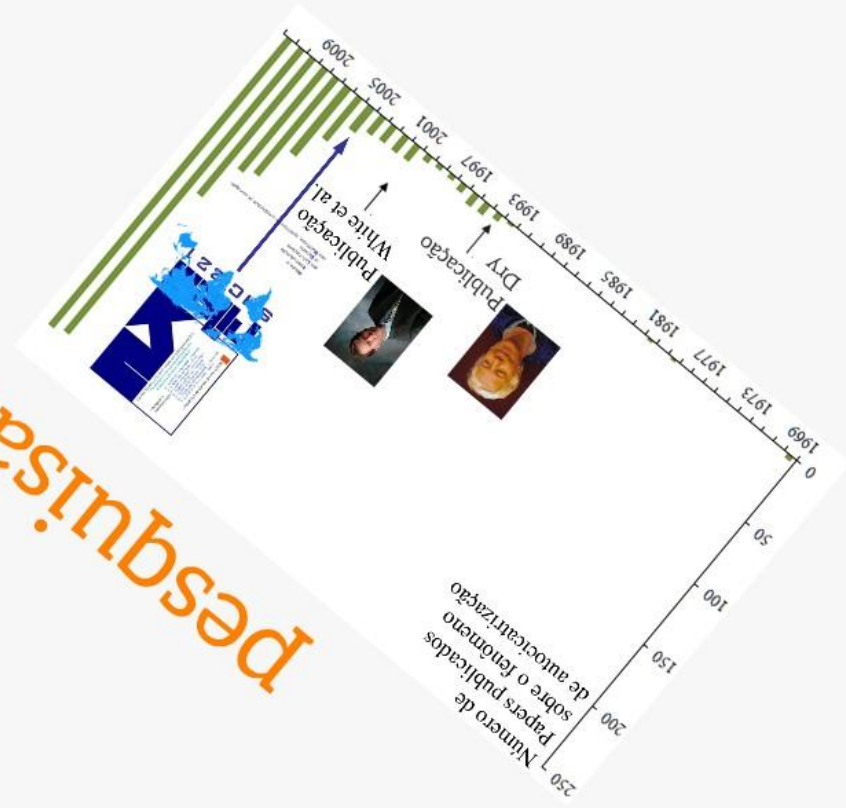


pesquisas



ITA
Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Concretos autocicatrizantes

Casos de obras do M.I.S. e M.A.R.

Muito obrigado pela atenção.

MSc. Eng. Emilio Minoru Takagi
etakagi@ita.br
etakagi@penetron.com



Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Concretos autocicatrizantes

*Casos de obras do
M.I.S. e M.A.R.*

Muito obrigado pela atenção.



MSc. Eng. Emilio Minoru Takagi
etakagi@ita.br
etakagi@penetron.com





Instituto Tecnológico de Aeronáutica

inovações





Self Healing



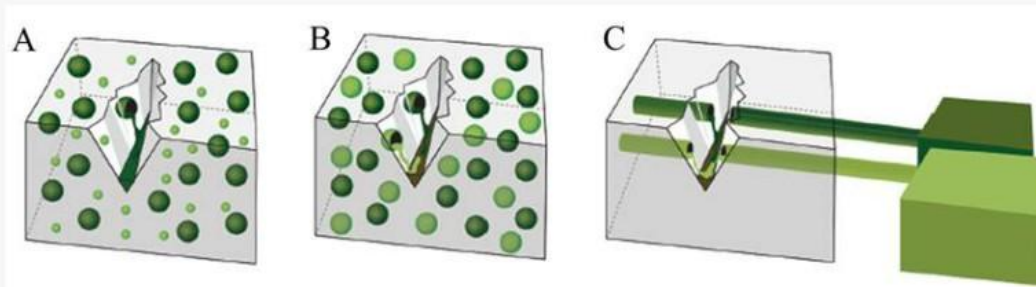
intenção

1994

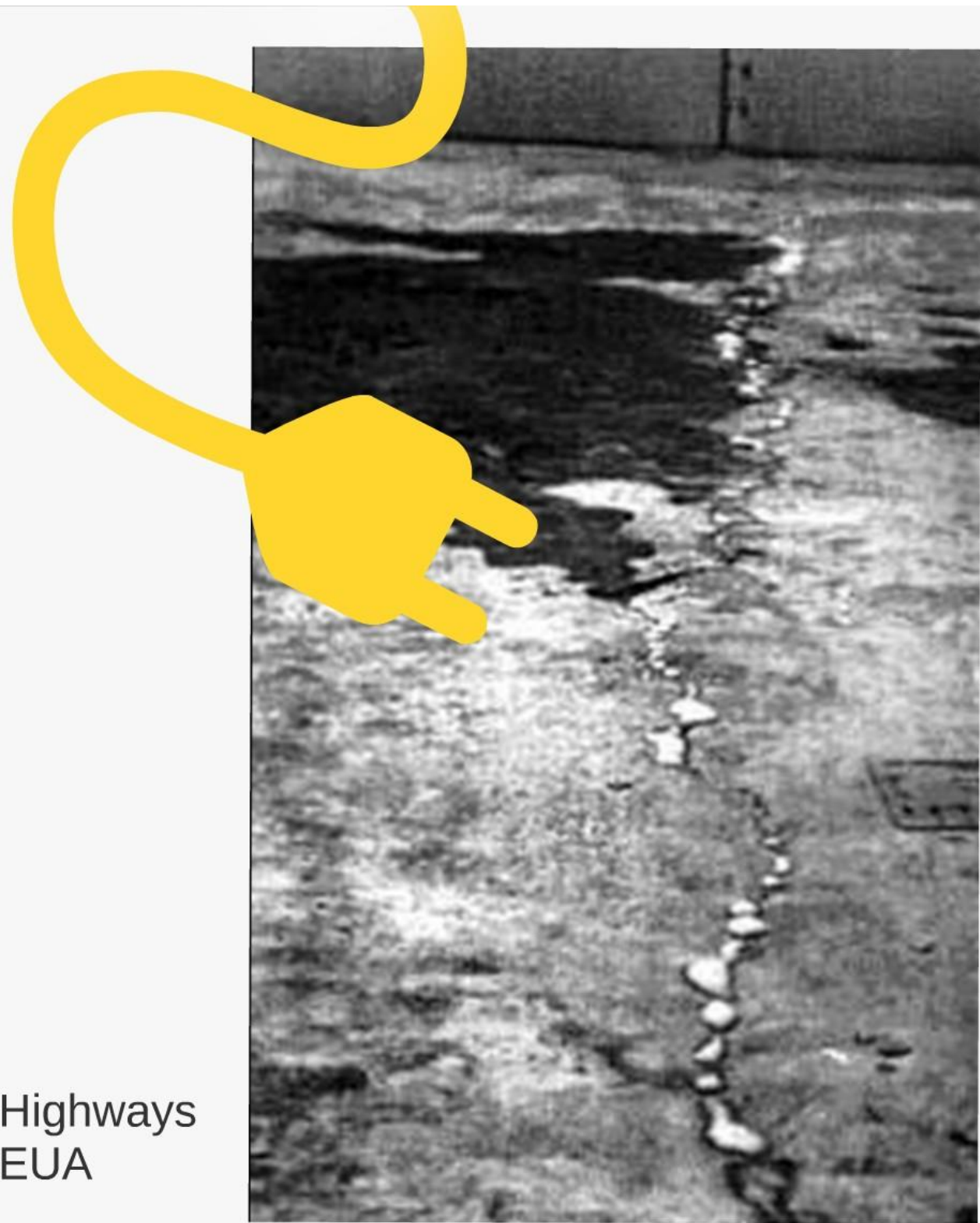


Profa. Dra. Carolyn Dry

Departamento de Arquitetura da Universidade de Illinois



Federal Highways
Illinois - EUA



Federal Highways
Illinois - EUA

Confiabilidade

Prof. Dr. Scott White

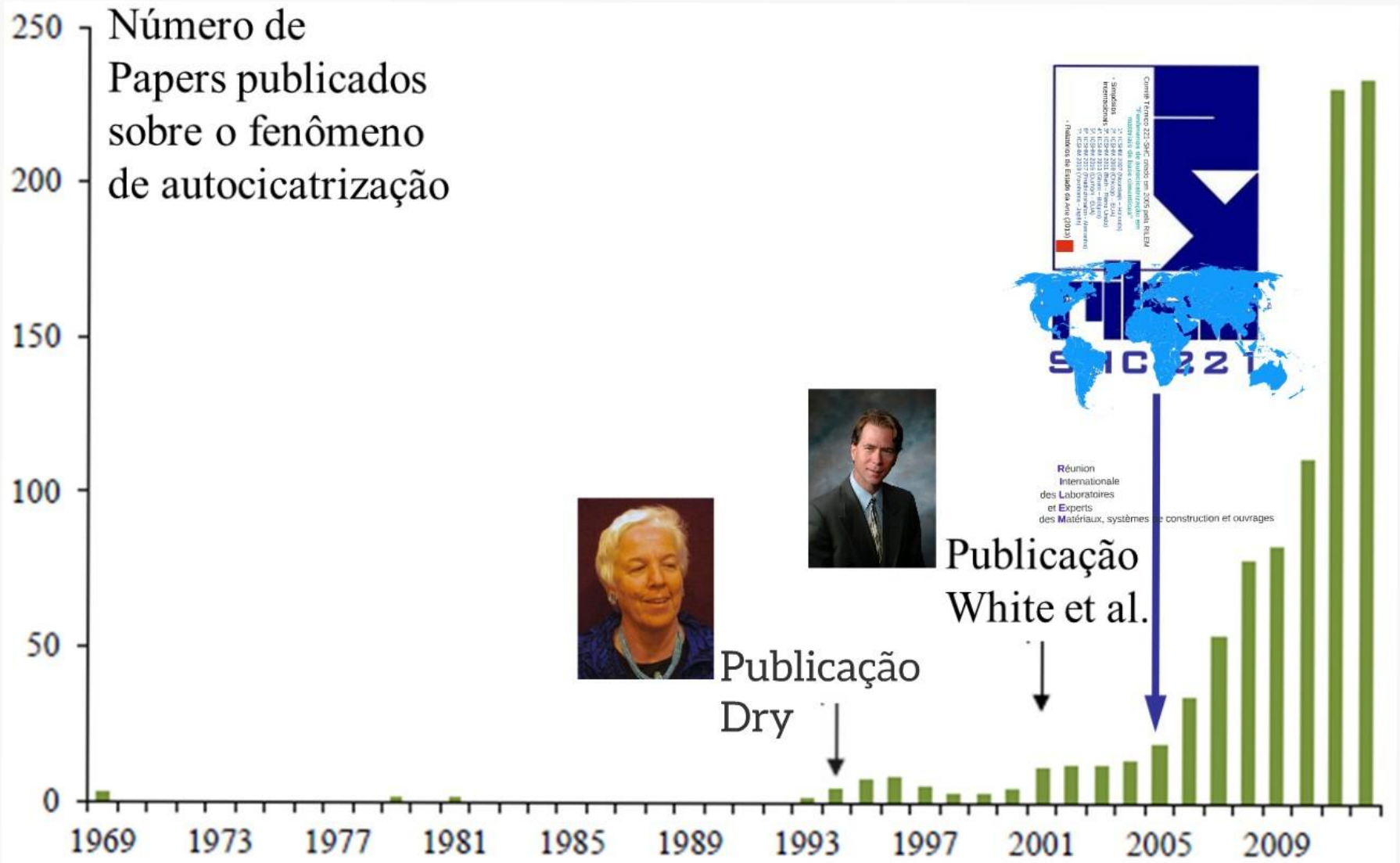
Depto de Engenharia Aeroespacial da
Universidade de Illinois

2001





pesquisas



Comitê Técnico 221-SHC criado em 2005 pela RILEM
**"Fenômenos de autocicatrização em
materiais de base cimentícia"**

- Simpósios internacionais
 - 1º. ICSHM 2007 (Noordwijk – Holanda)
 - 2º. ICSHM 2009 (Chicago – EUA)
 - 3º. ICSHM 2011 (Bath – Reino Unido)
 - 4º. ICSHM 2013 (Ghent – Bélgica)
 - 5º. ICSHM 2015 (Durham - EUA)
 - 6º. ICSHM 2017 (Friedrichshafen - Alemanha)
 - 7º. ICSHM 2019 (Yokohama - Japão)
- Relatórios de Estado da Arte (2013)



RILEM State-of-the-Art Reports

Mario de Rooij

Kim Van Tittelboom

Nele De Belie

Erik Schlangen *Editors*

Self-Healing Phenomena in Cement-Based Materials

Edited by Erik Schlangen, RILEM State-of-the-Art Reports

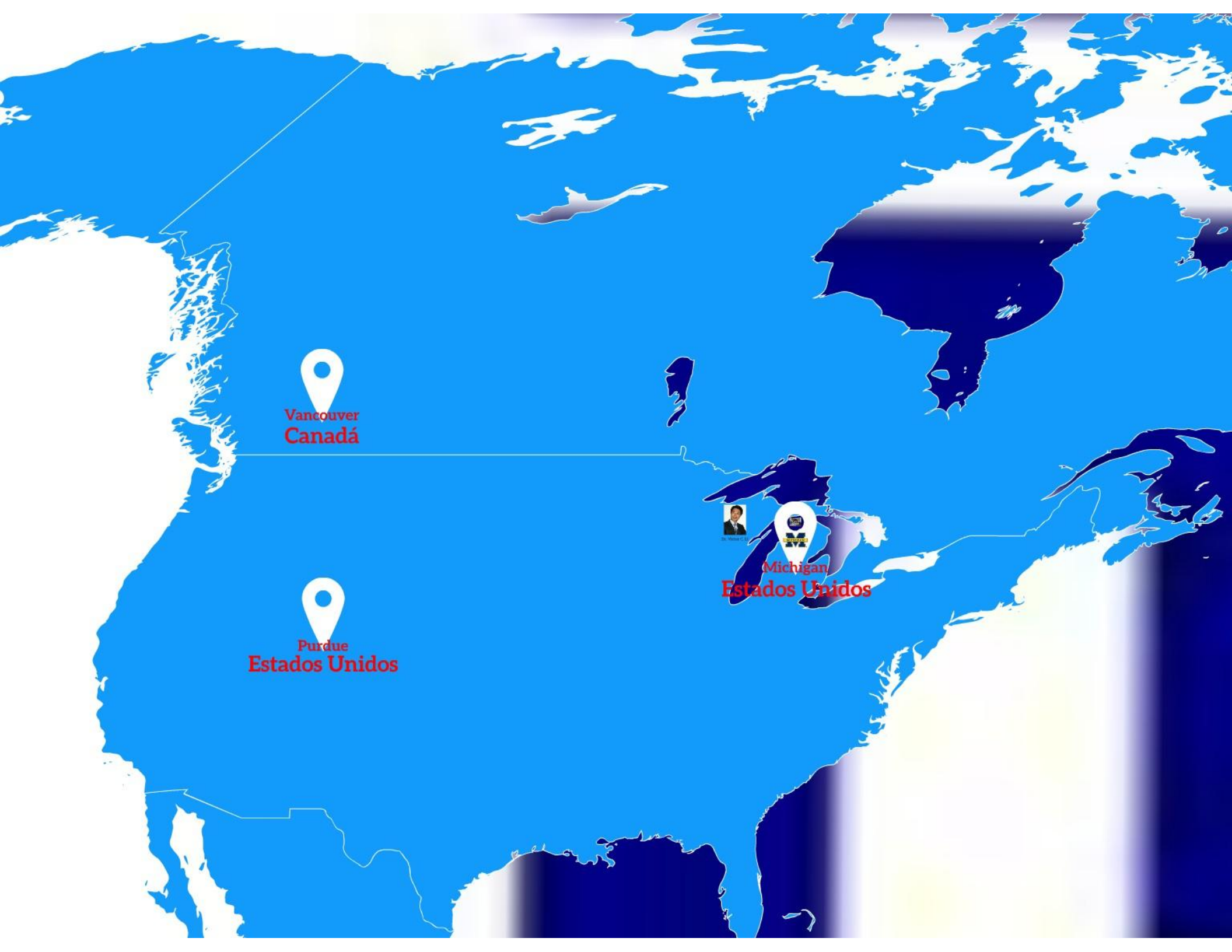
SIIC 221



pela RILEM
ção em
ção”
-olanda)
(JA)
Unido)
ica)
A)
en - Alemanha)
Japão)
te (2013)



Réunion
Internationale



Vancouver
Canadá

Purdue
Estados Unidos



Michigan
Estados Unidos



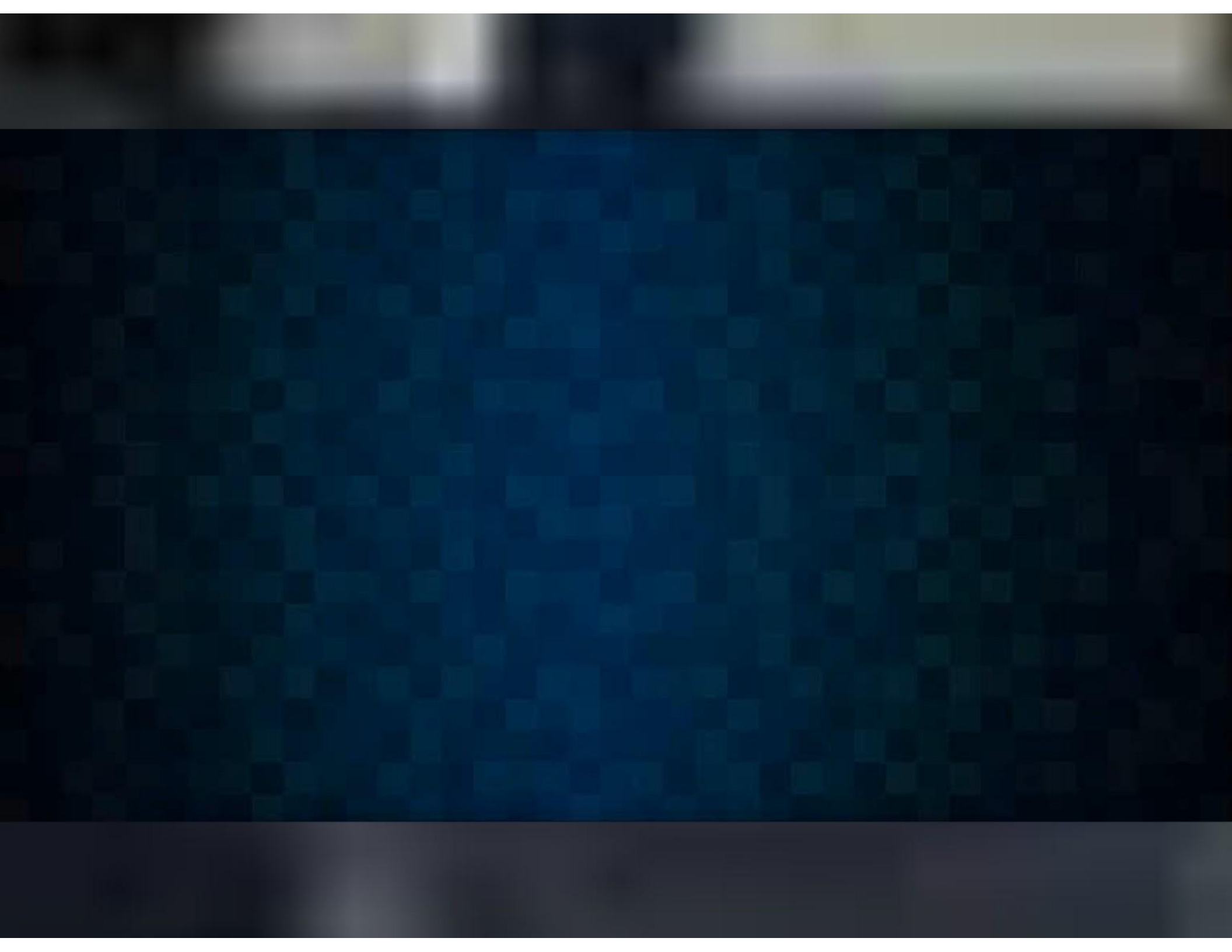
Dr. Victor C. LI



Michigan Estados Unidos



2 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
© Courtesy of Victor Li





Cardif
Inglaterra

Gante
Bélgica

Nantes
França

Amsterdã
Holanda

Stuttgart
Alemanha

Dresden
Alemanha



Dra. Kim VAN TITTELBOOM



Dra. Nele DE BELIE



Dra. Jianyun WANG



Dr. Willem DE MUYNCK



Gante Bélgica

Dr. Eduard



LABO MAGNEL

VOOR BETONONDERZOEK



Dr. Mário De KOOIJ



Dr. Erik SCHLANGEN



Dr. Eduardus KOENDERS



Dr. Henry JONKERS



Delft Holanda

INÉDITO





Nanjing
China

Shenzhen
China

Sendai
Japão

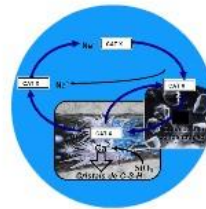
Tóquio
Japão



Dr. Toshiharu KISHI



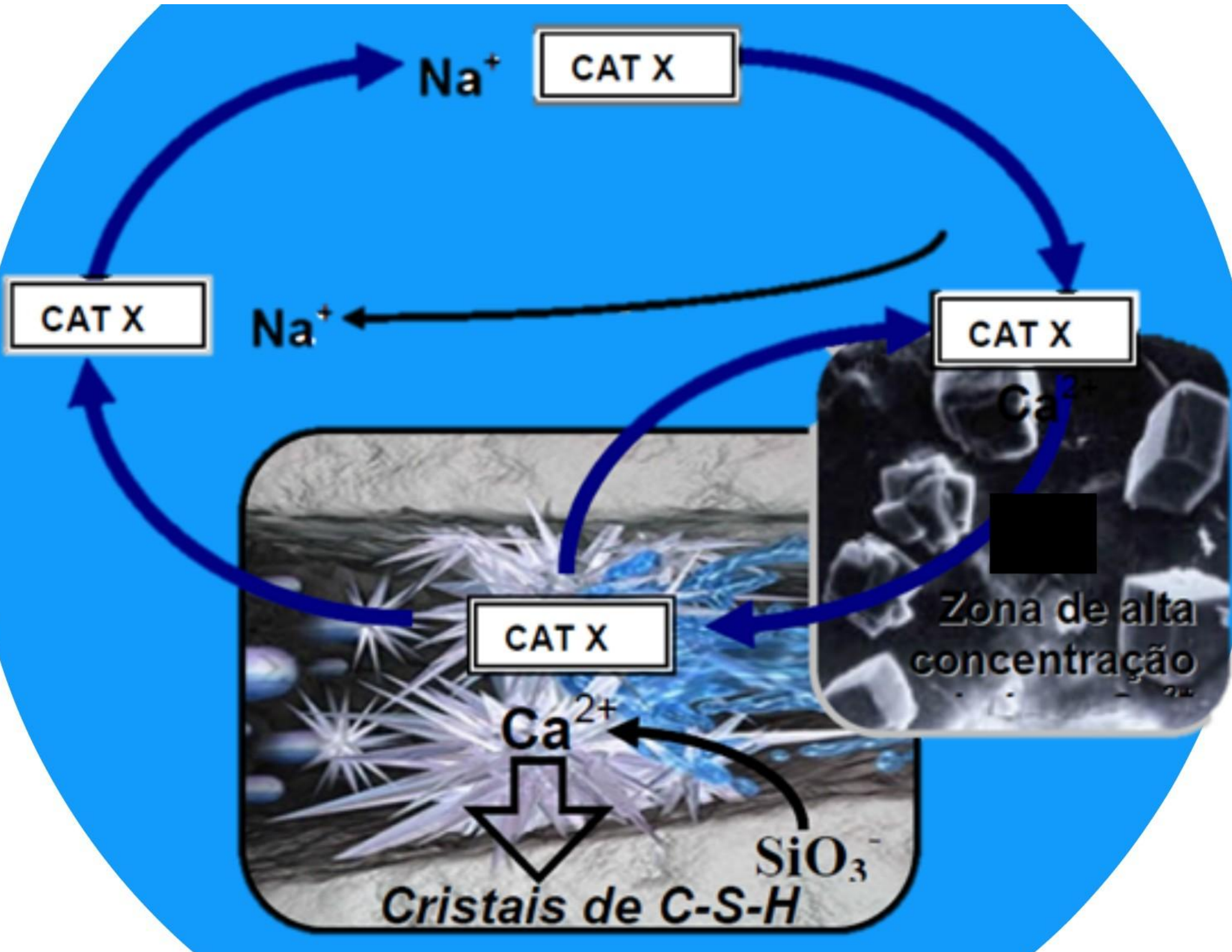
Dr. Tae-ho AHN



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO



Tóquio
Japão







Brasília



Poços de Caldas



Taubaté



Sorocaba



São Paulo



São José dos Campos

Brasil



Londrina



Curitiba



Brasília



Poços de Caldas



Taubaté



Sorocaba



São Paulo



São José dos Campos

Brasil



Londrina



Criciúma



Porto Alegre



UNITAU
Universidade de Taubaté

Taubaté



Dra. Maryangela LIMA



Dr. Paulo HELENE



**ESCOLA
POLITÉCNICA
DA USP**



MSc. Emilio TAKAGI

ISSN 2008 - 1900
**International Journal of
Materials & Product
Technology**



Dr. Ronaldo MEDEIROS



São José dos Campos

lo Brasil



Instituto Tecnológico de Aeronáutica

INOVAÇÃO | CONCRETO AUTOCICATRIZANTE

RUMO AO CONCRETO DO AMANHÃ

CONCRETO AUTOCICATRIZANTE 'ENGENHEIRADO' COM CIMENTO DE ESCÓRIA DE ALTO FORNO ATIVADO POR ADITIVO CRISTALINO (PRAH 4G)

**PAULO HELENE – PROFESSOR TITULAR E DIRETOR
DEPARTAMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO / PHD ENGENHARIA**

**RONALDO A. MEDEIROS-JUNIOR – PROFESSOR
DOUTOR – DEPARTAMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR)**



EMILIO M. TAKAGI



MARYANGELA G. LIMA



PAULO HELENE

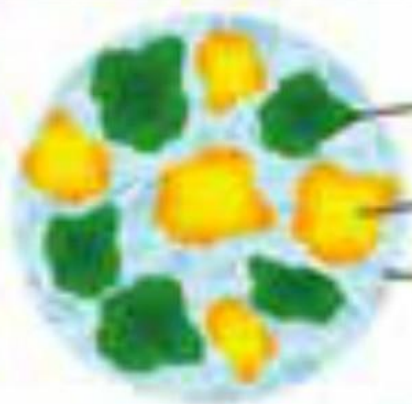


**RONALDO A. MEDEIROS-
JUNIOR**

ção: como a autocicatrização com reforço de fibras, bactéria produtora de minerais, polímero superabsorvente, agente cicatrizante contido em cápsulas, e a adição do aditivo cristalino (PRAH 4G). No último caso, o PRAH em sua quarta geração, pertence a uma categoria de aditivos impermeabilizantes redutores da porosidade do concreto, disponível e amplamente empregada como tal no mercado de produtos químicos da construção, e classificado como *Permeability-Reducing Admixtures exposed to Hydrostatic conditions* (PRAH) de acordo com a recomendação técnica americana ACI 212.3R-10 “Relatório sobre Aditivos Químicos para Concreto” [1].

O consenso alcançado sobre o concreto autocicatrizante (CAC), entre a comunidade internacional, resultou no relatório de estado-da-arte da RILEM “Fenômeno de autocicatrização em materiais à base de cimento” publicado pelo comitê técnico 221-SHC criado em 2005. Distingue-se o mecanismo da colmatação “autógena”

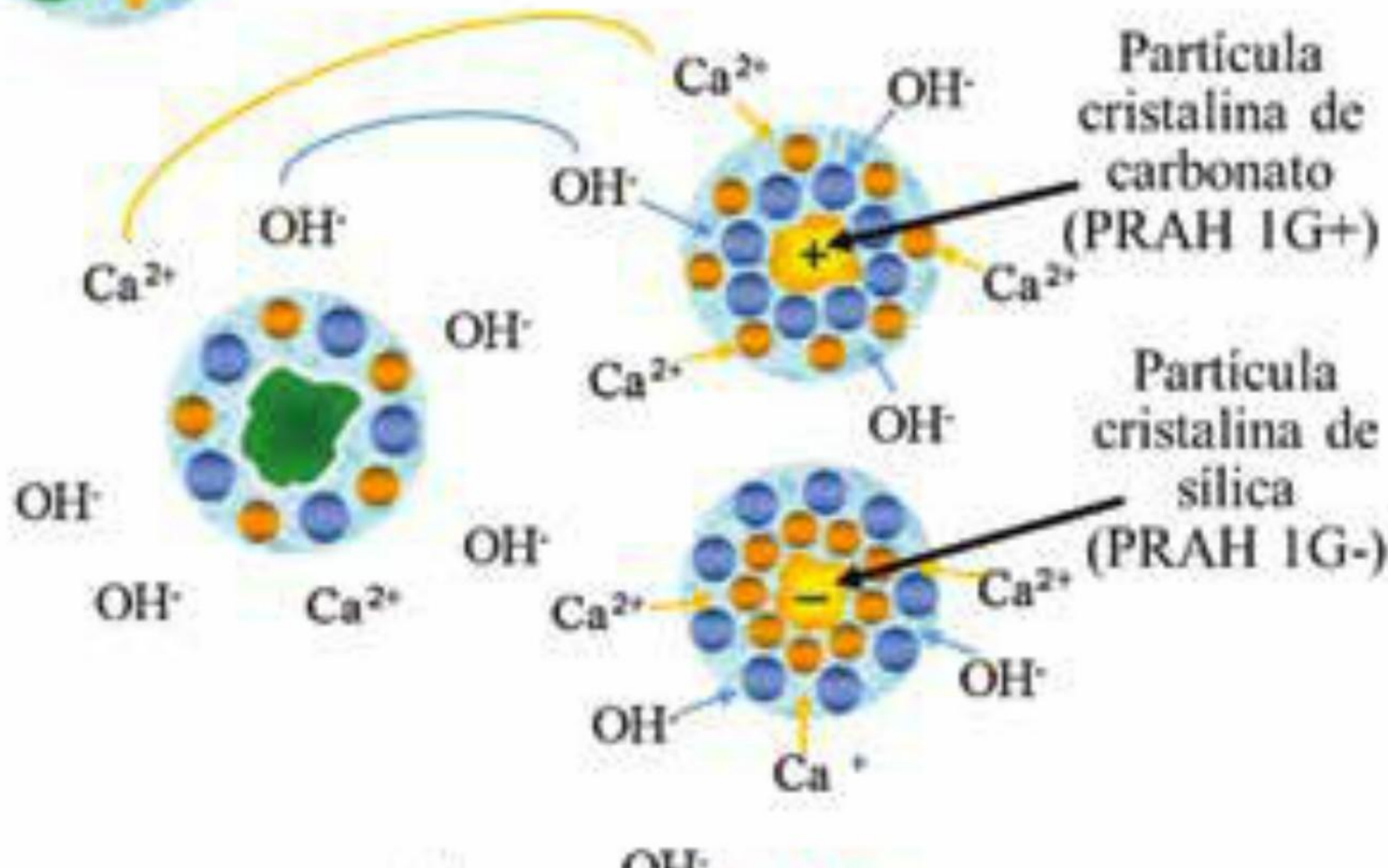
resta
e de p
prio m
princ
“de e
cória
e o P
O f
de fis
porta
ênCIA
maçã
em cr
como
dióxio
Mais
muita
com
do (C
bona
nismo
contí
cimen
volan
resid



grãos de Cimento Portland

Aditivo cristalino (PRAH 1G +/-)

Água de amassamento



Particula cristalina de carbonato (PRAH 1G+)

Particula cristalina de silica (PRAH 1G-)

OH⁻

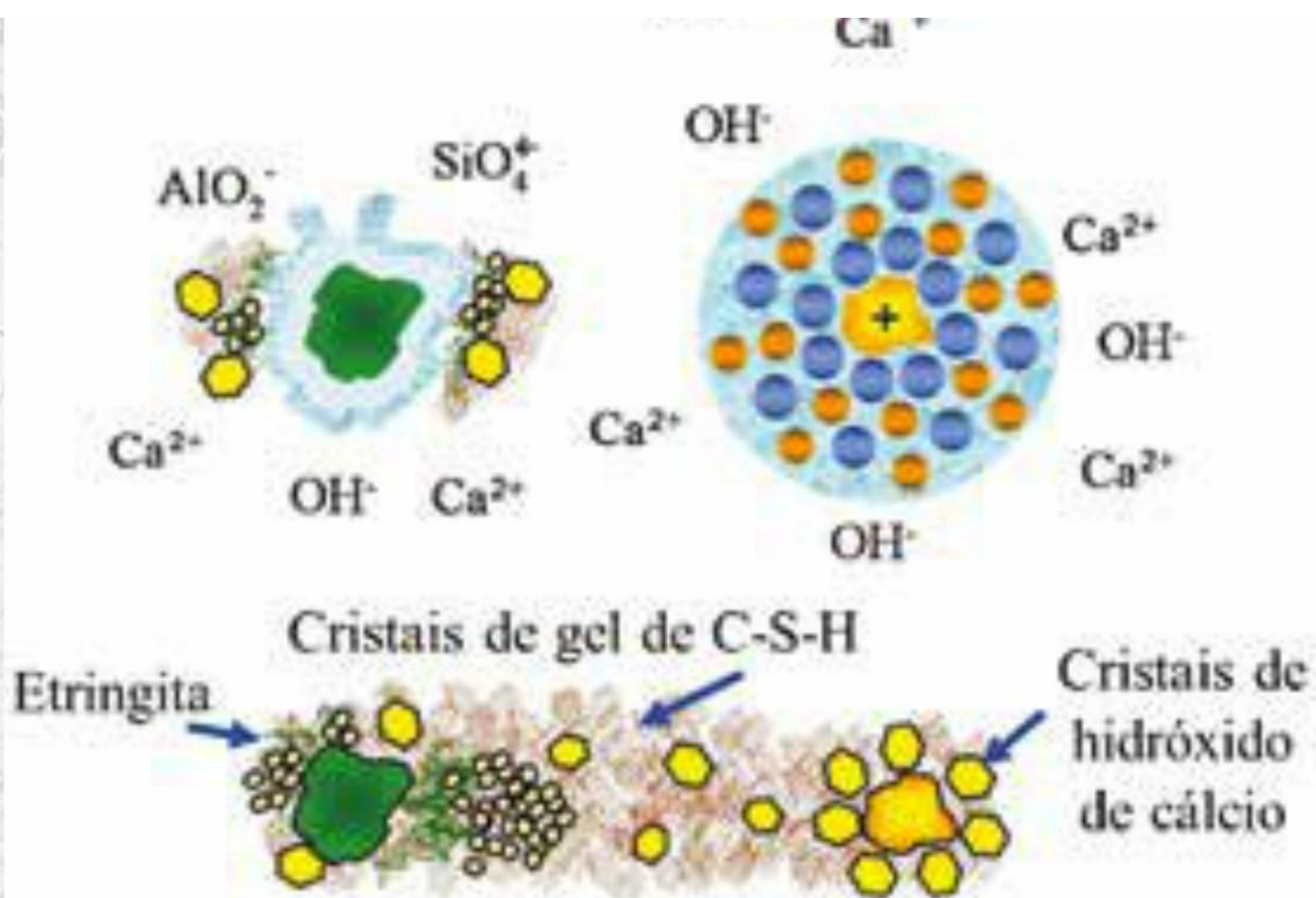


FIG. 1 – DIAGRAMA TRADUZIDO DE RAHHAL *ET AL* (2012) DA HIDRATAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND ESTIMULADO POR PARTICULAS CRISTALINAS DE SILICA (PRAH 1G NEGATIVO) E DE CARBONATO (PRAH 1G POSITIVO)

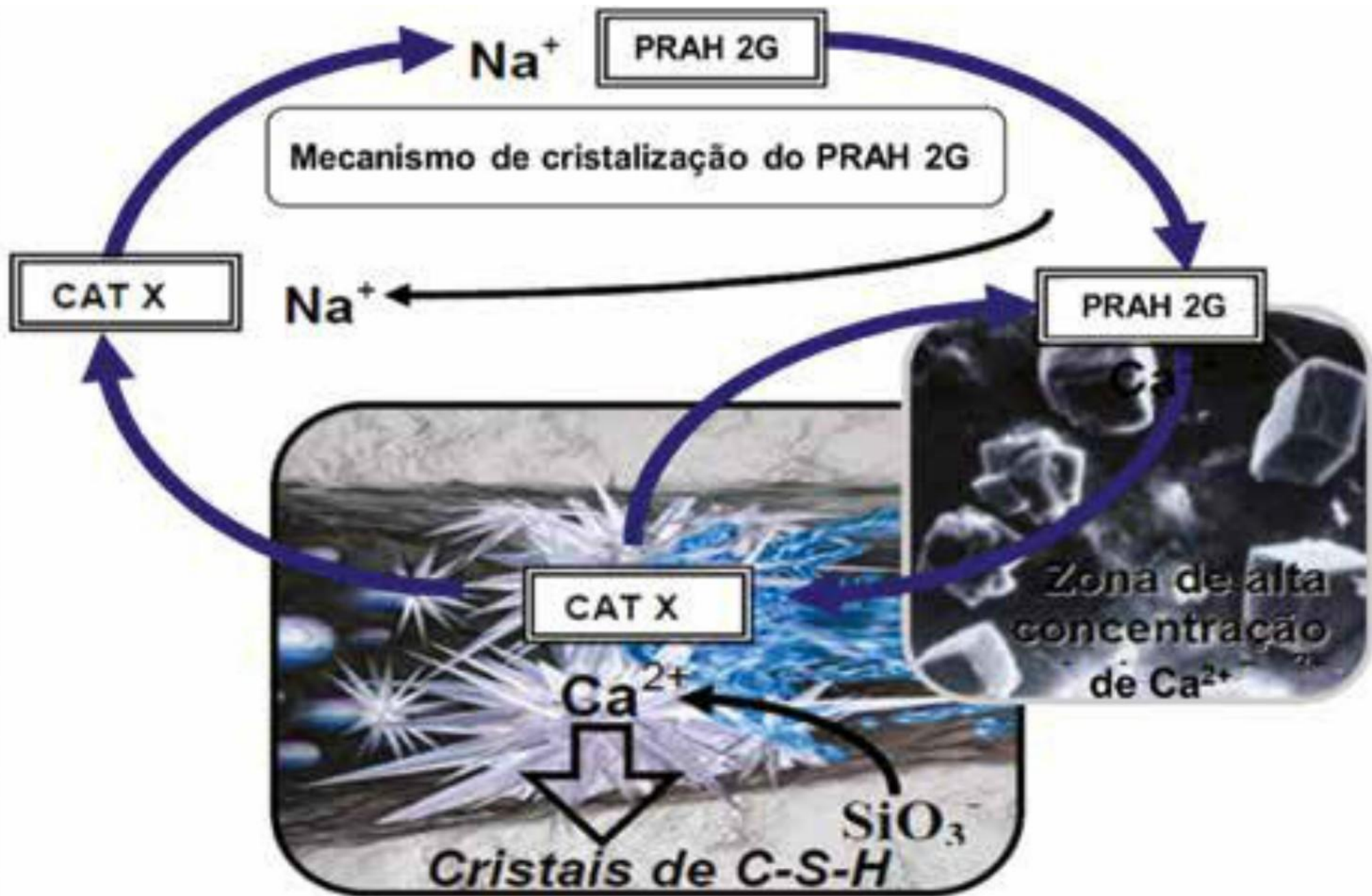


FIG. 2 – MECANISMO QUELANTE DO PRAH 2G-DE CRISTALIZAÇÃO E DE DISPERSÃO QUE PROVOCA UM EFEITO DE DISSOLUÇÃO E RECRISTALIZAÇÃO DOS SUBPRODUTOS DA HIDRATAÇÃO DO CIMENTO PROFUNDAMENTE NAS FISSURAS E POROSIDADES DO CONCRETO

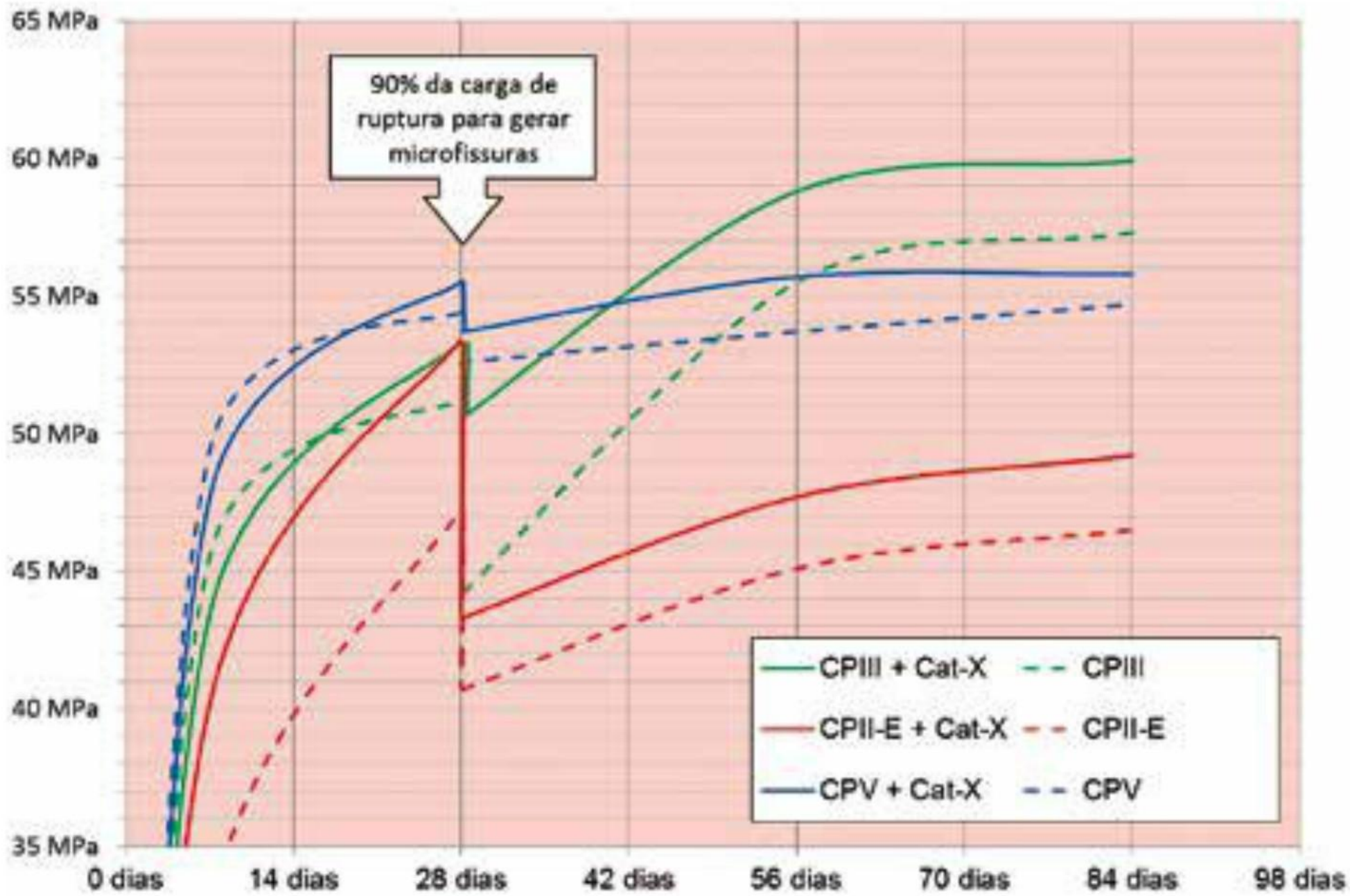


FIG. 3 – COMPORTAMENTO DA RCA DEVIDO À FISSURAÇÃO E AO EFEITO CICATRIZANTE

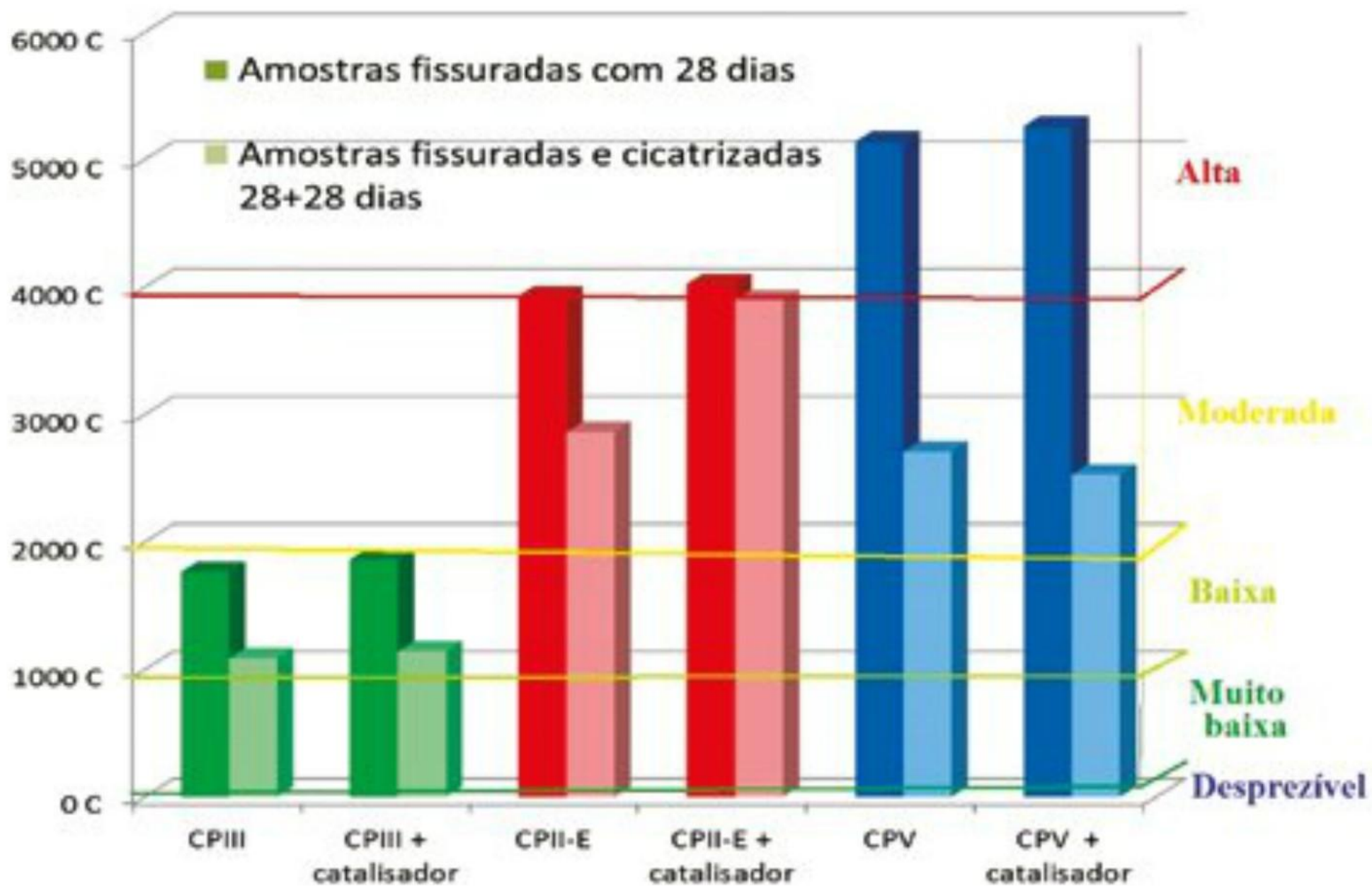
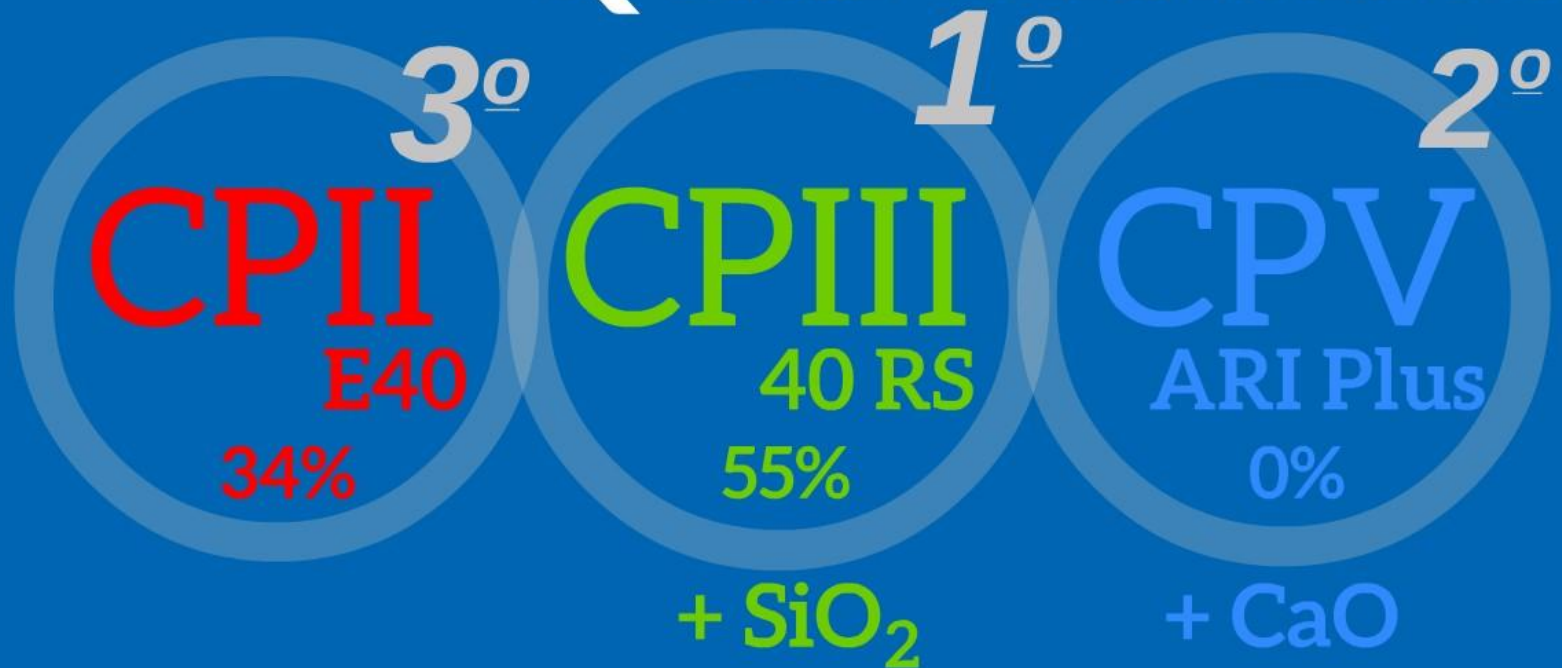


FIG. 4 – REDUÇÃO PERCENTUAL DA MIGRAÇÃO DE CLORETOS COMPARANDO OS 3 CIMENTOS

Qual cimento?



+ Aditivo cristalino (Cat-X)

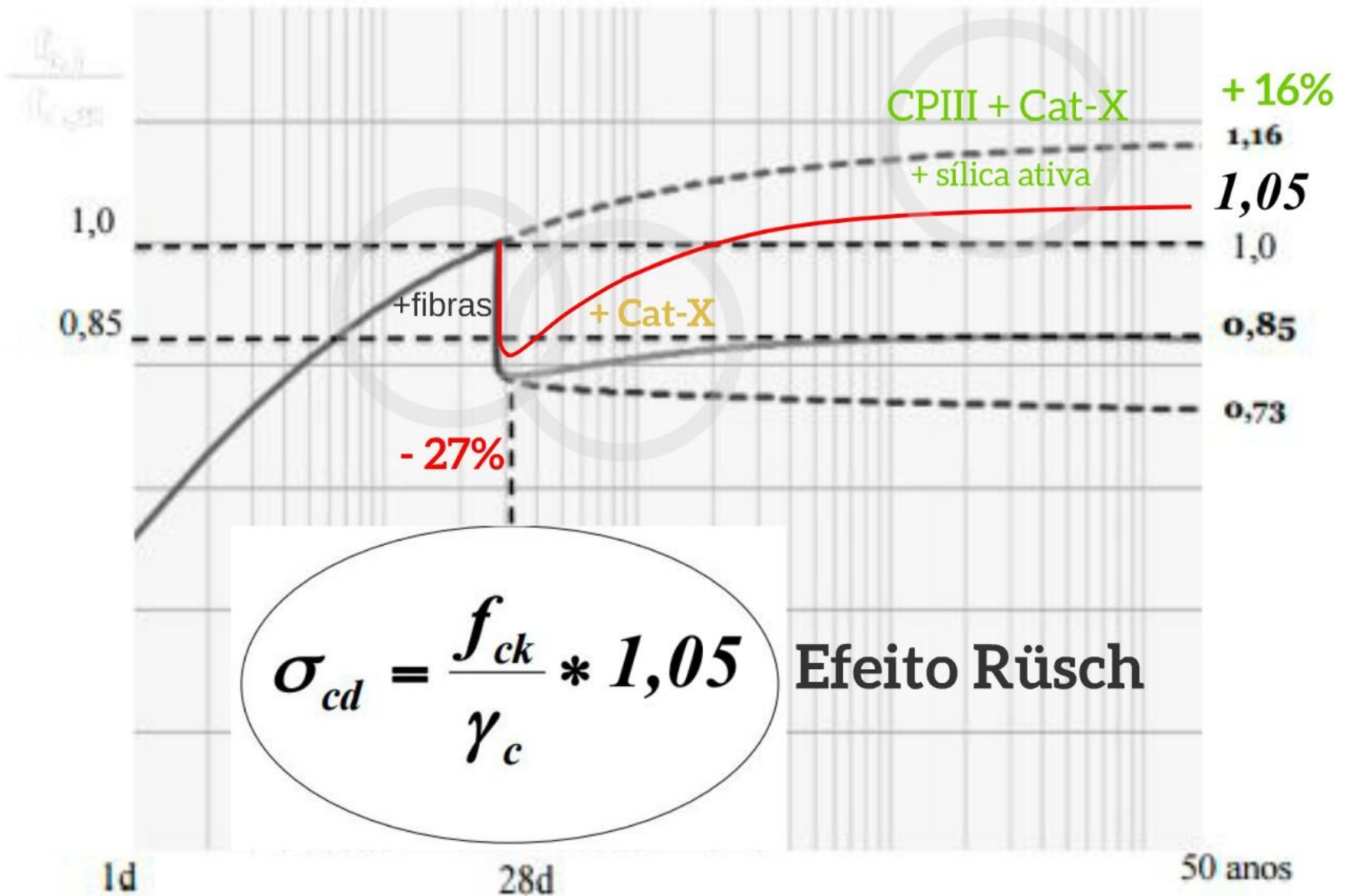
CPIII + sílica ativa CPV + filler calcáreo

+ Fibras + taxa de armadura adequada

+ Ciclos alternados de cura úmida / secagem



Concreto “carregado” aos 28 dias (NBR 6118)



Fonte: Palestra Paulo Helene no IE (2014)

Concretos *autocicatrizantes*

*Casos de obras do
M.I.S. e M.A.R.*

industrializar em concreto

A revista das estruturas pré-fabricadas



Nº 7 - Abril / 2016 - www.abcic.org.br - R\$ 15,00

ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS INOVADORAS COMO SOLUÇÃO PARA MERCADOS EM EXPANSÃO



ARTIGO

Desenvolvimentos na pré-fabricação do concreto. Lições do passado e avanços para o futuro

PONTO DE VISTA

André Pagliaro - Presidente do Conselho Estratégico da Abcic

14 | Maio 2016

Maiores que há décadas atrás. Hoje, tempo para construir uma casa custa em média R\$ 100 mil, enquanto há 20 anos custava apenas R\$ 30 mil. Segundo o CREA, a indústria do concreto tem crescido 10% ao ano, com o setor de pré-fabricado em crescimento de 20% ao ano. O setor de pré-fabricado em concreto tem crescido 10% ao ano, com o setor de pré-fabricado em concreto em crescimento de 20% ao ano. O setor de pré-fabricado em concreto tem crescido 10% ao ano, com o setor de pré-fabricado em concreto em crescimento de 20% ao ano.



Em relação ao mercado, a indústria de pré-fabricado em concreto tem crescido 10% ao ano, com o setor de pré-fabricado em concreto em crescimento de 20% ao ano. O setor de pré-fabricado em concreto tem crescido 10% ao ano, com o setor de pré-fabricado em concreto em crescimento de 20% ao ano.

14 | Maio 2016



Em relação ao mercado, a indústria de pré-fabricado em concreto tem crescido 10% ao ano, com o setor de pré-fabricado em concreto em crescimento de 20% ao ano. O setor de pré-fabricado em concreto tem crescido 10% ao ano, com o setor de pré-fabricado em concreto em crescimento de 20% ao ano.

industrializar INDUSTRIALIZAÇÃO EM PAUTA



O pré-fabricado se destaca na execução de obras de ampliação da infraestrutura portuária, com a construção de túneis graneleiros no litoral paulista

bricados, que foi procurada pela WEG Energia para construir uma torre eólica em Tubarão, Santa Catarina. A torre deveria ter 120

especiais para atingir as especificações do projeto”, explica.

Outro ponto crítico desse tipo de construção diz respeito à gestão

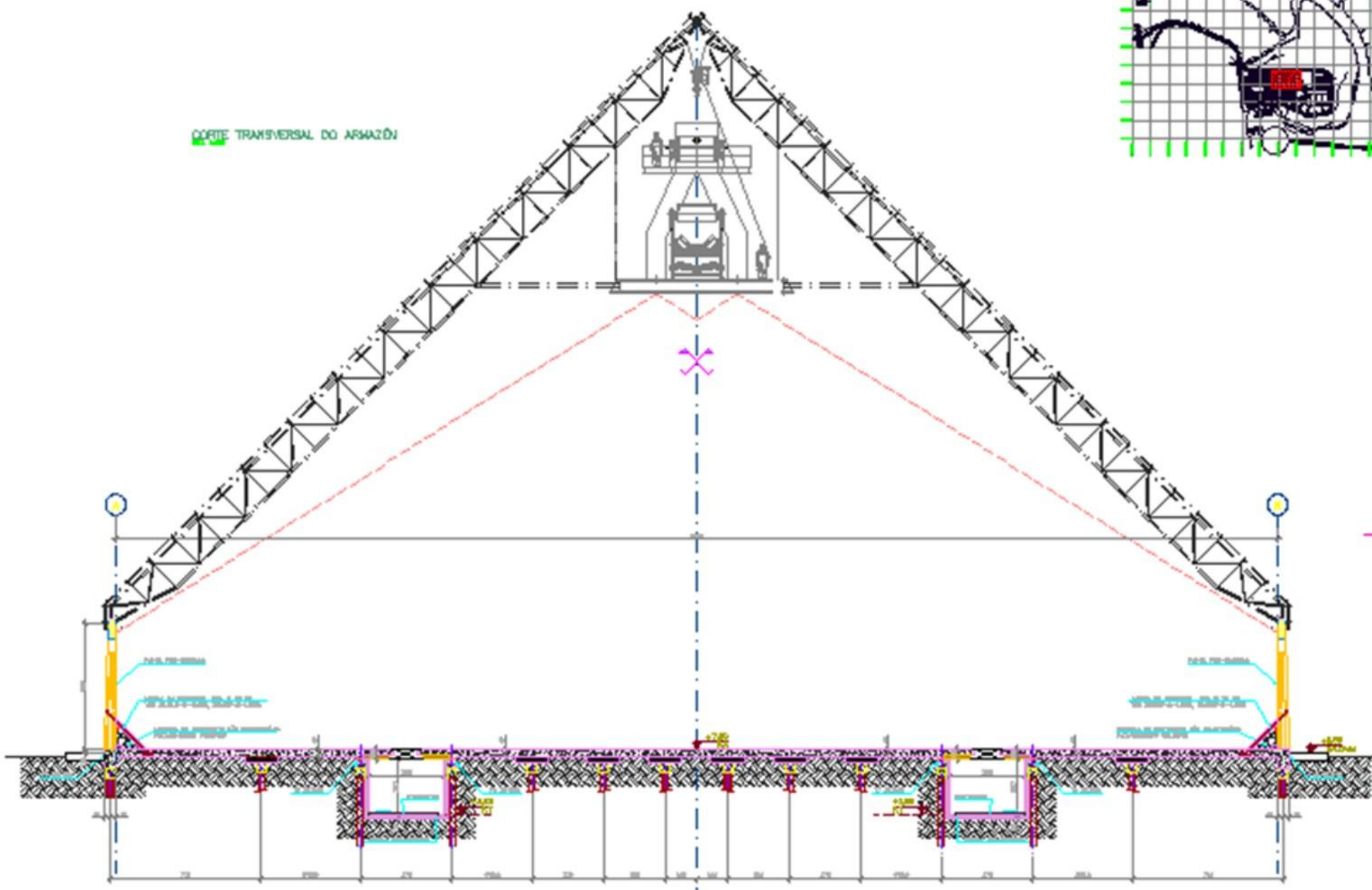
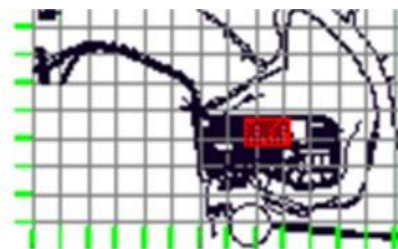
balhabilidade para a concretagem de uma peça horizontal com forma e contra forma. “A tolerância das peças segue padrão diferente dos pré-fabricados e a engenharia de concepção da torre possui considerações de fadiga ao concreto, devido aos esforços gerados pelo aerogerador”, afirma Cassol.

Já em relação à montagem da torre um cuidado extra tem de ser tomado em relação à velocidade do vento, pois em virtude da altura e do peso dos anéis requer um constante monitoramento para garantir a segurança da operação. “Trabalhamos com o que definimos como ‘janela de vento’, um período em que teríamos condições de realizar a montagem sem interrupções. Em razão disso, as equipes, algumas vezes, iniciavam os trabalhos mais tarde e realizavam a montagem durante a noite”, informa o diretor superintendente da empresa.

O projeto da construção da Tor-

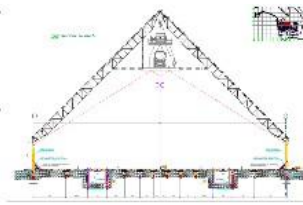


CORTE TRANSVERSAL DO ARMAZÉM



a noite , informa o diretor superintendente da empresa.

O projeto da construção da Tor-



Moinho Globo Alimentos, um edifício de oito pavimentos, com altura de 38 metros localizado no muni-

tesma indústria de Pré-fabricados de Concreto. A opção pelo pré-fabricado foi feita devido à ne-



O êxito da construção dos túneis graneleiros exigiu o desenvolvimento de distinta engenharia, incluindo formas altamente complexas

industrializar INDUSTRIALIZAÇÃO EM PAUTA



Um cuidado extra foi com o uso de um concreto altamente impermeável, devido a necessidade de absoluta estanqueidade no interior dos túneis

com um grande número de aberturas. Pelo fato de praticamente cada laje possuir uma abertura com dimensões variadas, a obra demandou um projeto específico

pré-fabricado deve ser pensada em atender as exigências do projeto, sem precisar de retrabalho no canteiro. Em função dessa característica, ela torna-se uma grande opção

vêm se destacando também nas complexas obras destinadas à ampliação e modernização da infraestrutura portuária. Um exemplo recente dessa aplicação está na construção de um conjunto de cinco armazéns graneleiros, além de túneis, em execução no litoral paulista, nas cidades de Santos e Cubatão. Trata-se de um dos maiores investimentos realizados na infraestrutura portuária da baixada santista e que, após ser concluído, terá capacidade estática para armazenar 500 mil toneladas de grãos e ocupará uma área construída de 53.000 m².

Sob a responsabilidade da Egelte Engenharia, a obra contou com a decisiva contribuição de estruturas pré-fabricadas de concreto na sua execução. A Egelte contratou a Leonardi Construção Industrializada para fornecer painéis autoportantes para os cinco armazéns e também os túneis de distribui-





Museu
da Imagem
e do Som



MIS
MUSEU
DA IMAGEM
E DO SOM

M.I.S.



Museu da Imagem e do Som

**MIS
MUSEU
DA IMAGEM
E DO SOM**





Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2013
Outubro / 2013



@ 2013 - IBRACON - ISSN 2175-8182

ESTANQUEIDADE DE LAJES DE SUBPRESSÃO. CASO MIS-RJ

Watertightness in anti-flotation slabs. MIS-RJ Case.

Carlos Britez (1); Paulo Helene (2); Suely Bueno (3); Jéssika Pacheco (4)

(1) *Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. PhD Engenharia. carlos.britez@concretophd.com.br*

(2) *Professor Titular da Universidade de São Paulo. PhD Engenharia. paulo.helene@concretophd.com.br*

(3) *Escritório Técnico Julio Kassoy e Mario Franco Eng. Civis Ltda. (JKMF). suelybueno@jkmf.com.br*

(4) *Jéssika Pacheco: PhD Engenharia. jessika.pacheco@concretophd.com.br*

Resumo

em sido comum em cidades litorâneas, como a do Rio de Janeiro, observar a construção de subsolos em edificações localizadas nas proximidades de orlas marítimas. Na maioria dos casos, a solução de engenharia envolvida nesses projetos é o uso de lajes de subpressão com o objetivo de garantir,

elevada e bem distribuída ao longo da espessura de 1m, a diferença de temperatura em dias quentes não acarretou em fissurações de origem térmica. O tempo médio para recebimento e descarga dos caminhões betoneira também foi rápido, em média de 12 minutos.

Tabela 1. Traço da laje de subpressão, em materiais secos, com f_{ck} previsto de 50MPa aos 28 dias de idade para 1m³ de concreto.

Traço do concreto	<i>concebido para $f_{ck}=50MPa$</i>
consumo de cimento por m ³ (CP III-40 RS – Votoran Moagem Santa Cruz)	448kg
adição de sílica ativa (Silmix)	30kg
relação água/cimento+adição (aglomerantes)	0,35
água (da umidade das areias, média ponderada fixada em 5%) + gelo total	168kg
areia média natural (Areal D. Lucia)	650kg
areia artificial, areia de brita tipo II (A 21 Mineração)	73kg
brita 0 (A 21 Mineração)	162kg
brita 1 (A 21 Mineração)	921kg
aditivo impermeabilizante por cristalização integral (XYPEX NF 500 concentrado, MC-Bauchemie)	4,5kg
aditivo plastificante polifuncional (MIRA RT 75, Grace)	4,0kg
aditivo superplastificante (Tecflow 9040, Rheoset/Grace)	2,9kg
100% de gelo em substituição à água livre de amassamento (materiais úmidos, umidade da areia de 5% em média ponderada)	130kg (gelo)

Traço do concreto

por m^3 (CP III-40 RS – Votoran

adição de sílica ativa (Silmix)

o água/cimento+adição (aglome

s areias, média ponderada fixad

concebido para

$f_{ck}=50\text{MPa}$

448kg

30kg

0,35

168kg

areia arti

aditivo impermeabilizante por c

aditivo pla

aditivo sup

100% de gelo em substituição à água



100% de gelo em subs

ANALIS DO 550 CO

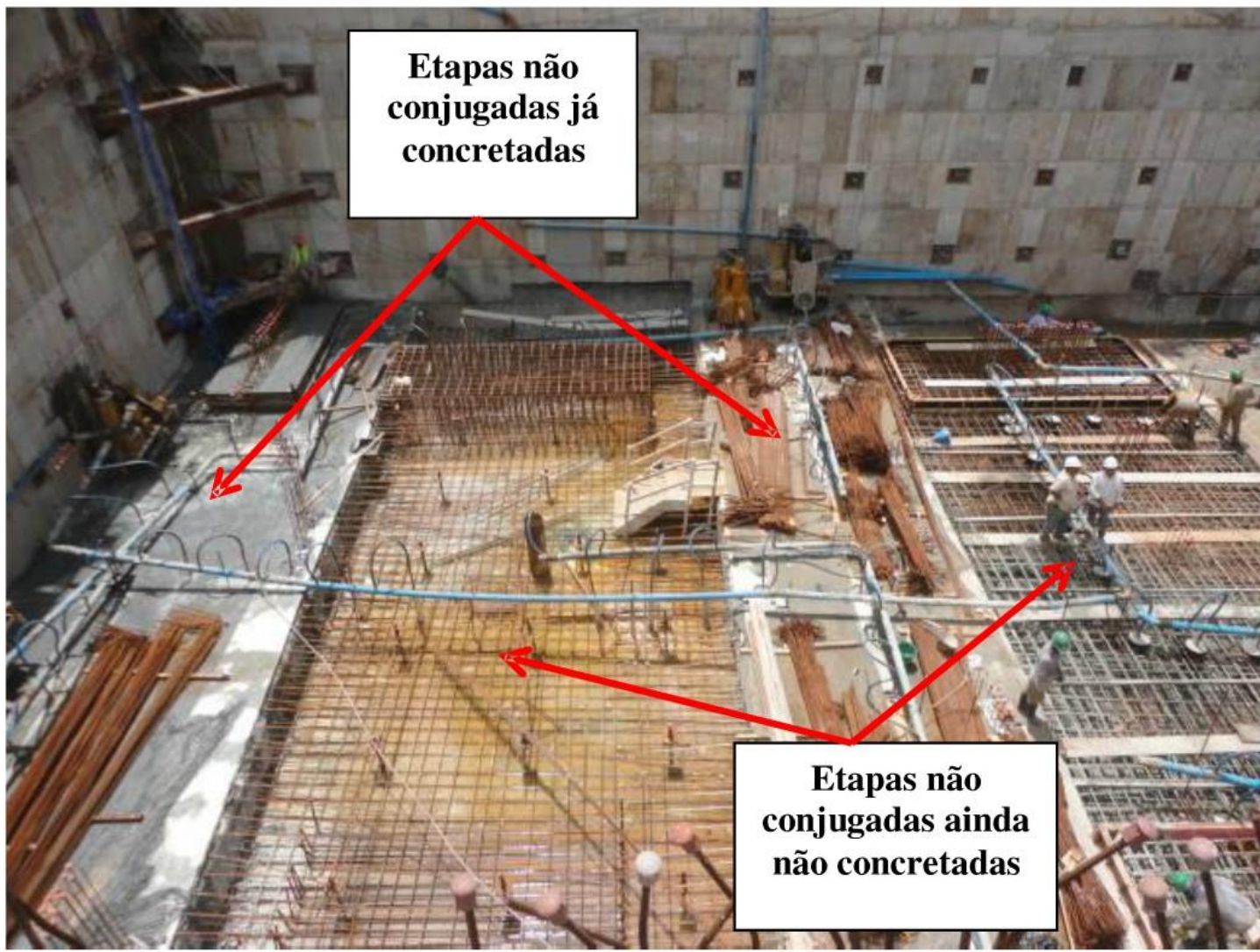


Figura 4 - Etapas de concretagem não conjugadas (faixas intercaladas).

imentos de concretagem e controle tecnológico

u-se que a primeira camada fosse lançada no fundo com cuidado para assegurar
avesse a penetração do concreto através da malha de aço inferior. Recomendou-

ODIRAS' AIO

M.A.R.

Museu de
Arte do
Rio



MUSEU DE ARTE DO RIO

Museu de Arte do Rio



MUSEU DE ARTE DO RIO

CONCRETO

& Construções



IBRACON
Instituto Brasileiro de Concreto

Ano XLI

72

OUT-DEZ • 2013

ISSN 1809-7197
www.ibracon.org.br

INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

PROJETO, TECNOLOGIA E EXECUÇÃO
DE OBRAS COM PRÉ-FABRICADOS DE
CONCRETO E SEUS DESAFIOS NO
CONTEXTO NACIONAL

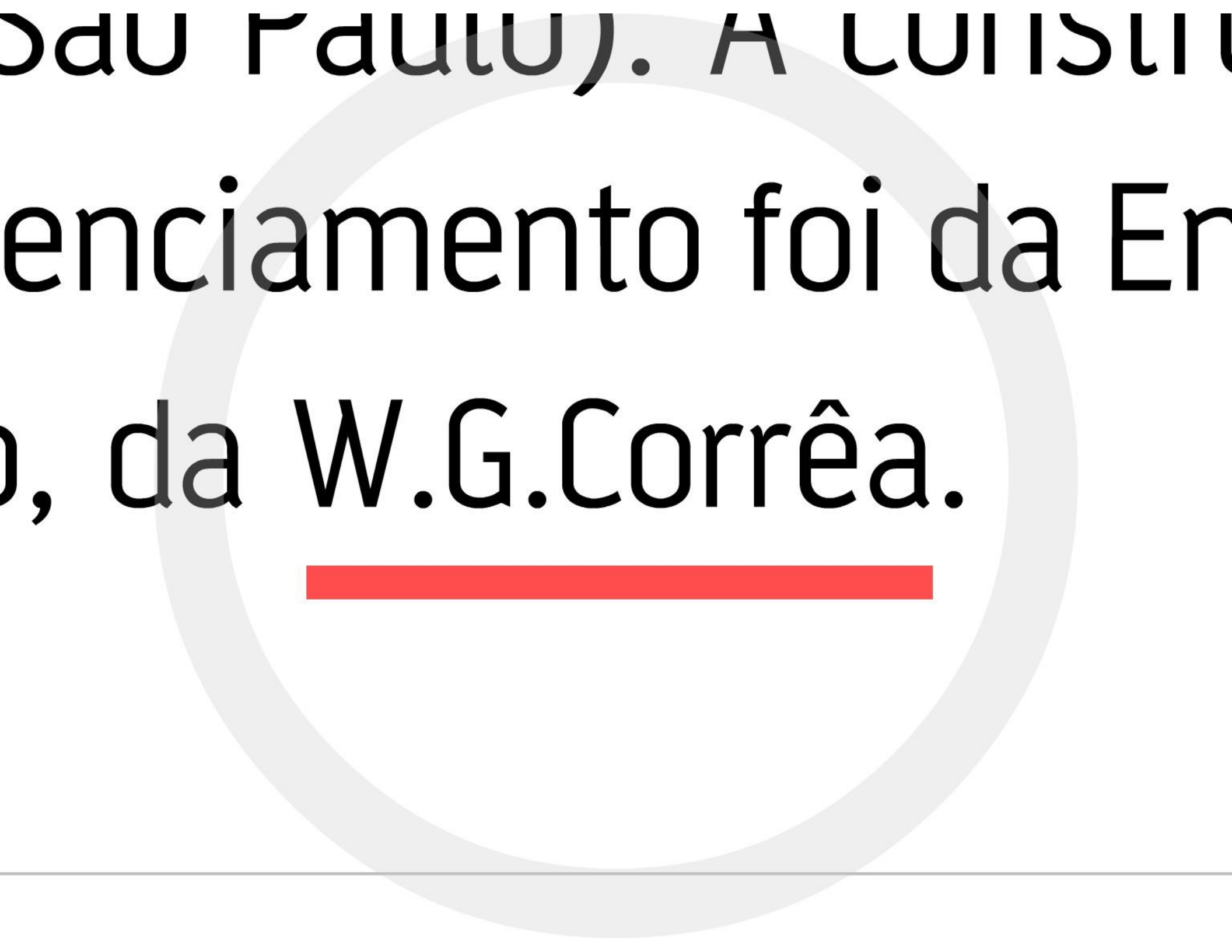
A onda de concreto que flutua no M.A.R.

IVAN RAMALHO DE ALMEIDA – PROFESSOR TITULAR (APOSENTADO)
UFF

1. INTRODUÇÃO

Surgiu recentemente uma grande novidade na Praça Mauá, centro da cidade do Rio de Janeiro: a cobertura fluida do Museu de Arte do Rio (CF do MAR). Projetada por Bernardes + Jacobsen Arquitetura, a peça estrutural tem forma de onda do mar, véu, lençol, nuvem, tapete voador... a imaginação é o limite. O fato é que ela tem quase 1700m², pesa 800 toneladas.





Sau Paulo). A Luisu
enciamento foi da Er
da W.G.Corrêa.



pos e dosagens de aditivos, agentes cristalizantes e fibras sintéticas na central selecionada para fornecer o material.

O cimento utilizado foi o CP III 40 RS Votoran e os aditi-

nuindo a propensão do concreto à fissuração.

Foram empregadas ainda sílica ativa Silmix (para garantir resistência, coesão e durabilidade ao concreto),

Tabela 1 – Características do concreto

Materiais e características	Especificadas	Obtidas nos testes preliminares
f_{ck}	$\geq 40\text{MPa}$	$\geq 50\text{MPa}$
<u>Cimento</u>	$\geq 360\text{ kg/m}^3$	<u>391kg/m^3</u>
Fator A/C	$\leq 0,45$	0,45 (relação A/(C+s))
Tamanho máximo do agregado	$\leq 25\text{mm}$	25mm
Abatimento	$10 \pm 2\text{cm}$	<u>11cm</u>
Teor de argamassa seca	De 52% a 55%	53,4%
<u>Sílica ativa</u>	$7 \pm 1\%$ da massa de cimento	<u>7,4%</u> da massa de cimento
<u>Microfibra de polipropileno</u>	$\geq 0,6\text{kg/m}^3$	<u>$0,6\text{kg/m}^3$</u>
<u>Agente cristalizante</u>	$\geq 2\%$ da massa de cimento	<u>2%</u> da massa de cimento
Água	$\leq 180\text{kg/m}^3$	<u>189kg/m^3</u>
Teor de ar	$\leq 4\%$	-
Temperatura do concreto depois do adensamento	$\leq 28^\circ\text{C}$	21°C
Aditivo polifuncional	-	0,7% da massa de cimento e sílica

f_{ck}

Cimento

Fator A/C

Tamanho máximo do agregado

Abatimento

Teor de argamassa seca

Cálculo

ditivos, agentes cristalizar
selecionada para fornecer
do foi o CP III 40 RS Votora

$\geq 50 \text{ MPa}$

391 kg/m^3

0,45 (relação $A/(C+s)$)

25mm

11cm

53,4%

7,40% de massa de cimento

Teor de argamassa seca

Sílica ativa

Microfibra de polipropileno

Agente cristalizante

Água

Teor de ar

Temperatura do concreto depois

53,4%

7,4% da massa de cimen

0,6kg/m³

2% da massa de cimen

189kg/m³

-

21°C

411 (para promover redução de água e garantir a durabilidade do concreto com o fator A/C adequado (relação água/cimento de pretendida para a estrutura) e retardador de pega para garantir a manutenção das características de trabalhabilidade do concreto durante o transporte e o lançamento em fôrmas). O retardador, porém, foi substituído por um retardador de gelo, na proporção de 80% da água de amassamento. Este retardador teve ainda as funções complementares de elevar a resistência, retardar a pega e reduzir a temperatura da massa de concreto, diminuindo a propensão do concreto à fissuração.

Foram empregadas ainda sílica ativa para garantir resistência, coesão e durabilidade a



Figura 11 – Aspectos da CF durante a concretagem







Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Concretos autocicatrizantes

Casos de obras do
M.I.S. e M.A.R.

Muito obrigado pela atenção.



MSc. Eng. Emilio Minoru Takagi
etakagi@ita.br
etakagi@penetron.com

