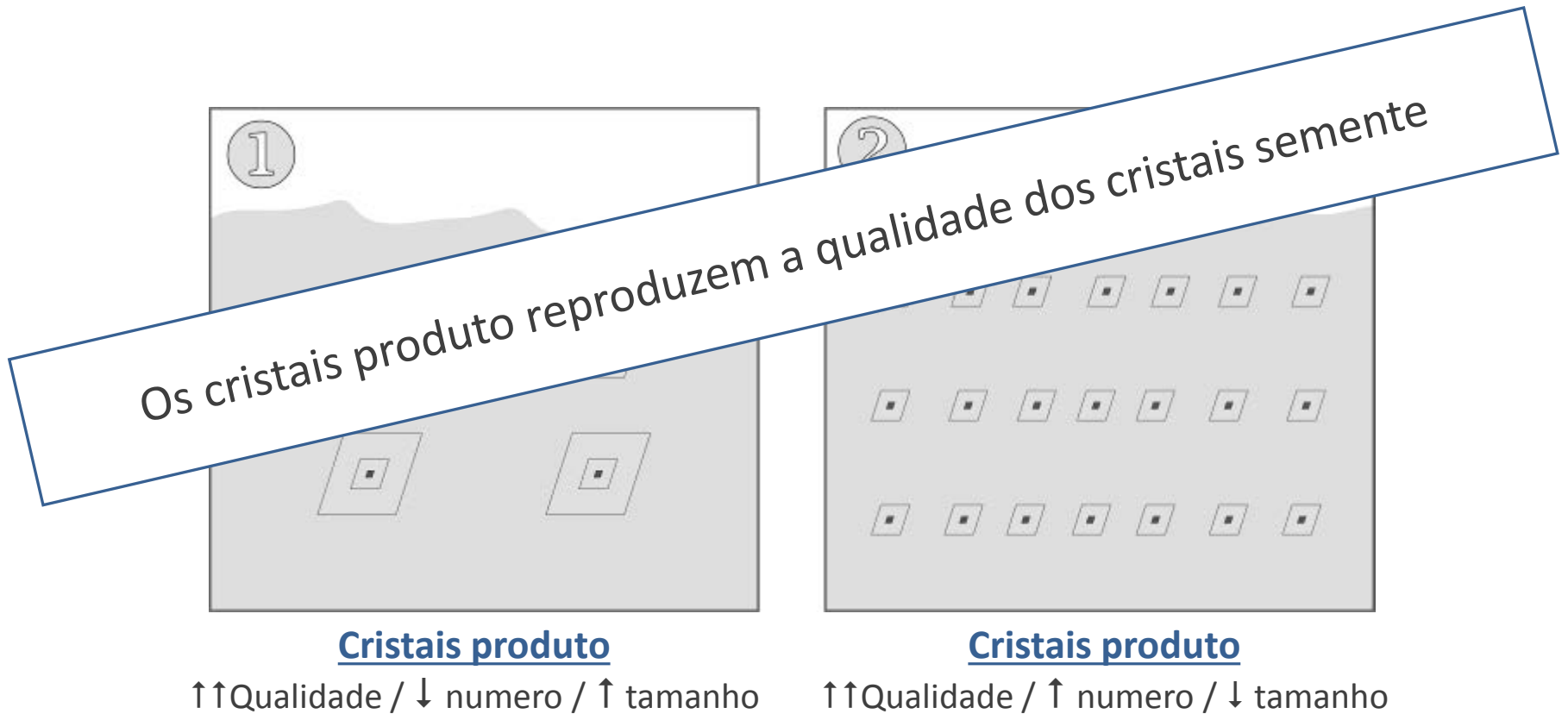


Cristais produto

↑↑Qualidade / ↑ numero / ↓ tamanho

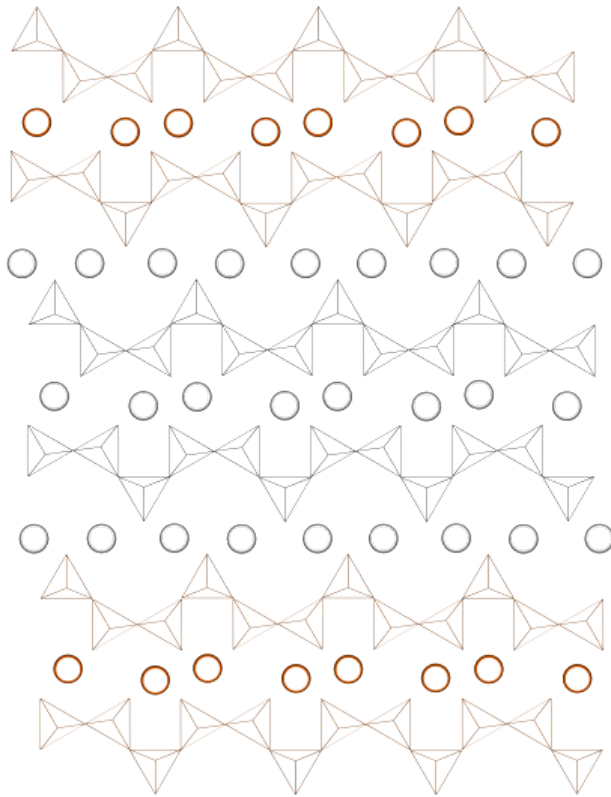
Sinergia entre a nano-SiO₂^{r-} e micro-SiO₂^{r-}

➤ Mecanismo de ação, princípios fundamentais: CRISTALIZAÇÃO

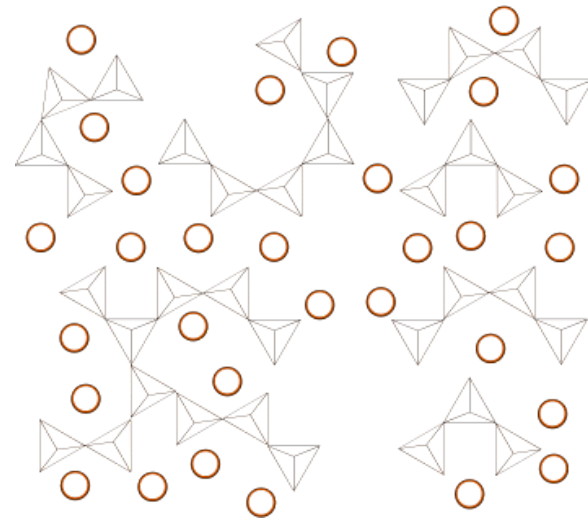


Sinergia entre a nano-SiO₂^{r-} e micro-SiO₂^{r-}

➤ Mecanismo de ação, princípios fundamentais: CRISTALIZAÇÃO



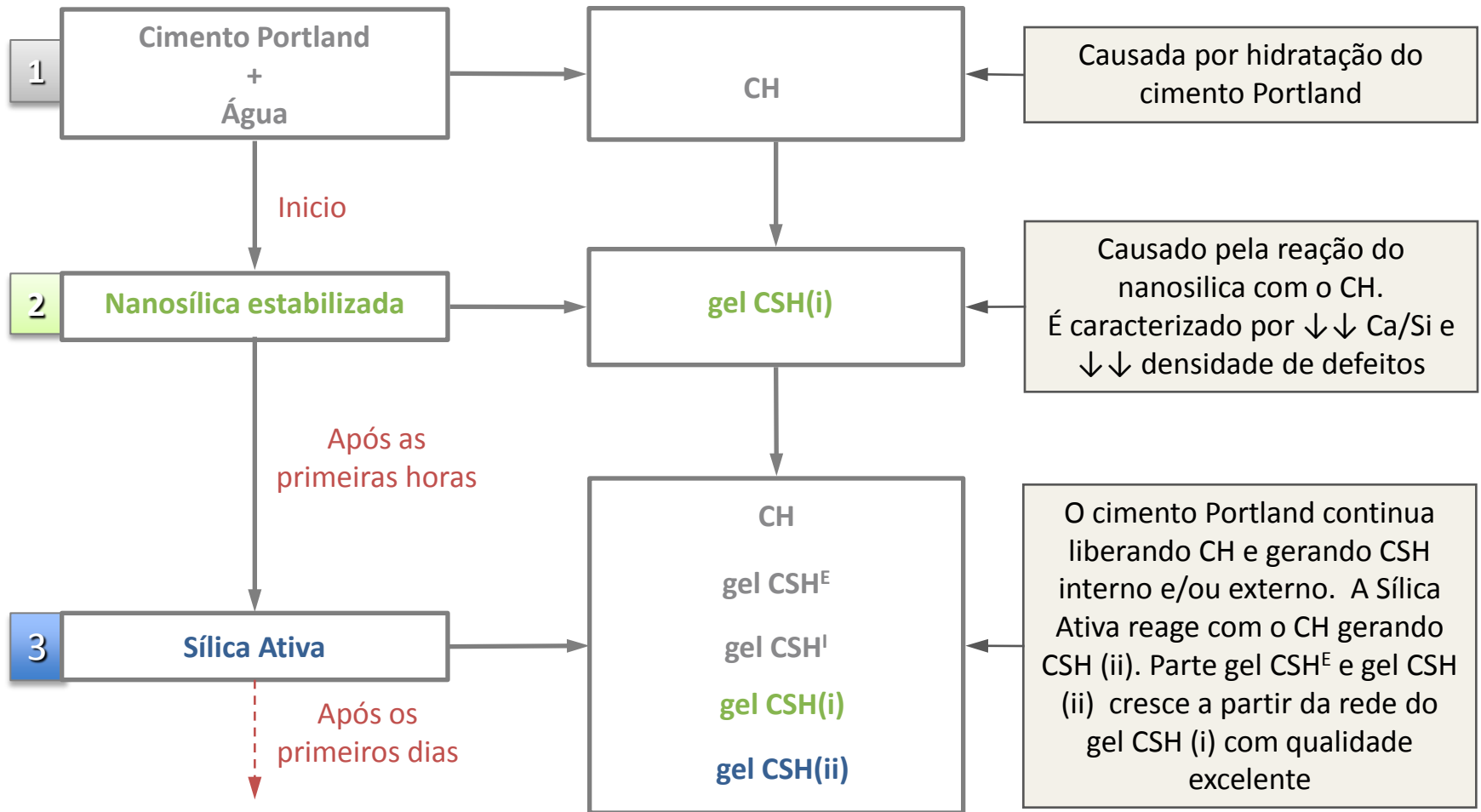
Gel CSH com nano-SiO₂^{r-}



Gel CSH sem nano-SiO₂^{r-}

Sinergia entre a nano-SiO₂^{r-} e micro-SiO₂^{r-}

➤ Mecanismo de ação, princípios fundamentais: Seqüência de reações

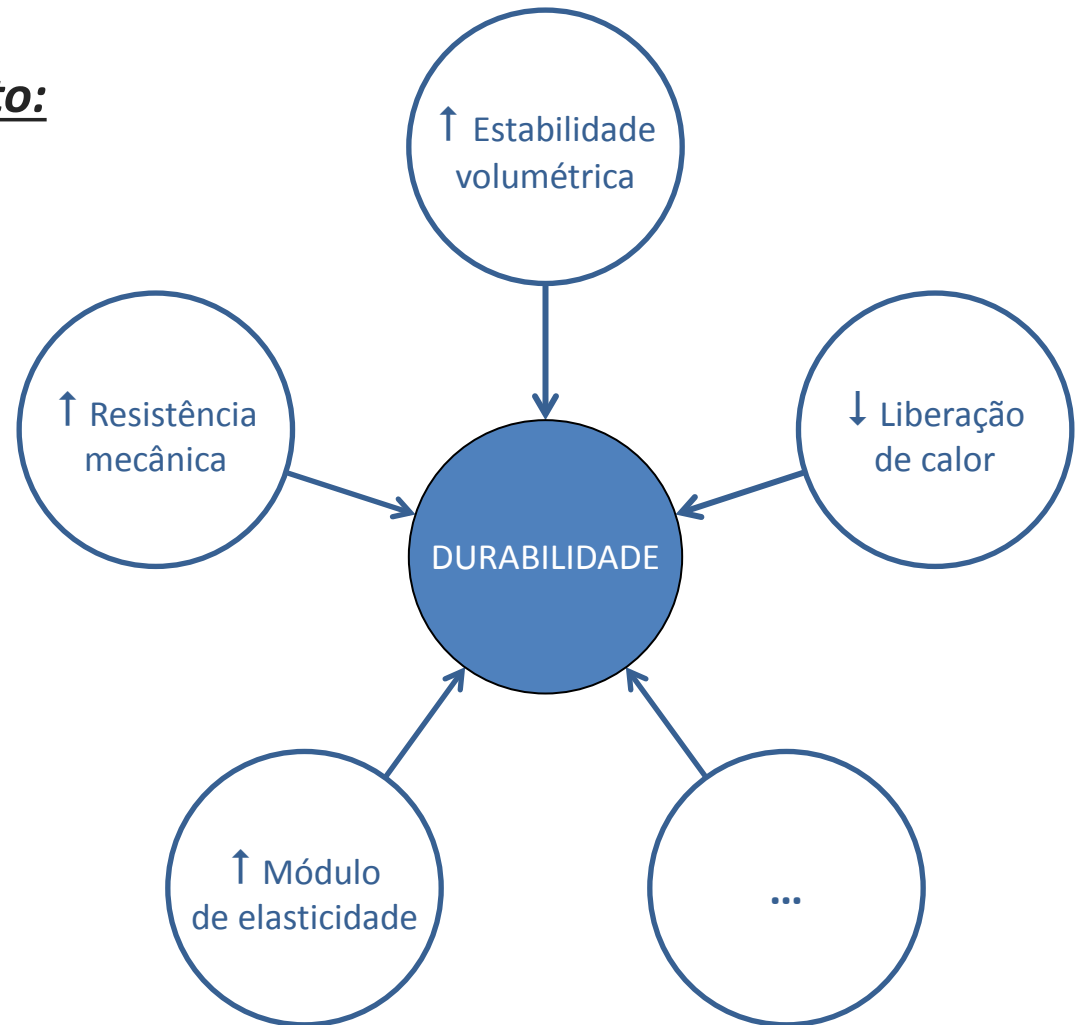


Sinergia entre a nano-SiO₂^{r-} e micro-SiO₂^{r-}

➤ Conseqüências no concreto:

Somando-se as duas adições minerais ativas silícicas, **nano-SiO₂^{r-}** e **micro-SiO₂^{r-}**, resulta em um melhor desempenho dos concretos.

E uma maior resistência físico-química frente a qualquer ambiente agressivo.



Barra Shopping – Início 2012



Barra Shopping – Início 2012





Barra Shopping – Início 2012



Cervejaria Petrópolis – 2012 e 2013



Edifício Madeira – Barueri-SP – 2013/14

FICHA TECNICA COMPLEXO MADEIRA

Alameda Madeira - Alphaville - Barueri/SP

Área do terreno: 6.720,00m²

Área Total Construída: 55.719,00m²

Número Total de Pavimentos: 30 (3 subsolos, 2 sobressolos, 1 térreo, 6 pavimentos com unidades hoteleiras e 18 pavimentos com salas comerciais)

Número Total de Unidades: 279 escritórios, 264 apartamentos, 60 suítes long stay e 18 lojas

Número Total de Vagas: 757

Metragem Média dos Escritórios: 56m²

Metragem dos Apartamentos: 26m² e 39m²

Metragem das Suítes Long Stay: 51m²

Gestão: Norfin Brasil

Hotelaria: Blue Tree Premium





TIISA – Ferrovia Norte Sul – Início 2012





TIISA – Ferrovia Norte Sul – Início 2012



Porto de Açu – Acciona - 2014



Porto de Açú – Acciona - 2014





Maior distribuidora de Sílica Ativa da América Latina

Achamos a Fórmula!



Sílica Ativa + Nanosílica estabilizada = Ação Permanente

Nosso P&D descobriu a Ação Permanente!

Um Novo Conceito de durabilidade e alta performance do Concreto com:

Baixa relação a/c, com elevadas resistências à compressão iniciais e finais, aumento do módulo de elasticidade e tração na flexão.

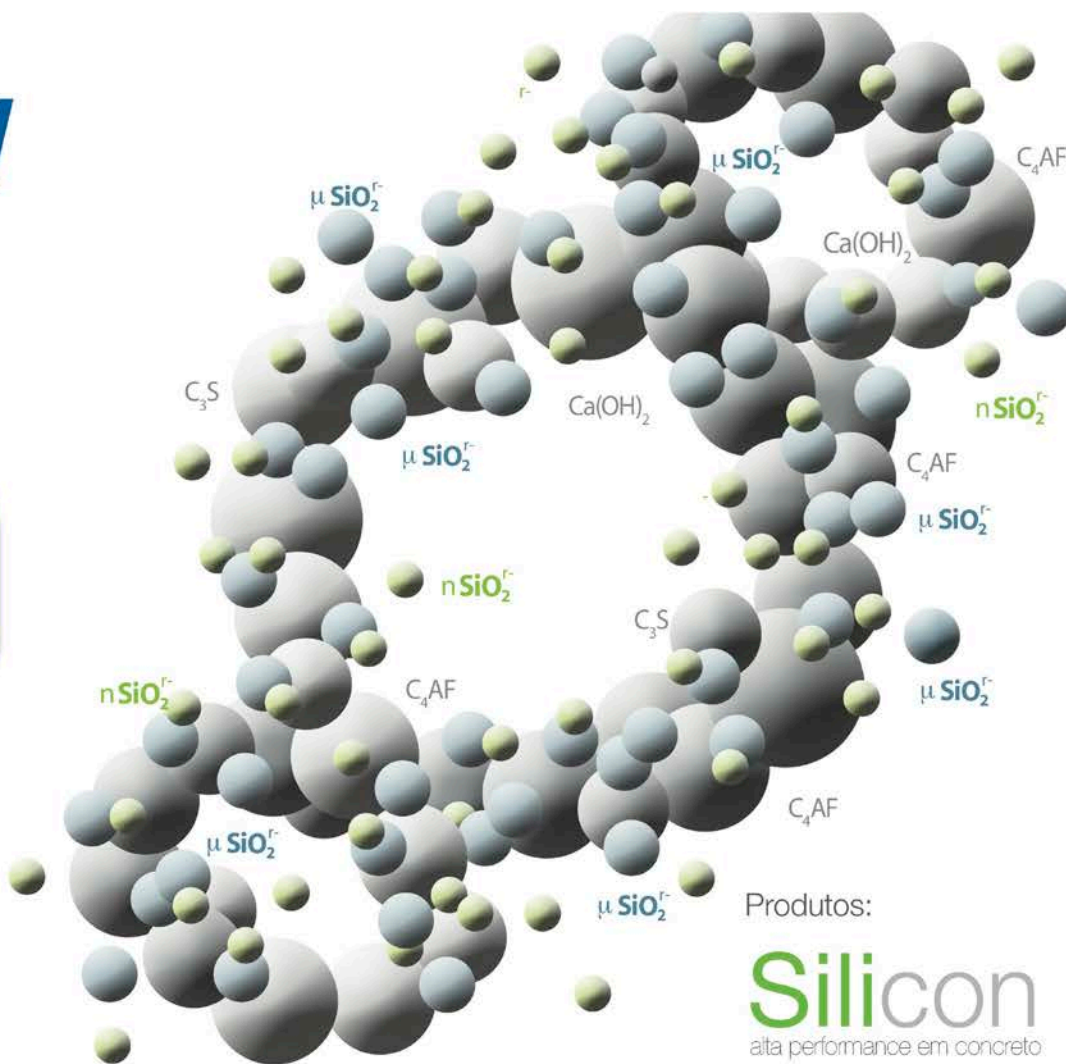


Imagem meramente ilustrativa

Produtos:

Silicon
alta performance em concreto

Nanotecnologia

Saiba mais:

www.tecnosilbr.com.br
contact@tecnosilbr.com.br

OBRIGADO!

joao@tecnosilbr.com.br

WWW.TECNOSILBR.COM.BR