



Robustez: A habilidade do concreto autoadensável de manter as suas propriedades

Cristyan Zenato Rissardi

Acadêmico de Eng. Civil – UNISINOS/RS

Laboratorista itt Performance

cristyanz@unisinors.br



Introdução

Como obter um concreto altamente fluido mantendo suas propriedades no estado fresco e endurecido?



Aditivos Químicos

Como avaliar as propriedades no estado fresco do CAA?



Desenvolvimento de Ensaio

Qual as melhores proporções dos materiais para obtenção dessas propriedades?



Métodos de Dosagem



Aplicação

Problemas durante a aplicação

➔ Variabilidade nas propriedades no estado fresco.

➔ Necessidade de ajustes de dosagem na aplicação;

➔ Traço desenvolvido em laboratório não é aplicável à situações reais;



Fonte: Téchne



Fonte: www.premobras.com.br

Problemas durante a aplicação

- ➔ Problemas no adensamento;
- ➔ Desconfiança do mercado em relação ao produto.



Fonte: www.aecweb.com.br



Motivações

➔ Variações inerentes à produção do CAA:

- ➔ Processo de mistura;
- ➔ Características dos agregados;
- ➔ Teor de finos;
- ➔ Umidade dos agregados
- ➔ Proporções dos materiais.



Fonte: www.jofege.com.br

DACZKO, 2012; NG, 2008; REPETTE, 2011

Processo de Mistura

➔ Variações no tempo e energia de mistura afetam diretamente as propriedades do CAA;



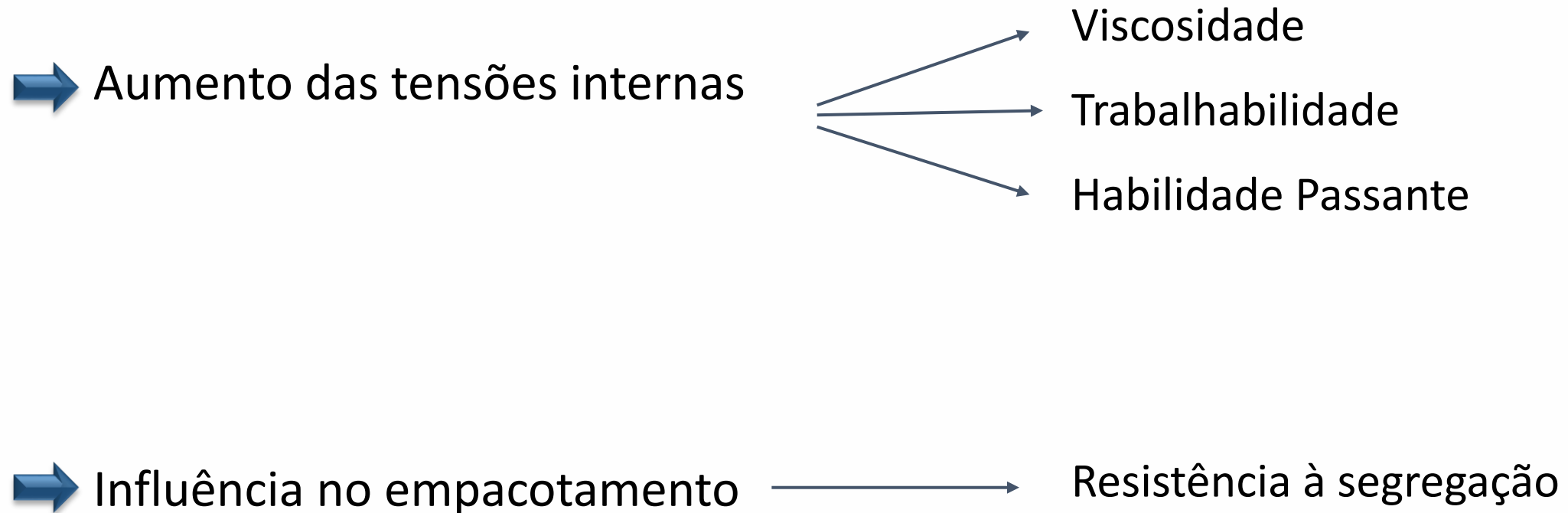
Fonte: www.zizimaquinas.com.br



Fonte: www.mercadolivre.com.br



Características dos agregados



Teor de finos dos agregados

- ➔ Mais finos demandarão mais água;
- ➔ Variações no empacotamento dos agregados;
- ➔ Elevação ou diminuição da viscosidade.



Fonte: www.google.com.br

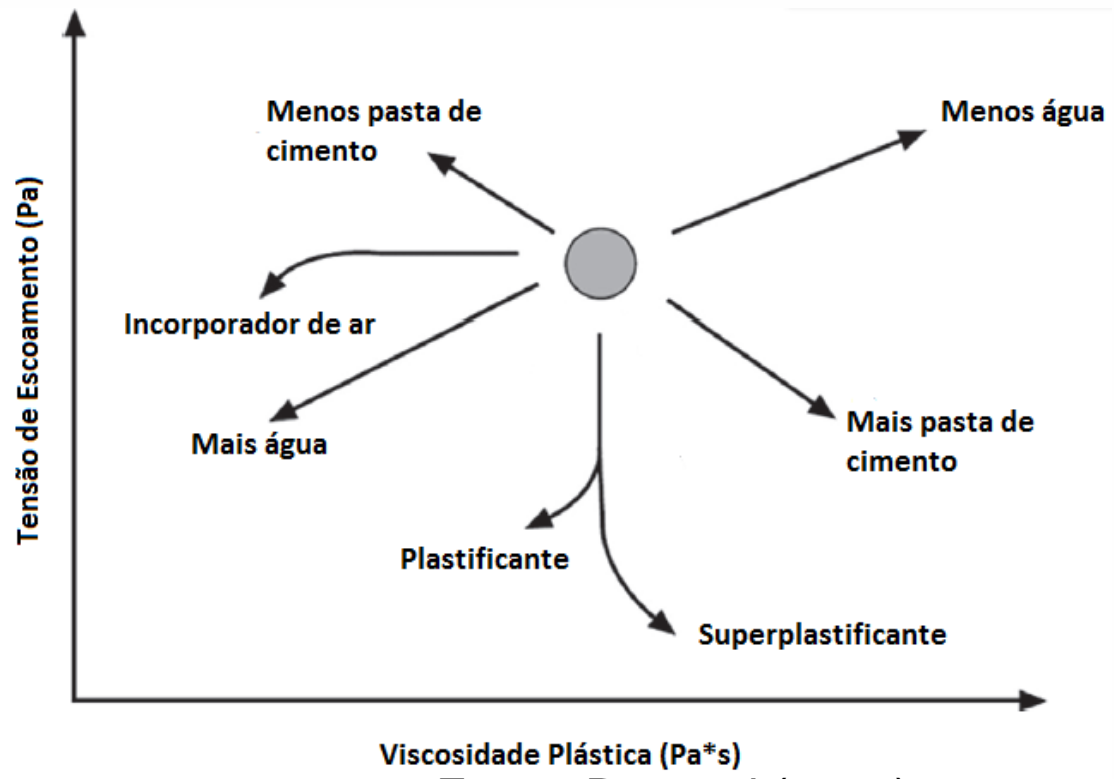
Umidade dos agregados

- ➔ 1% de umidade nos agregados pode ocasionar um acréscimo de 100mm no valor do espalhamento (USHIJIMA et al., 1995)
- ➔ Higuchi (1998) observou que a umidade presente na areia pode elevar a viscosidade da mistura.





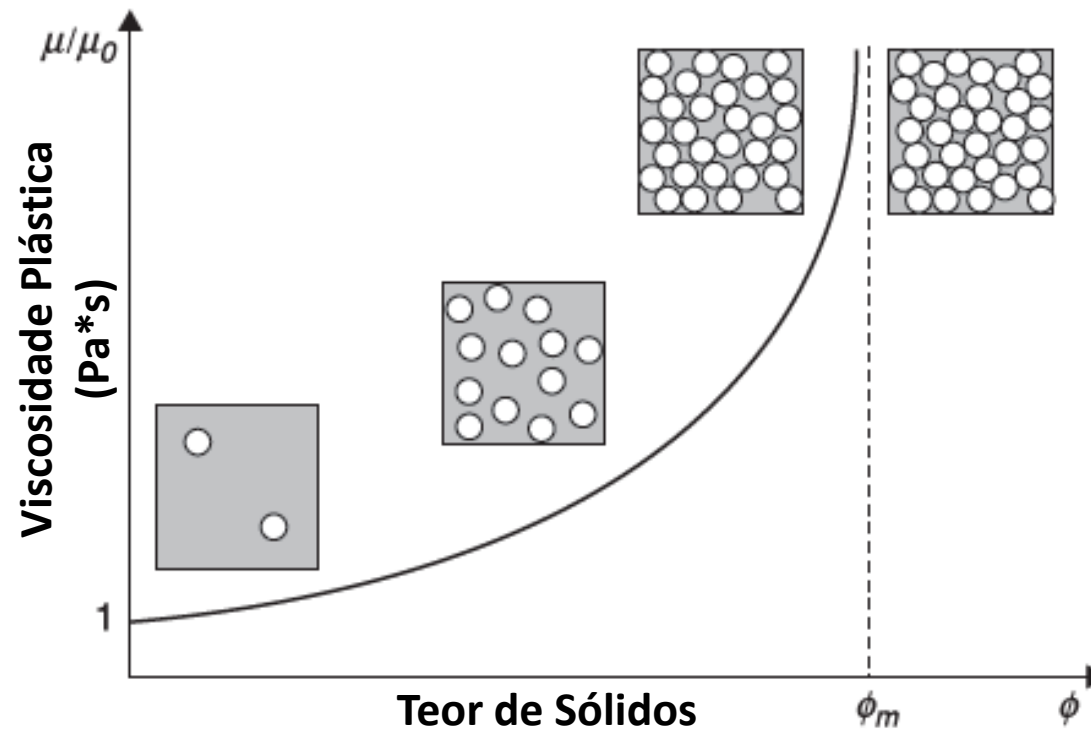
Proporção dos materiais



Fonte: Roussel (2012)



Proporção dos materiais



Fonte: Roussel (2012)

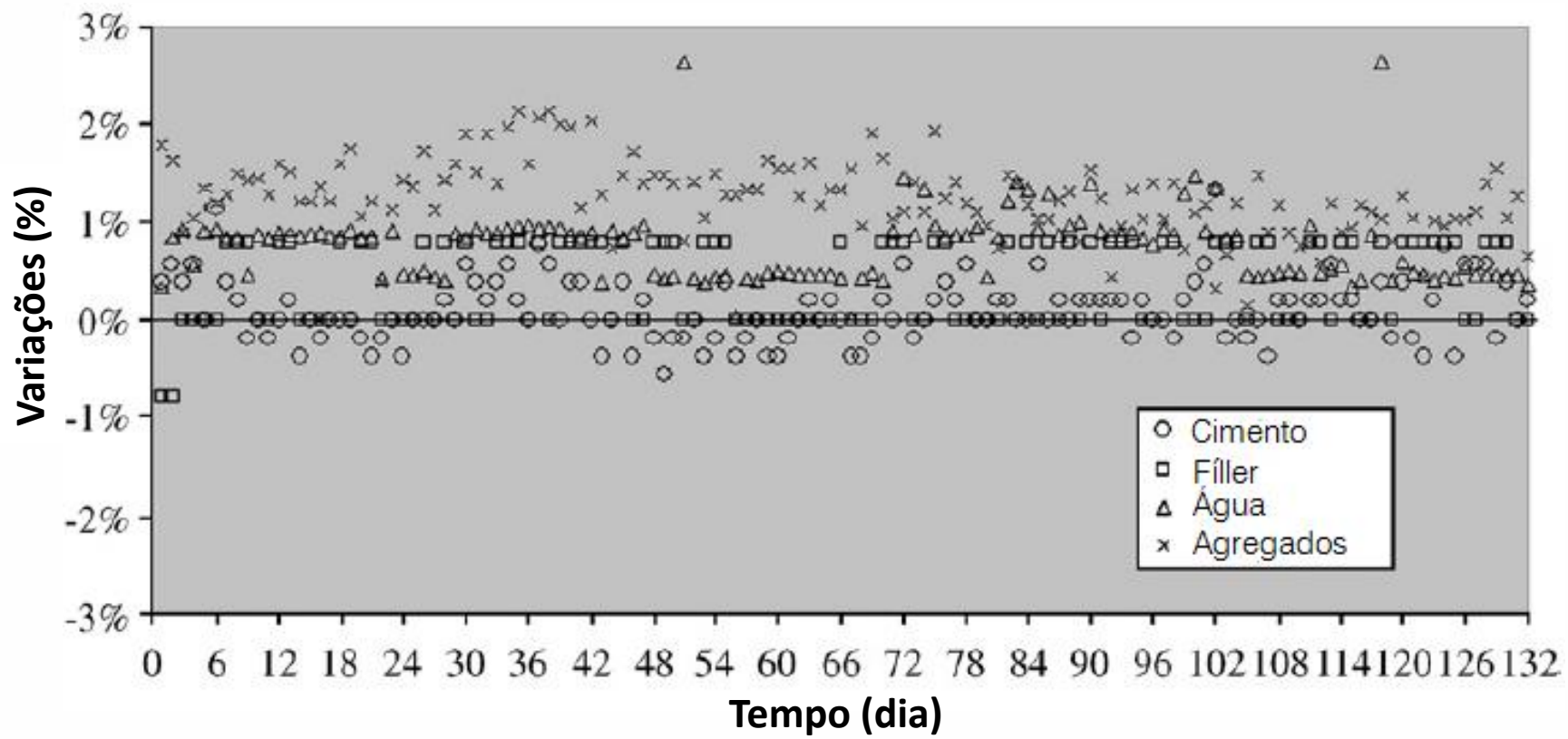


Proporção dos materiais

Materiais	ASTM C94	Daczko (2012)	EHE 98	ACI 318	EC 2
Cimento	± 1	± 2	± 3	± 1	± 3
Agregado Miúdo	± 2	± 2	± 3	± 2	± 3
Agregado Graúdo	± 2	± 2	± 3	± 3	± 3
Água	± 3	± 6	± 3	± 3	± 3
Aditivo	-	-	± 5	± 3	± 5



Proporção dos materiais





Robustez

➔ Um concreto robusto é um concreto capaz de suportar todas as variações anteriormente citadas

Como avaliar?





Método EFNARC – European Federation of National Associations Representing for Concrete

- ➔ É considerado robusto, um traço de concreto autoadensável que, quando submetida à uma variação de 5 a 10 l/m³ na quantidade de água, mantém seu desempenho no estado fresco.





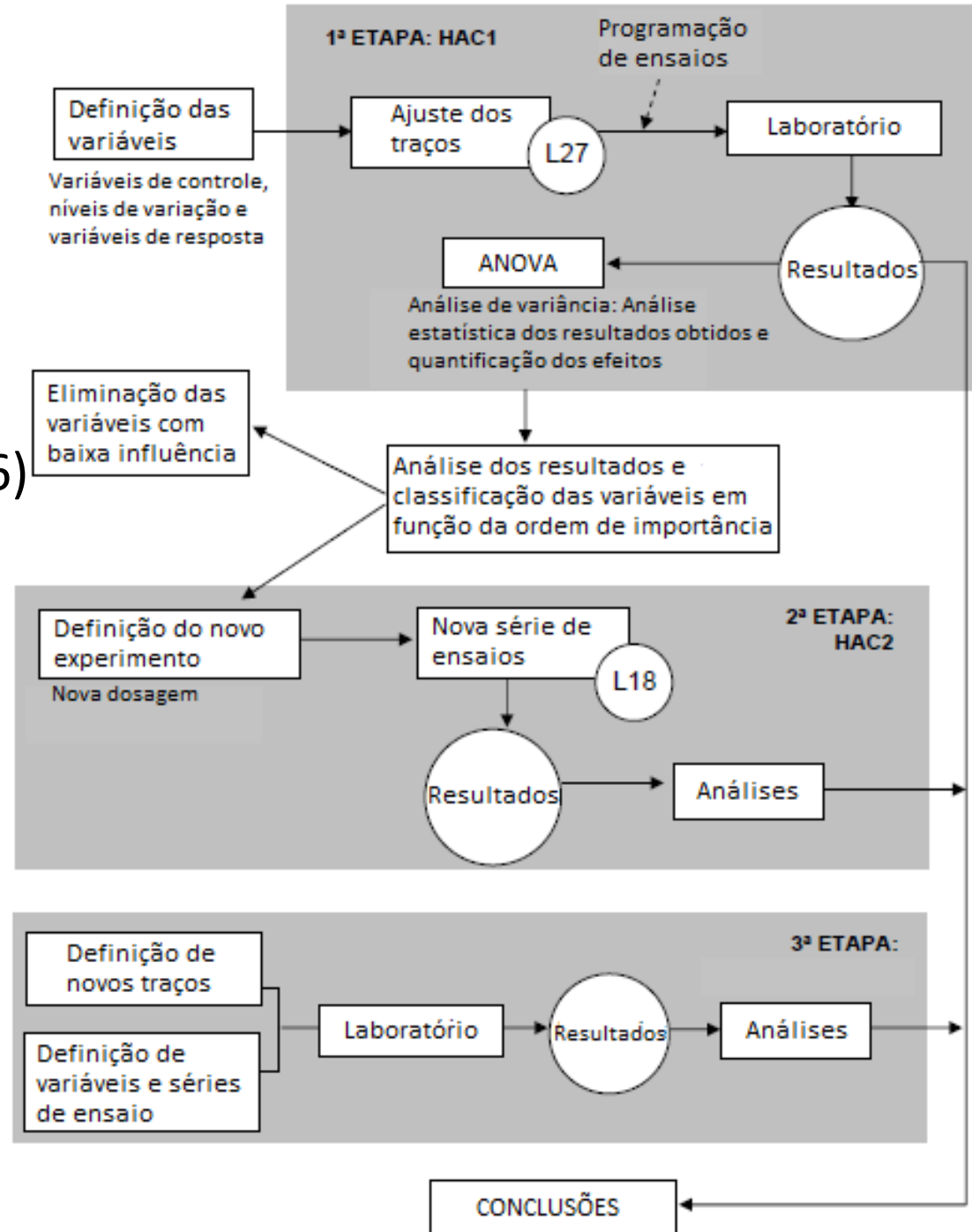
Método Nunes et. al (2006)

- ➔ Determinação da robustez do concreto autoadensável baseada na frequência de satisfação dos requisitos de desempenho para um CAA;
- ➔ Elaboração de um plano fatorial de experimentos que estabelece, empiricamente, a relação entre os parâmetros de dosagem e indicadores de desempenho;
- ➔ Utilização de uma técnica estatística que cria diversos traços fictícios.

$$p = \frac{\text{Número de Ocorrências do Evento} \left(\bigcap_{i=1}^n P_{\min}^i < P_i < P_{\max}^i \right)}{\text{Tamanho da Amostra}}$$

Método Rigueira (2007)

- ➔ Conceito de matrizes ortogonais (Burman, 1946)
- ➔ Esquema elaborado por Rigueira (2007)





Coeficiente de variação (COV)

➔ Apresentado por Naji et al. (2011)

Traço	Traços	Slump flow	t500	Anel-J	Vo	V5min	Método da Peneira	Resistência à compressão
C	-6%	570	1,54	1,25	4,28	5,19	7,12	52,1
	-3%	610	1,39	1	4,1	4,5	8,3	46,8
	0	625	1,43	1,25	3,81	4,31	10,76	46,9
	3%	660	1,05	0,01	3,81	4,31	13,66	42,7
	6%	730	1,02	2,5	2,69	3,22	19,5	42,6

Fonte: Ghoddousi et al. (2015)



Coeficiente de variação (COV)

Traços					
Ensaio	Parâmetro	C	F	P	S
Slump flow	Média	639	720	674	660
	Desvio padrão	60,25	46,9	73,77	88,03
	COV	9,43%	6,51%	10,95	13,34
	Rank	2	1	3	4

Fonte: Ghoddousi et al. (2015)

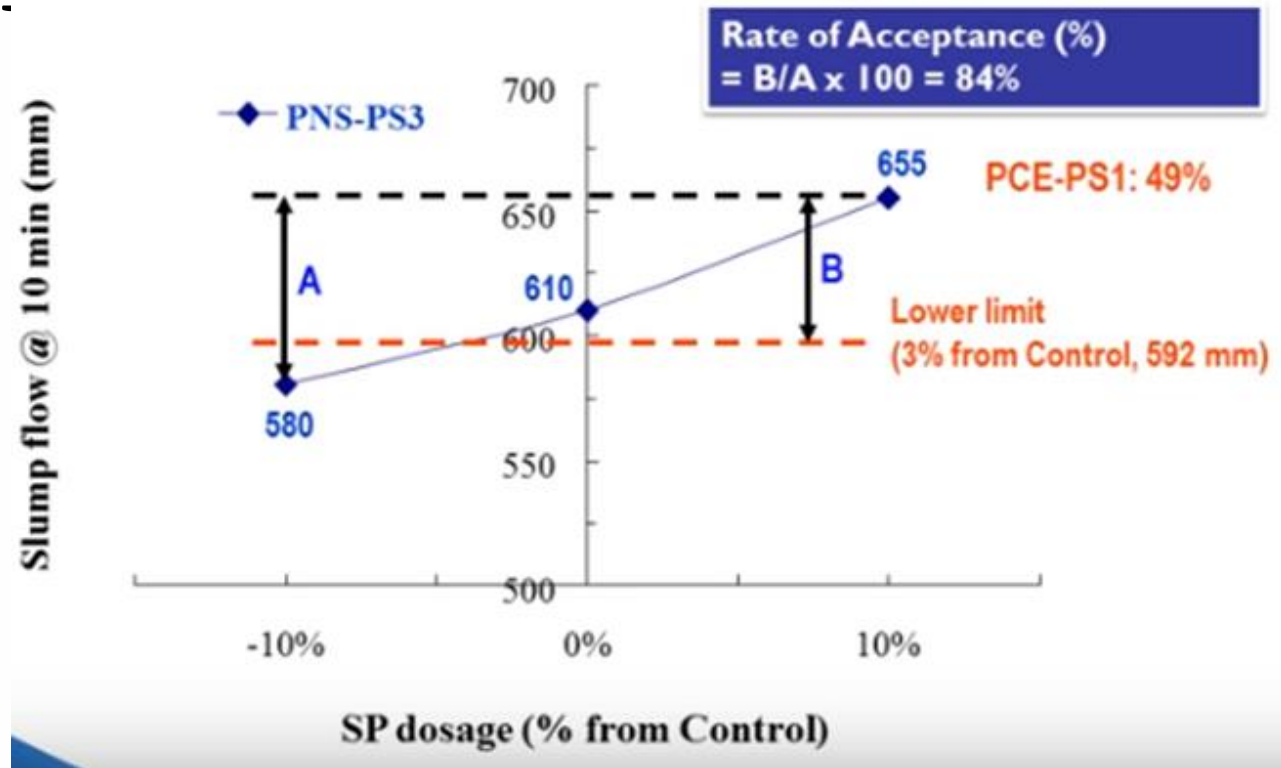
Traços	Slump flow	t500	Anel-J	Vo	V5min	Método da Peneira	Soma	Ranking de robustez
C	2	3	3	1	1	2	12	2
F	1	1	4	2	2	1	11	1
P	3	2	1	3	3	3	15	3
S	4	4	2	4	4	4	22	4

Fonte: Ghoddousi et al. (2015)



Taxa de aceitação

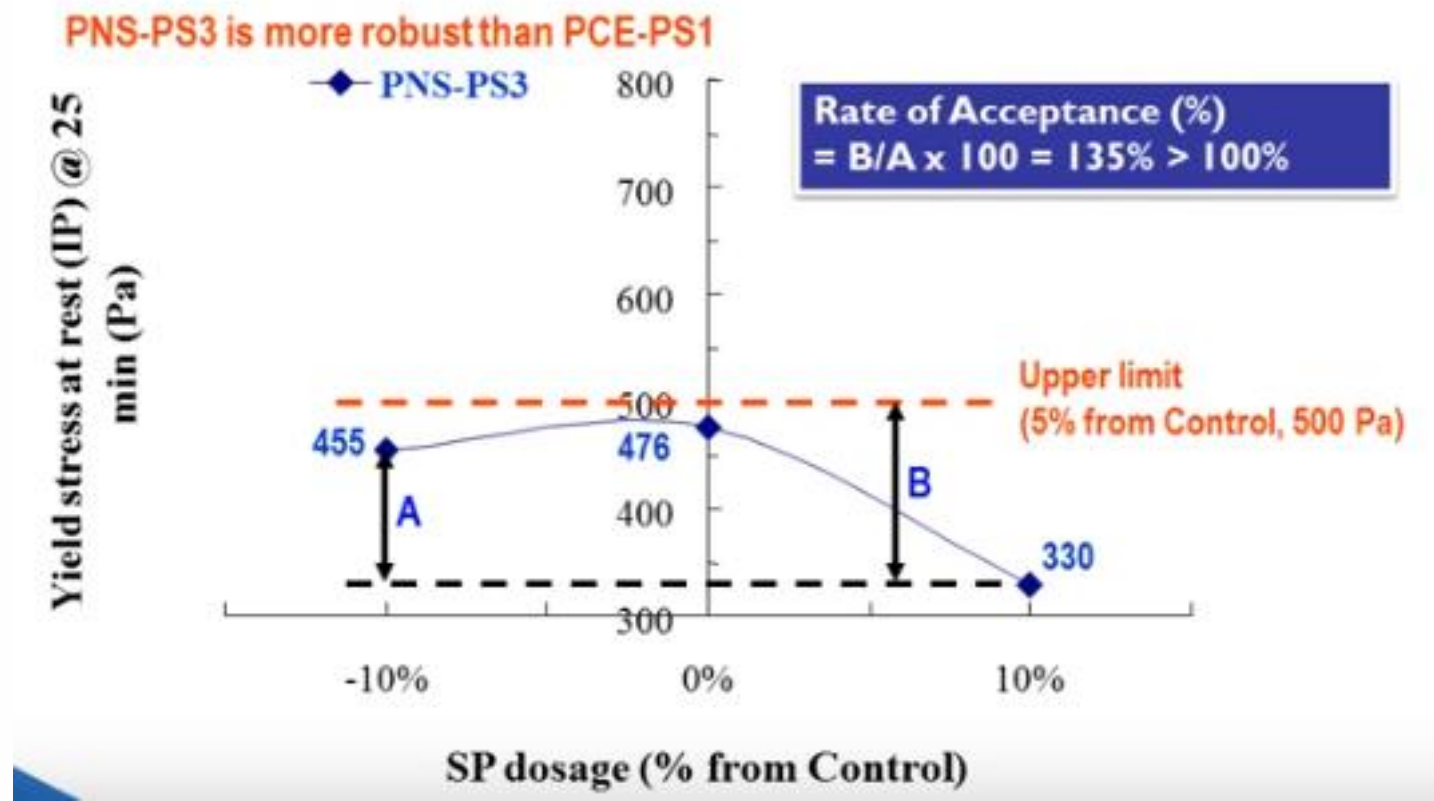
➔ Apresenta resultados semelhantes ao COV



Fonte: Naji et al. (2011)



Taxa de aceitação





Desenvolvimento de novos métodos

- ➔ Necessidade de métodos mais práticos e rápidos que analisem mais variáveis em programas experimentais mais enxutos;
- ➔ Desenvolvimento de métodos que consigam determinar a robustez não apenas de um traço;
- ➔ É necessário o desenvolvimento de métodos adaptados a realidade brasileira.



Trabalho de Conclusão de Curso

➔ Desenvolvimento de um método para avaliação da robustez do CAA quando submetido à variações na proporção dos materiais.





Método Proposto

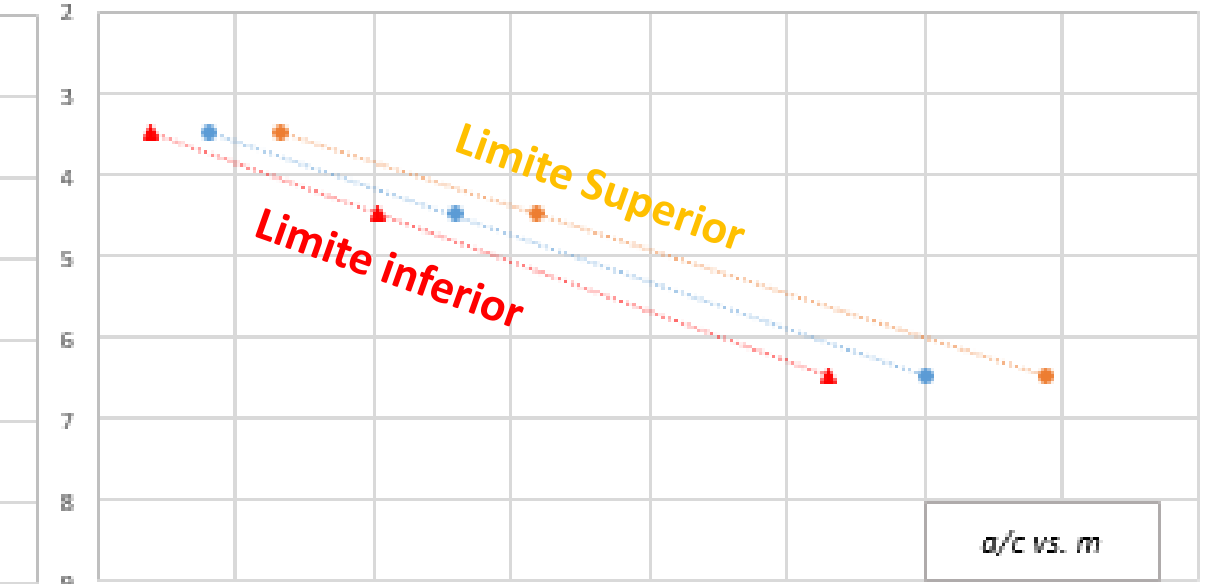
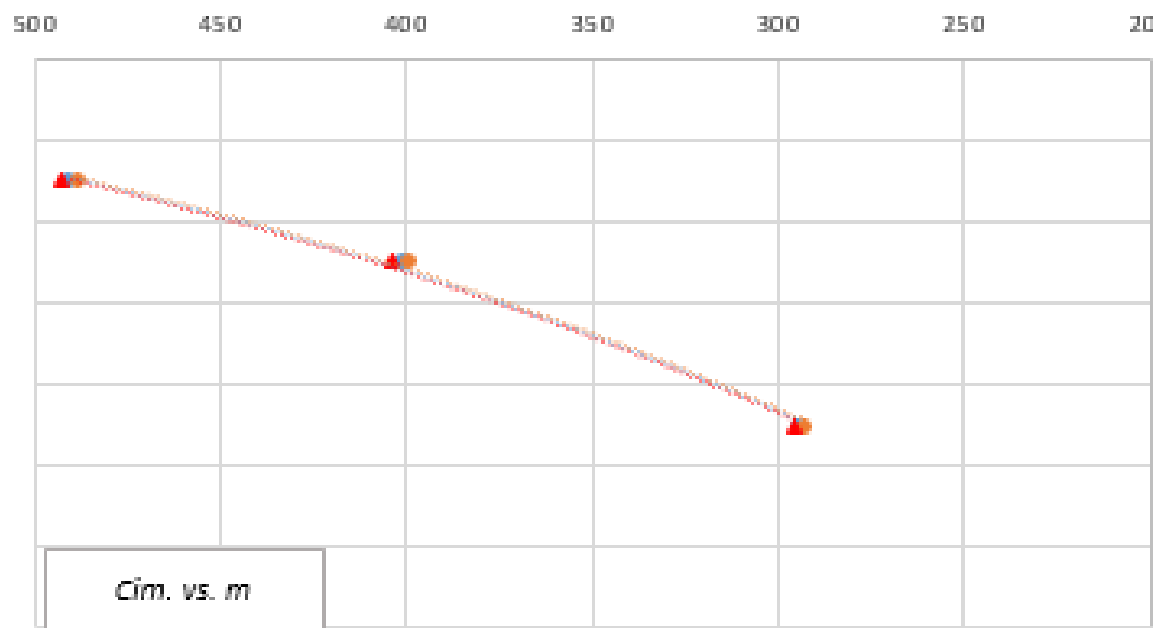
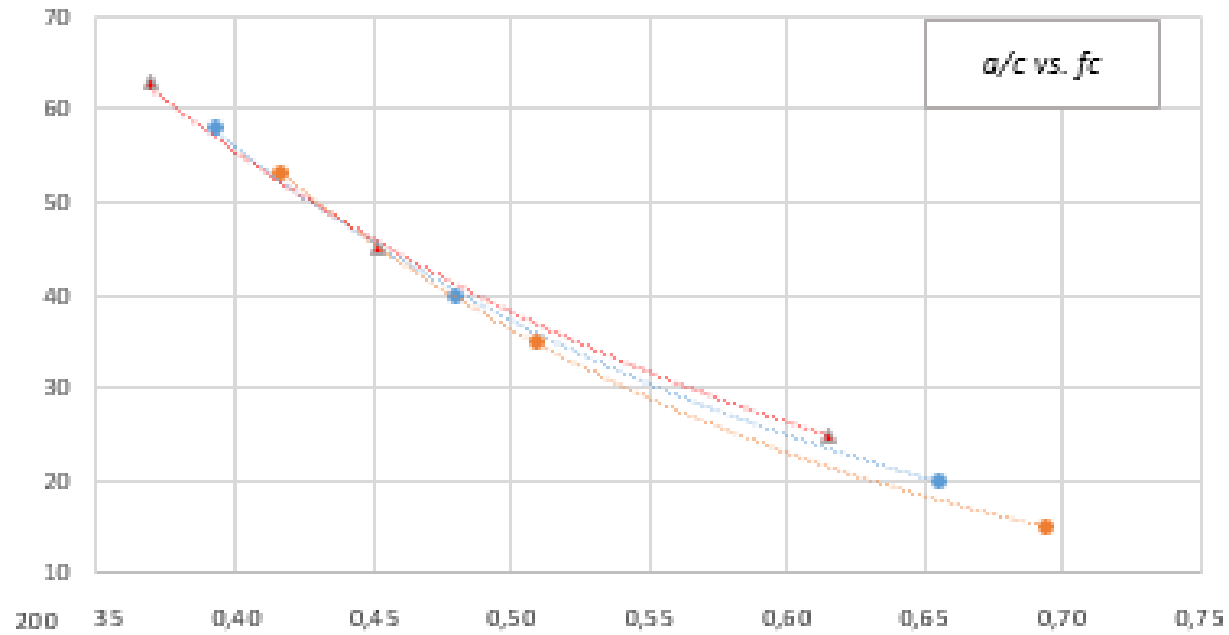
- ➔ Dosagem do concreto – Ex. Método Tutikian(2004)
- ➔ Determinação do teor de argamassa e da relação água/materiais secos (H) – Traço intermediário
- ➔ Com o H e teor de aditivo fixos avaliar propriedades de no mínimo três famílias (rico, intermediário e pobre);
 - ➔ Trabalhabilidade
 - ➔ Habilidade Passante
 - ➔ Resistência à segregação
- ➔ Realizar o mesmo procedimento submetendo o traço a “erros” no H. Ex. ±6%

$$H = \frac{a/c}{1 + m}$$

Diagrama de Dosagem

Legenda:

- H + 6%
- Traço dosado
- H - 6%





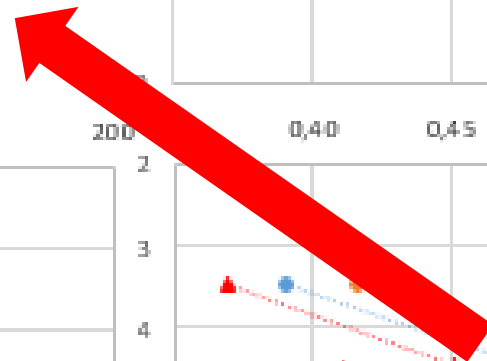
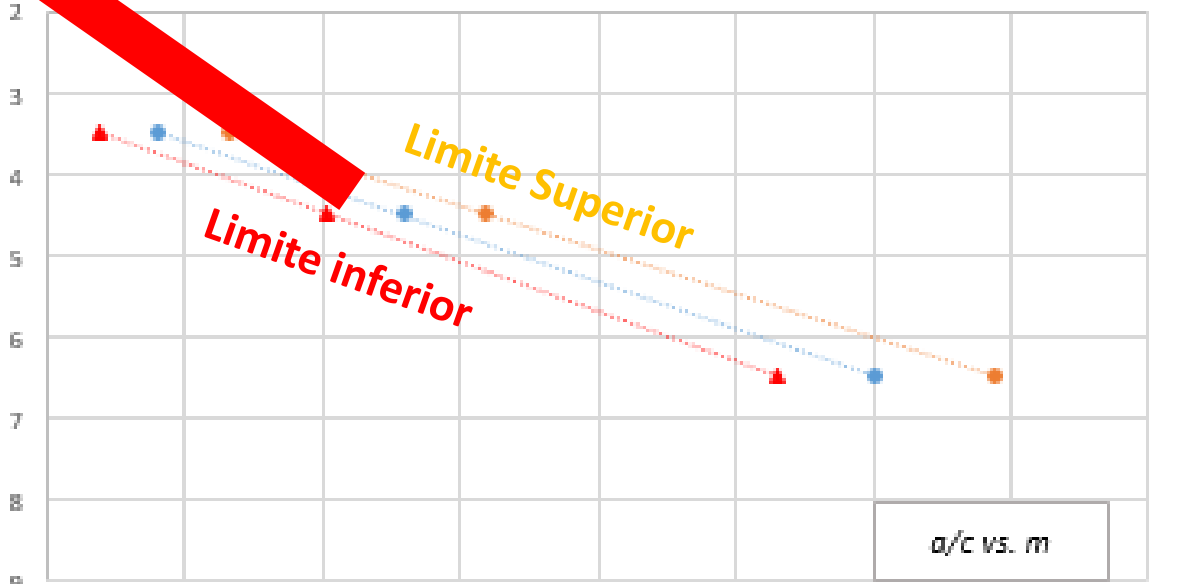
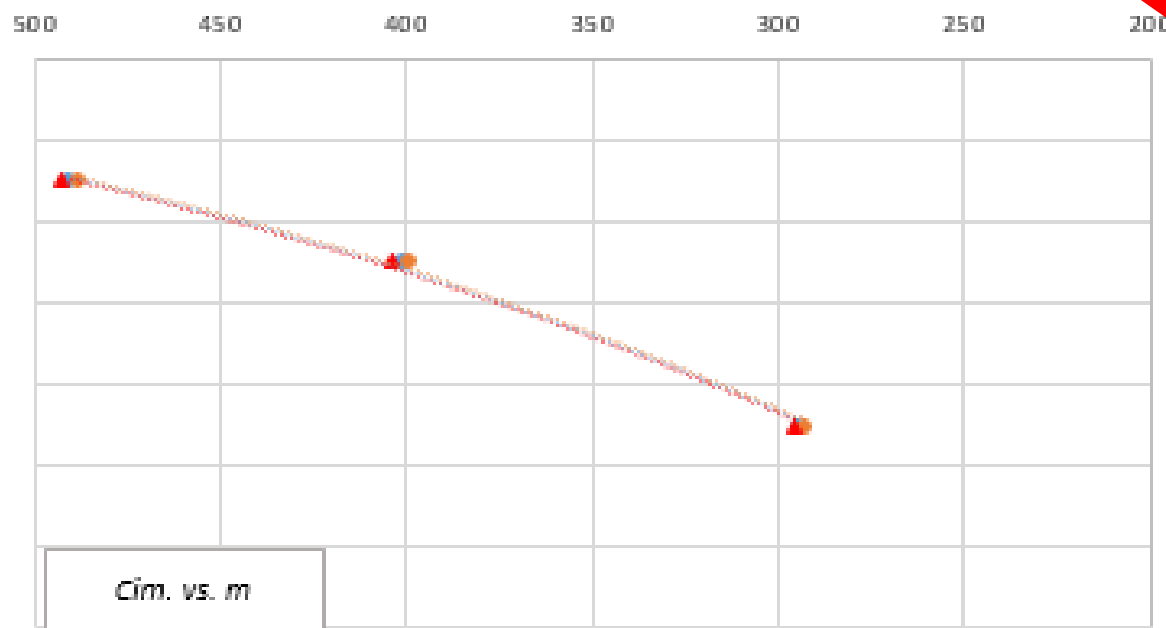
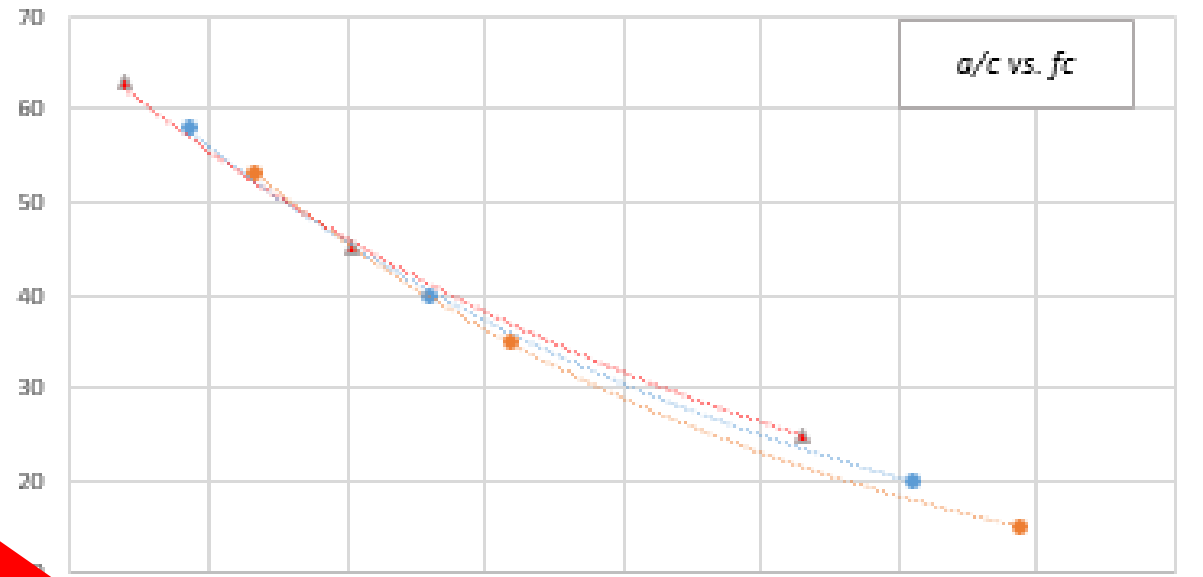
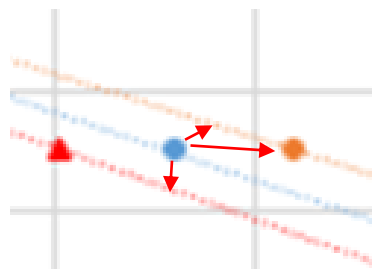
Método Proposto

- ➔ Para verificação todas as outras variáveis precisam manter-se constantes:
 - ➔ Teor de finos;
 - ➔ Energia e tempo de mistura;
 - ➔ Umidade dos agregados;
 - ➔ Ordem de colocação dos agregados.

Diagrama de Dosagem

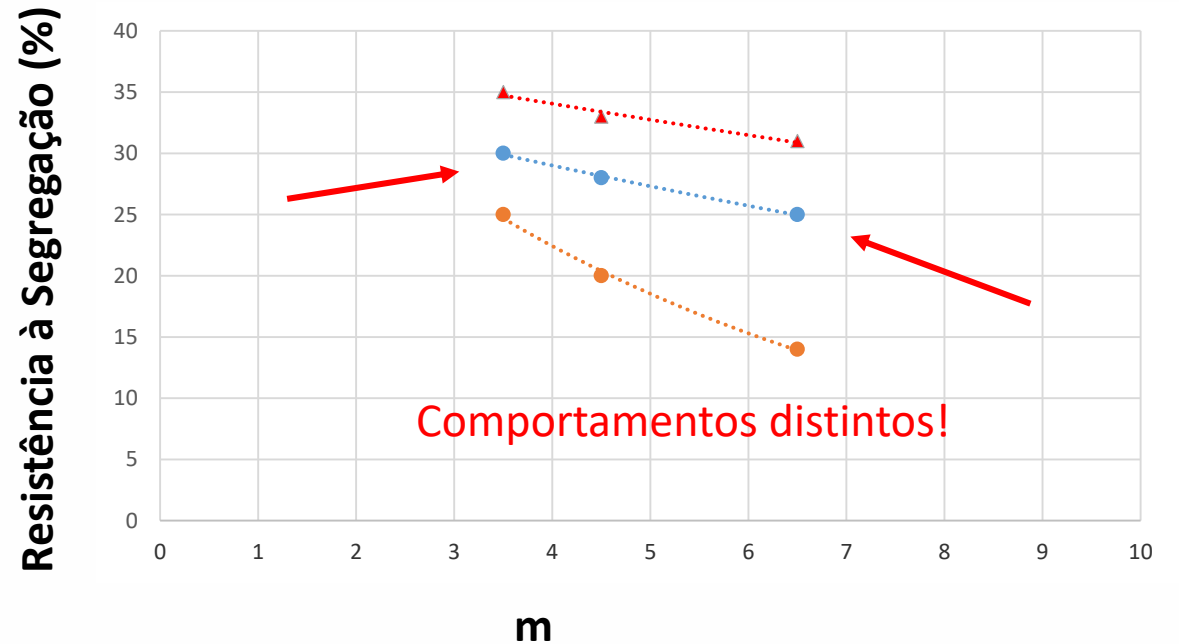
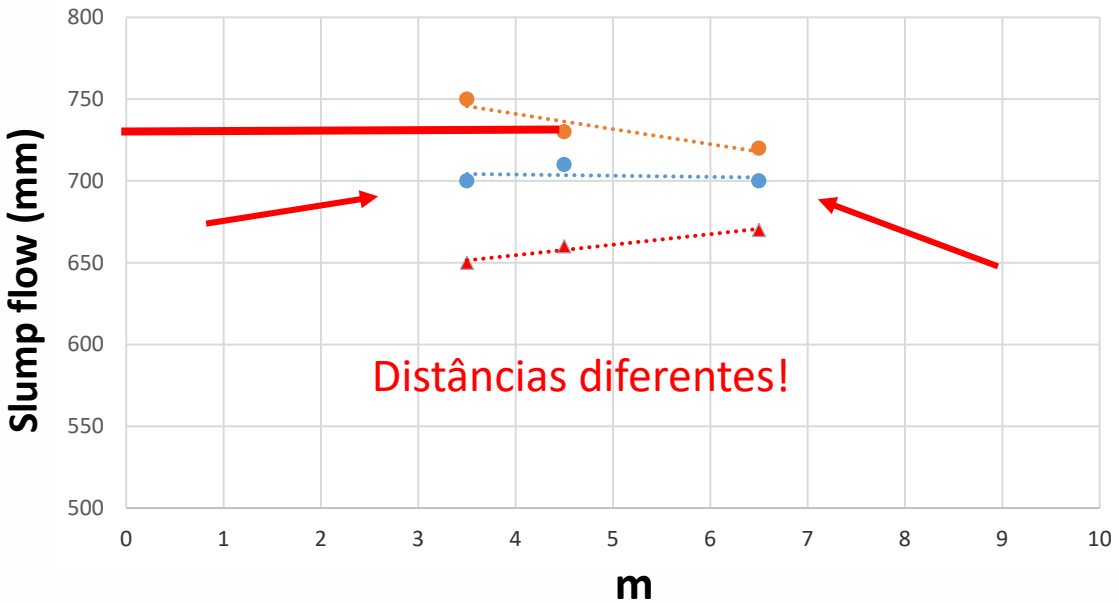
Legenda:

- H + 6%
- Traço dosado
- H - 6%





Gráficos Propriedades X m



Legenda:

■ H + 6%

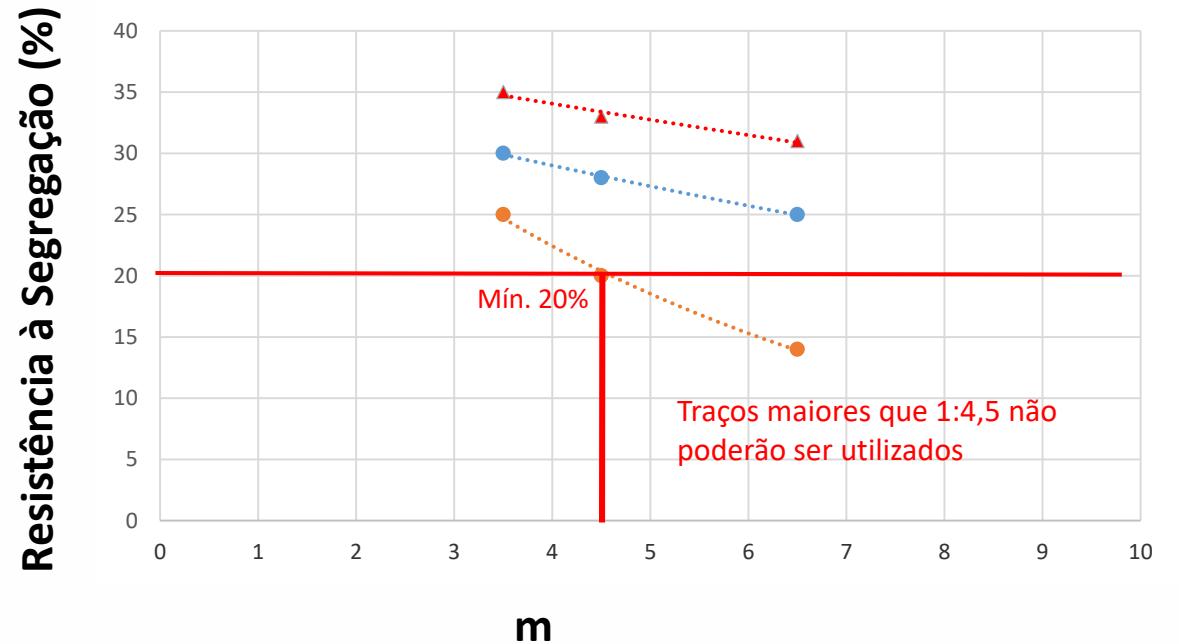
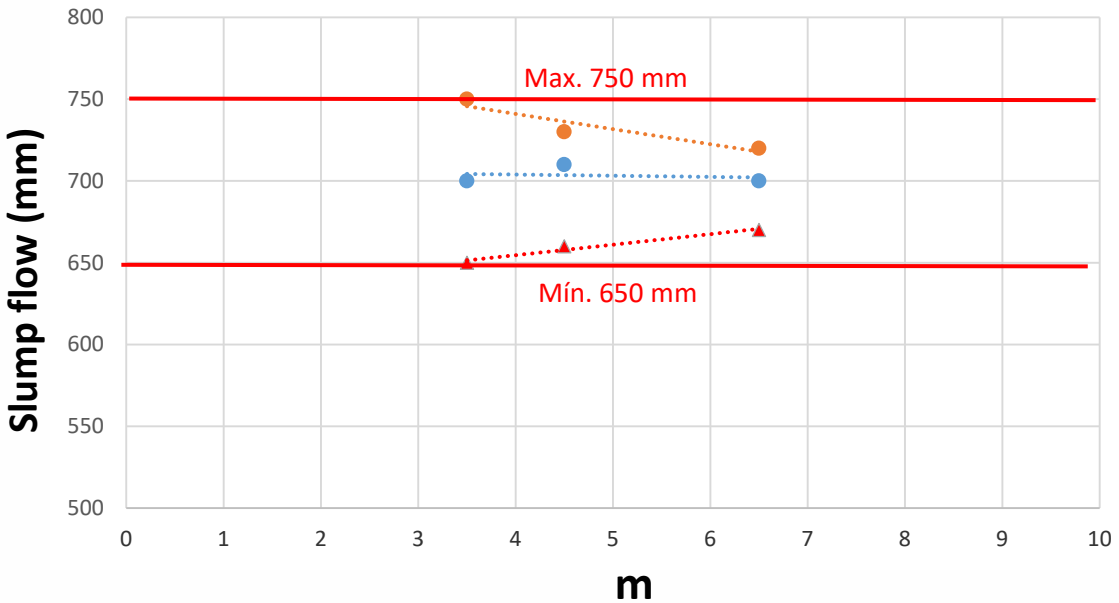
■ Traço dosado

■ H - 6%

Resultados são apenas suposições!



Gráficos Propriedades X m



Legenda:

■ H + 6%

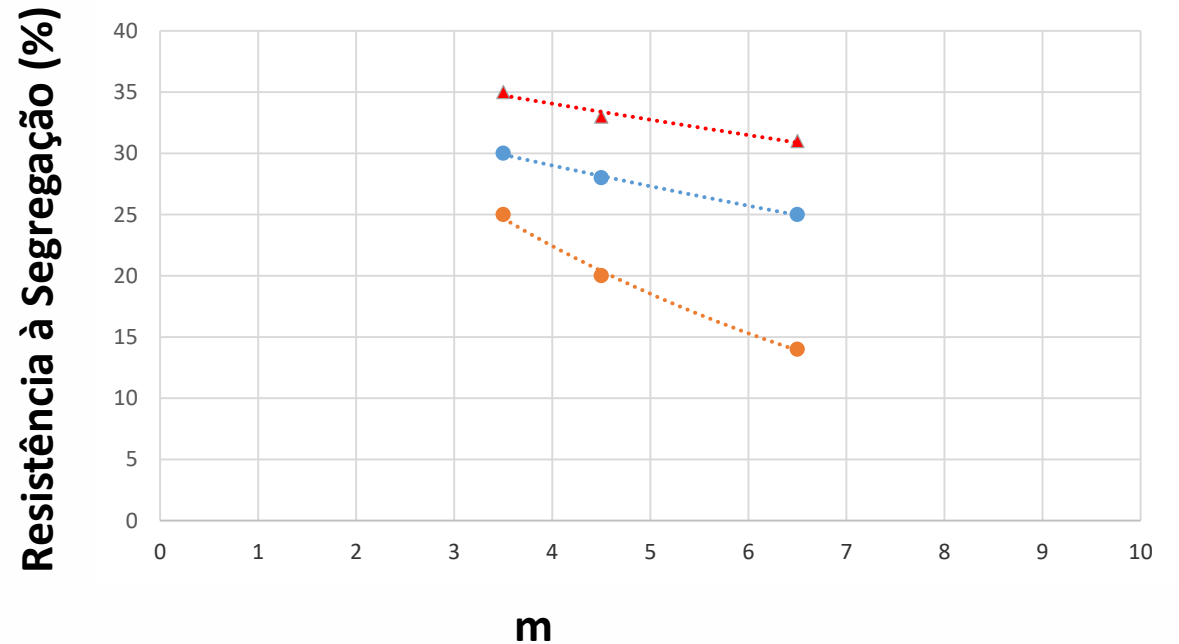
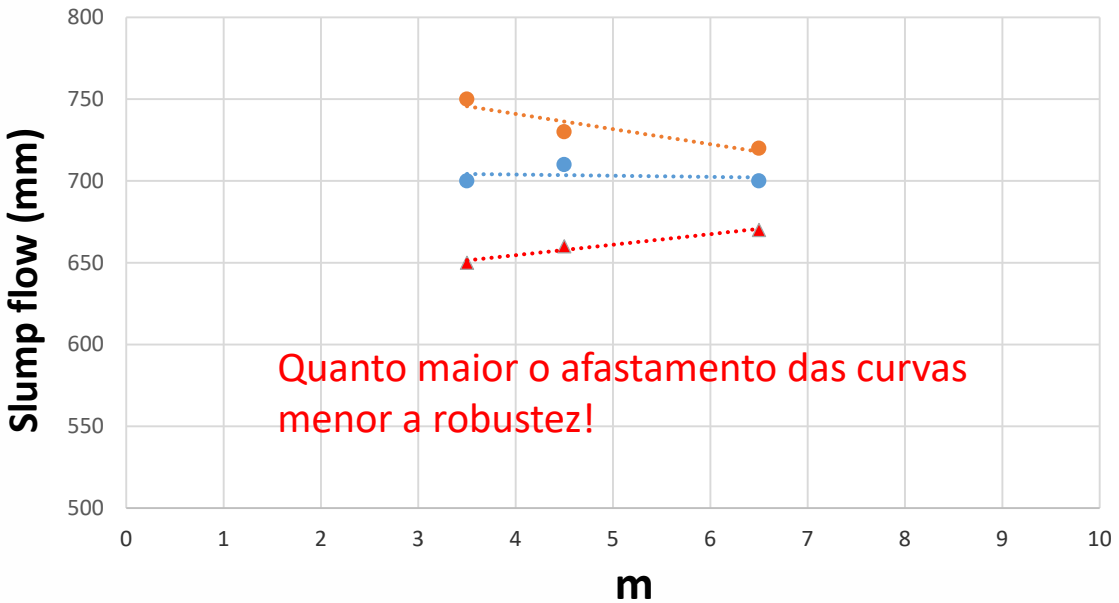
■ Traço dosado

■ H - 6%

Resultados são apenas suposições!



Gráficos Propriedades X m



Legenda:

H + 6%

Traço dosado

H - 6%

Resultados são apenas suposições!



Possíveis soluções

- ➔ Aumento no teor de finos (NG, 2008);
- ➔ Adição de cinza volante e sílica ativa (KWAN, 2010)
- ➔ Aditivos modificadores de viscosidade em quantidades pequenas (0,1% da massa de cimento) (NAJI, 2011)



Conclusões

- ➔ A robustez é uma propriedade de extrema importância para aplicação do CAA em grande escala;
- ➔ O Brasil necessita de novas metodologias para avaliar esta propriedade;
- ➔ Pretende-se através do método proposto incentivar a avaliação desta propriedade durante a dosagem do CAA.



Obrigado pela atenção!

Cristyan Zenato Rissardi

Acadêmico de Eng. Civil – UNISINOS/RS

Laboratorista itt Performance

cristyanz@unisinors.br