



CONCRETO AUTO ADENSÁVEL

Eng Camilo Mizumoto



CONCRETO AUTO ADENSÁVEL

- ✓ Desenvolvido em 1986 pelo **Prof. Dr. Hajime Okamura**;
- ✓ O concreto auto adensável é uma tecnologia inovadora na engenharia civil;
- ✓ Concreto com alta fluidez sem segregação e capaz de preencher cada canto de forma pelo peso próprio;
- ✓ O CAA elimina a vibração para a compactação sem afetar as propriedades do concreto.



Prof. OKAMURA

EXPERIÊNCIA JAPONESA

- **Motivos iniciais para o Concreto Auto-Adensável**
 - ✓ Produtividade
 - ✓ Seções intensamente armadas
 - ✓ Durabilidade do concreto a longo prazo



MATERIAIS CONSTITUINTES DO AUTO ADENSÁVEL

Concreto composto com os seguintes materiais constituintes:

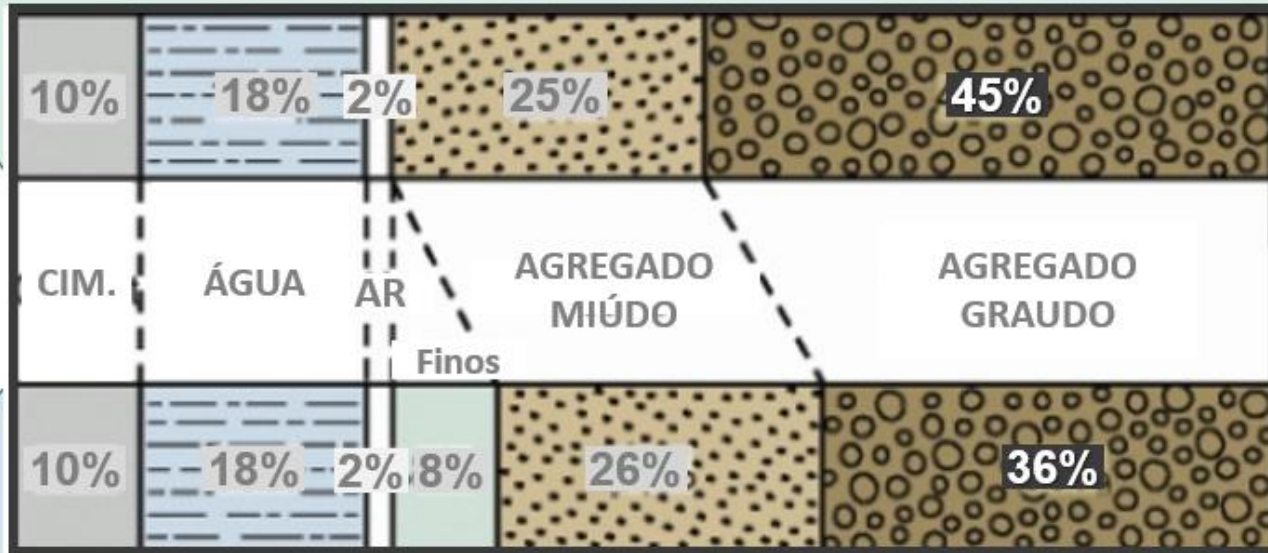
- ✓ Cimento
- ✓ Agregados (pedras e areias)
- ✓ Água
- ✓ Aditivos químicos (**Superplastificantes** e **Agentes modificadores de viscosidade**)
- ✓ Adições minerais (Fly ash, Silica Ativa, Metacaulim, etc)

PROPRIEDADES DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL

No estado fresco, o CAA tem as seguintes propriedades:

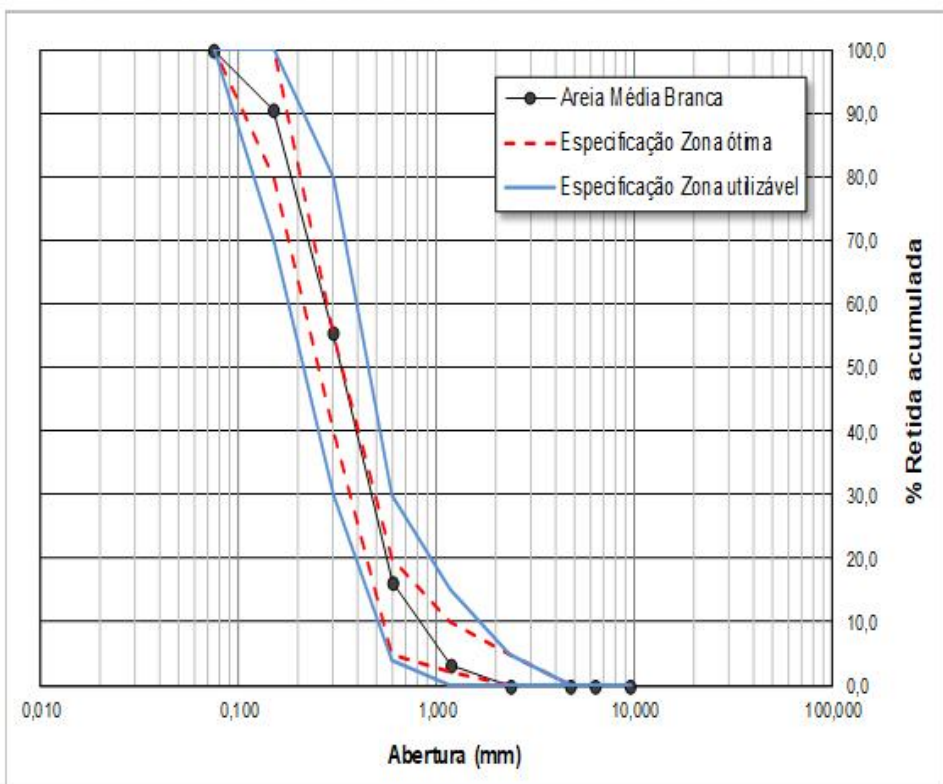
- ✓ **Habilidade de preenchimento (excelente deformabilidade)** – flui facilmente em velocidade adequada na forma;
- ✓ **Habilidade passante** (capaz de passar por vergalhões sem bloqueio) - passagem através de reforços sem bloqueio
- ✓ **Alta resistência à segregação** - a distribuição de partículas agregadas permanecem homogêneas nas direções horizontal e vertical
 - ✓ Segregação estática devido à gravidade, direção vertical
 - ✓ Segregação dinâmica devido ao fluxo, direção horizontal

CONCRETO CONVENCIONAL VIBRADO (CCV)



CONCRETO AUTOADENSÁVEL (CAA)

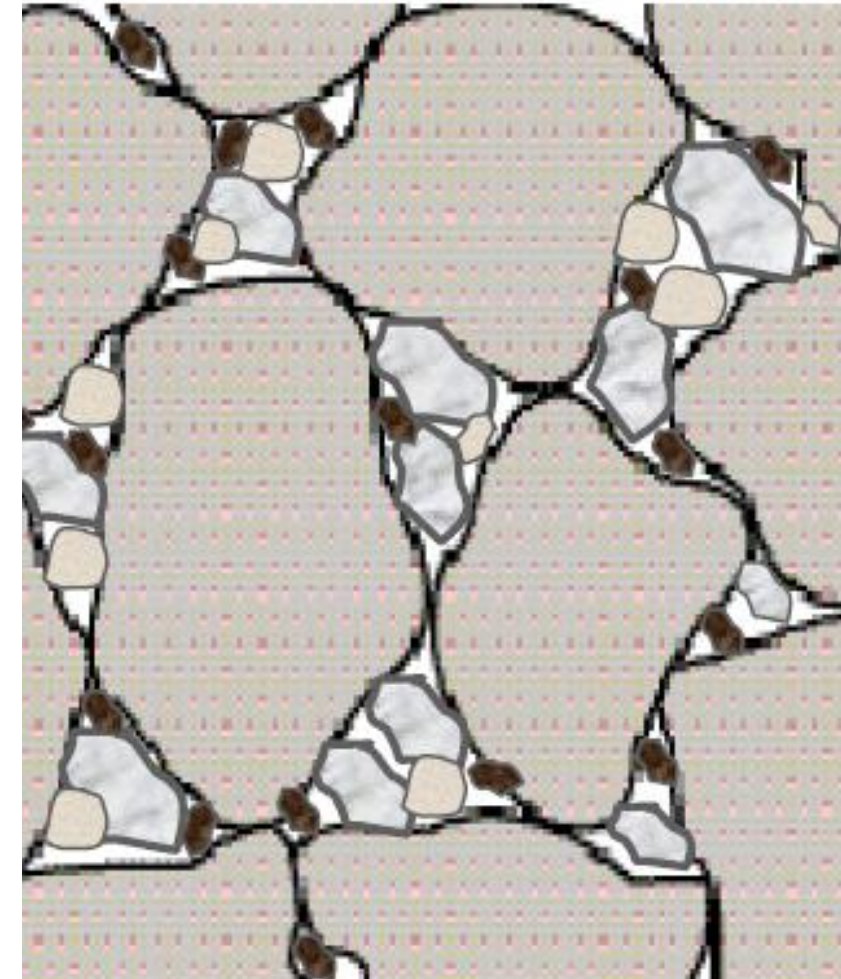




| Índices físicos | | Especificação | Status | Norma ABNT |
|------------------------|--------------|------------------|--------|-------------------------|
| φ máx : | 1,18 mm | - | - | NBR NM 248 (ABNT, 2003) |
| Módulo de finura: | 1,65 | 2,40 - 3,6 | OK | NBR NM 248 (ABNT, 2003) |
| Material Pulverulento: | 1,54 (%) | ≤ 6,0% | OK | NBR NM 46 (ABNT, 2003) |
| Massa específica: | 2,64 (g/cm³) | 2,60 a 2,70 | OK | NBR NM 52 (ABNT, 2009) |
| Massa unitária: | 1,45 (g/cm³) | 1,45 - 1,47 | OK | NBR NM 45 (ABNT, 2006) |
| Matéria orgânica: | claro | + clara (padrão) | OK | NBR NM 49 (ABNT, 2001) |
| Torrões de argila: | 0,75 (%) | ≤ 3,00% | OK | NBR 7218 (ABNT, 2010) |



Preenchimento de vazios



CONTRIBUIÇÃO DAS ADIÇÕES MINERAIS

➤ por sua finura promovem:

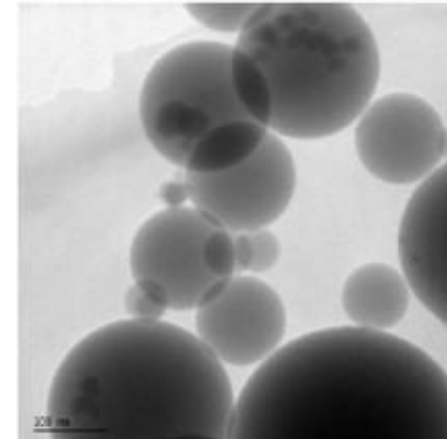
- melhora no empacotamento;
- aumento da coesão da massa de concreto
- diminuição da segregação

➤ pelas propriedades pozolânicas:

- tendência a maior resistência à compressão após as primeiras idades, se comparado ao concreto sem essa adição
- maior durabilidade (mitiga a reação álcali-agregado, resiste aos sulfatos, aumenta a impermeabilidade do concreto)

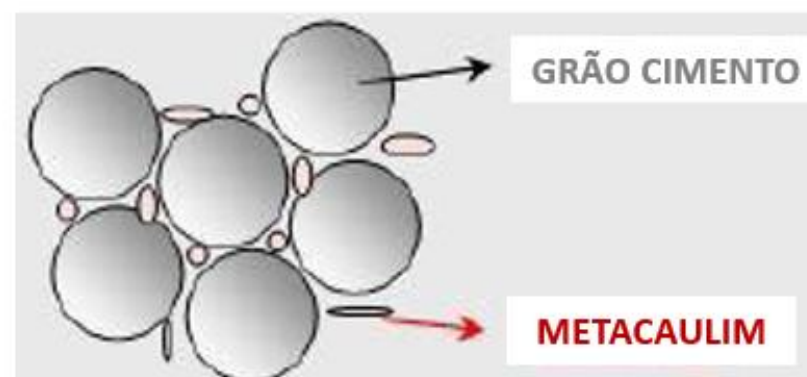
SILICA ATIVA

➤ Produto de grande homogeneidade, elevado teor de SiO_2 (partículas esféricas de diâmetro da ordem de 10^{-6} m), coletado nos filtros dos fornos elétricos das indústrias de silício metálico e de ligas de ferro-silício



METACAULIM

- ✓ Produto obtido por calcinação e moagem de argilominerais cauliníticos.
- ✓ Constitui um tipo de pozolana formada essencialmente por partículas lamelares com estrutura predominantemente não cristalina.



Importância de estudos de dosagem metodologia TUTIKIAN

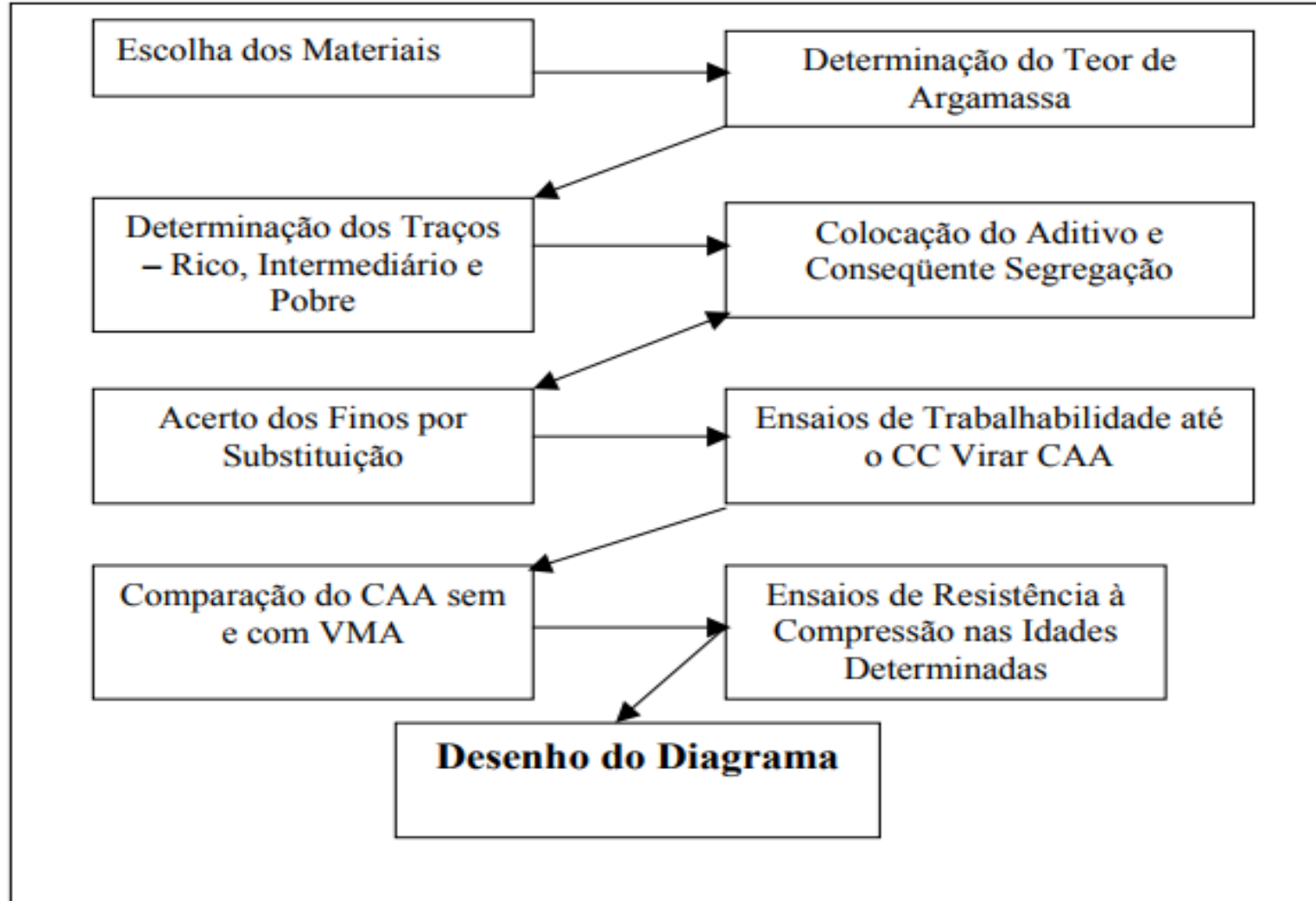


Figura 17: passo-a-passo para dosagem do CAA (Fonte: Tutikian, 2004)

- ✓ Ajuste da argamassa
- ✓ Excesso de água
- ✓ Falta de finos
- ✓ Solução:
 - ✓ Ajuste do aditivo
 - ✓ Redução da água

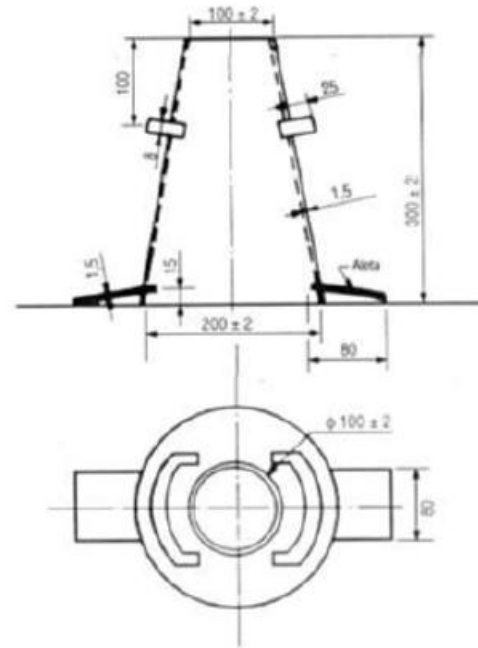


- ✓ Mistura pede água
 - ✓ Ajuste do teor de aditivo
 - ✓ Ajuste da água de consistência, respeitando o fator A/C



- ✓ Traço em laboratório ajustado!
 - ✓ Coesão
 - ✓ Faixa de slump adequada: 680 a 710mm

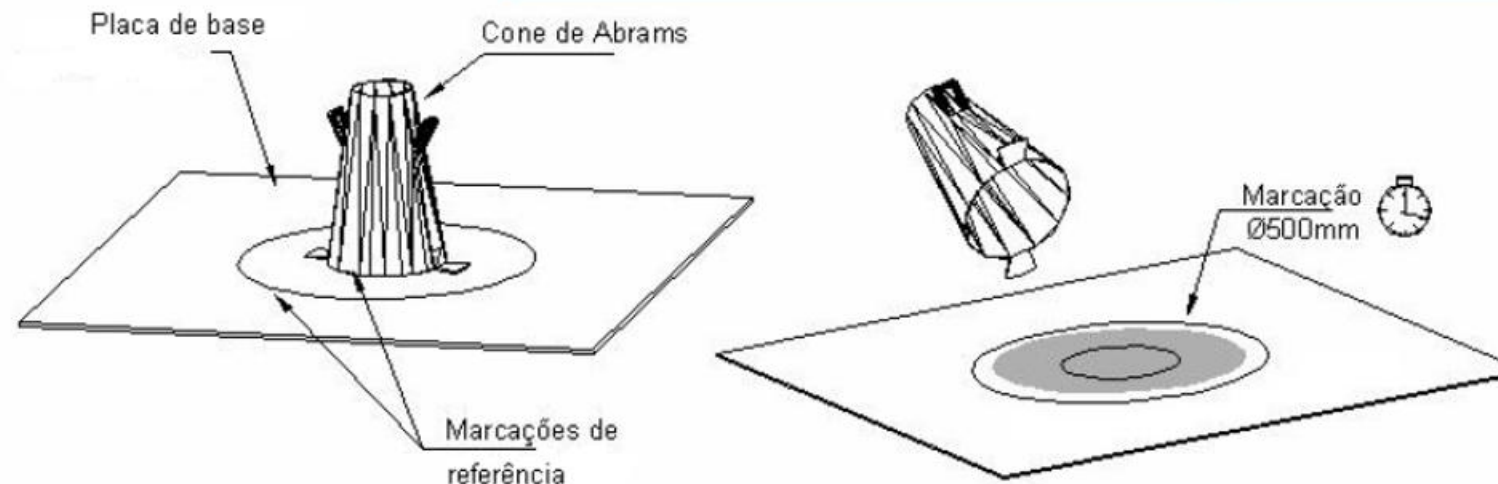


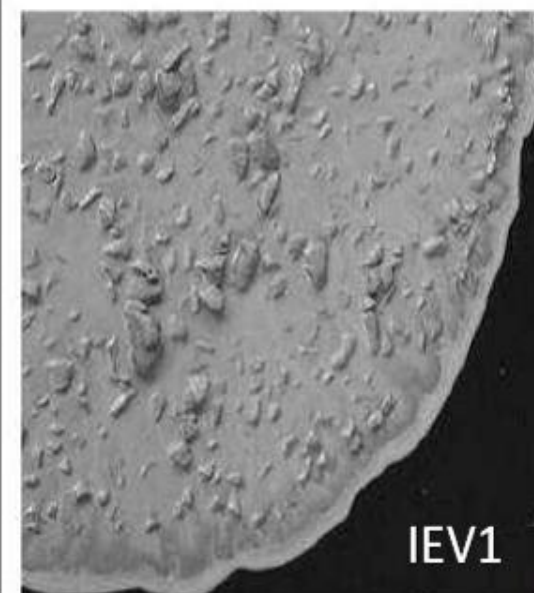
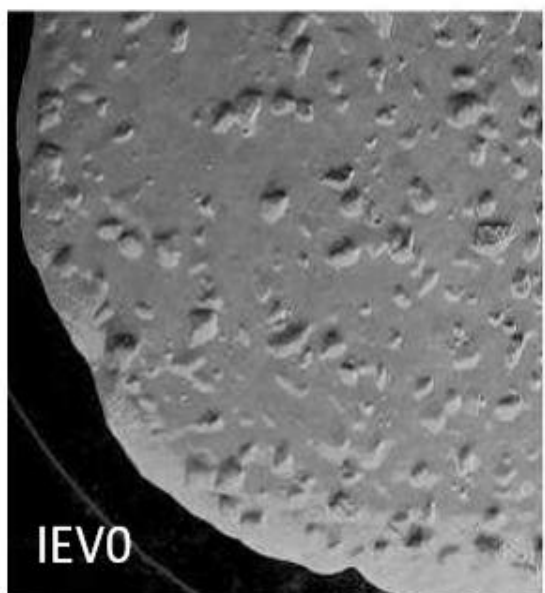
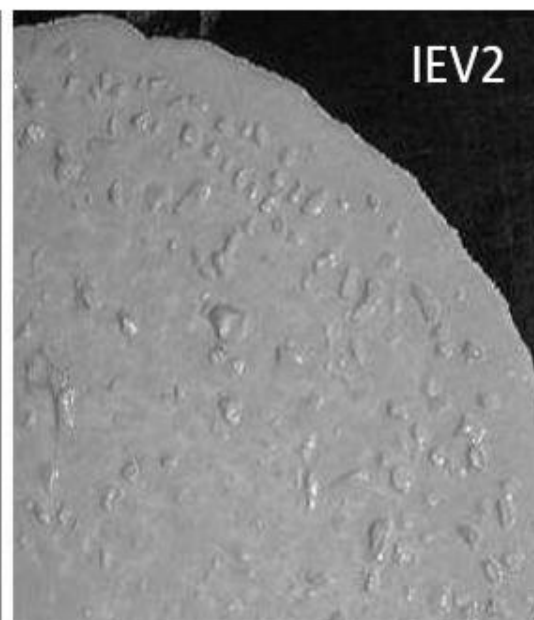


ABNT NBR 15823 – Parte 2

| Classe de espalhamento | Espalhamento mm |
|------------------------|-----------------|
| SF1 | 550 a 650 |
| SF2 | 660 a 750 |
| SF3 | 760 a 850 |

| Classe de viscosidade plástica aparente | t_{500} s |
|---|-------------|
| VS1 | ≤ 2 |
| VS2 | > 2 |





CONCRETO AUTO ADENSAVEL

Índice de Estabilidade Visual

| Classe | IEV |
|----------------------------|--|
| IEV 0 (Altamente estável) | Sem evidência de segregação ou exudação |
| IEV 1 (Estável) | Sem evidência de segregação e leve exsudação |
| IEV 2 (Instável) | Uma pequena auréola de argamassa ($\leq 10\text{mm}$) e/ou empilhamento de agregados no centro do concreto |
| IEV 3 (Altamente instável) | Segregação claramente evidenciada pela concentração de agregados no centro do concreto ou pela dispersão de argamassa nas extremidades |

Importância de estudos de dosagem



O que é industrialização na construção civil?

A industrialização da construção civil refere-se à aplicação de métodos e tecnologias da indústria na construção, buscando aumentar a eficiência, qualidade e sustentabilidade das obras.

Em vez de depender principalmente de métodos tradicionais com muita mão de obra no canteiro, a construção industrializada utiliza processos padronizados e componentes pré-fabricados, transformando o canteiro em uma espécie de linha de montagem.

A industrialização na construção civil é a aplicação dos princípios do Lean Manufacturing (produção enxuta) ao processo de edificação, com o objetivo de eliminar desperdícios, reduzir retrabalhos e otimizar fluxos de trabalho.

Indústria do concreto pré-fabricado

- Mão de Obra – especializada;
- Uso de equipamentos para produção de concreto de alto desempenho;
- Tecnologias de produção com interface de concretos vibro compactados;
- Industrias com sistemas de produção carrossel - **alta produtividade e eficiência**
- Concretos auto adensáveis e de alto desempenho com quesitos técnicos e de produção;

Tempos de produção

O que define o tempo?

- Tecnologia do concreto
- Equipamentos
- Layout de produção

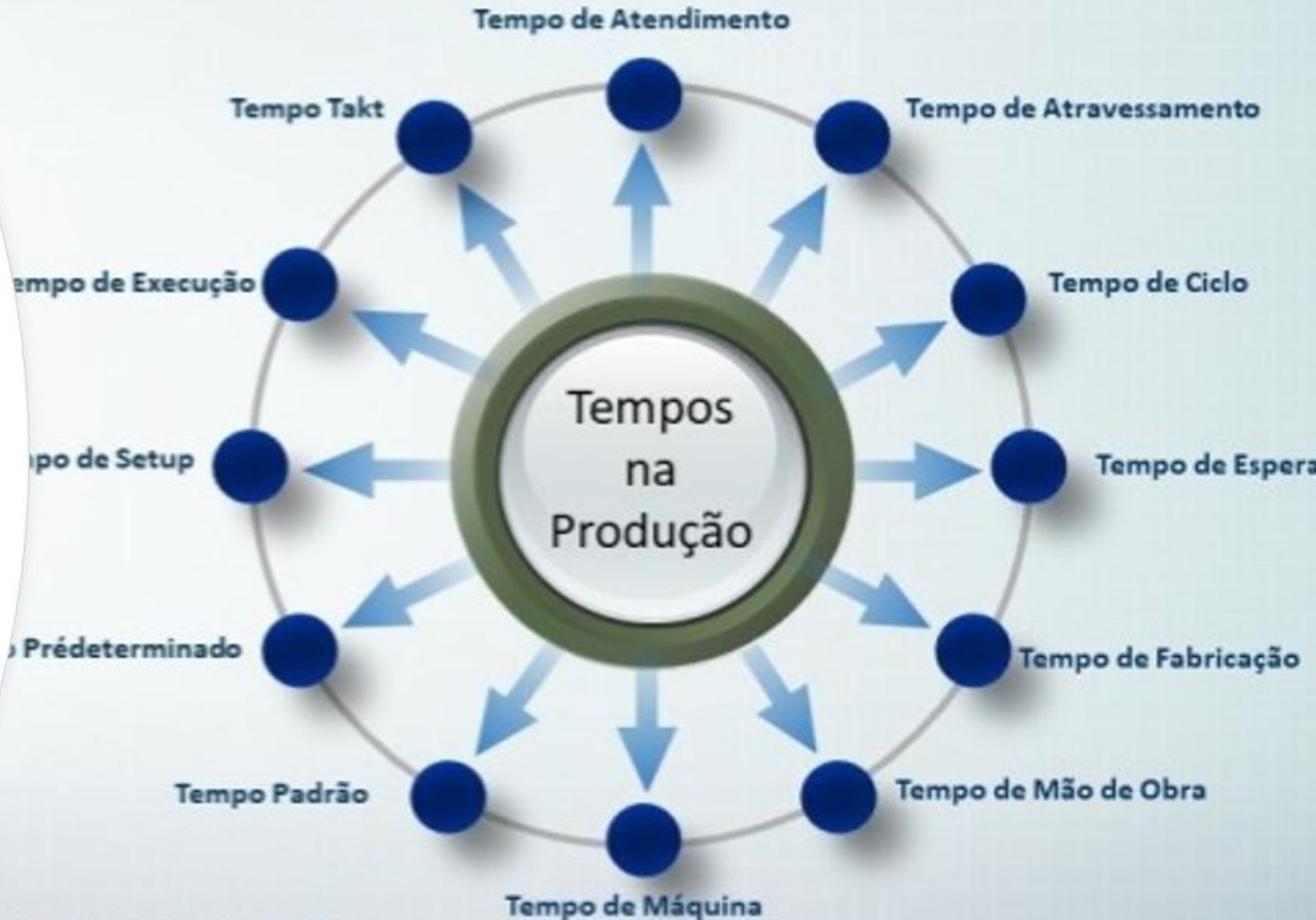


Figura 1 – Tempos na produção

PRINCIPAIS PARÂMETROS:

- ✓ TEMPO DE DESFORMA (FASE TRANSITÓRIA)
 - ✓ Peças armadas
 - $F_{ci} = 15\text{MPa}$ (16h a 18h)
 - ✓ Peças protendidas
 - $F_{ci} \geq 21\text{MPa}$ (16h a 18h) – vigas protendidas
 - $F_{ci} \geq 25\text{MPa}$ a 30MPa (16h a 18h) – vigas protendidas com elevada carga de protensão
 - $F_{ci} \geq 30\text{MPa}$ (9h a 14h) – lajes alveolares

- ✓ TEMPOS DE CONCRETAGEM (PARAMETROS MAXIMOS)
 - ✓ Movimentação e lançamento de caçambas: 30min
 - ✓ Pista de protensao 100 a 150m: 1,5h a 2h



CONCRETO AUTO ADENSAVEL

Industria pre-fabricada

• ESTADO FRESCO

- FLUIDEZ
- FACILIDADE NO LANÇAMENTO
- **TEMPO DE MANUTEÇÃO DE SLUMP**
- EXSUDAÇÃO MINIMA PARA FACILIDADE DE ACABAMENTO QUARTA FACE DE PEÇAS

• ESTADO ENDURECIDO

- RESISTENCIA INICIAL PARA SAQUE E DESPROTENSÃO
- ACABAMENTO SUPERFICIAL





Misturadores de alta performance

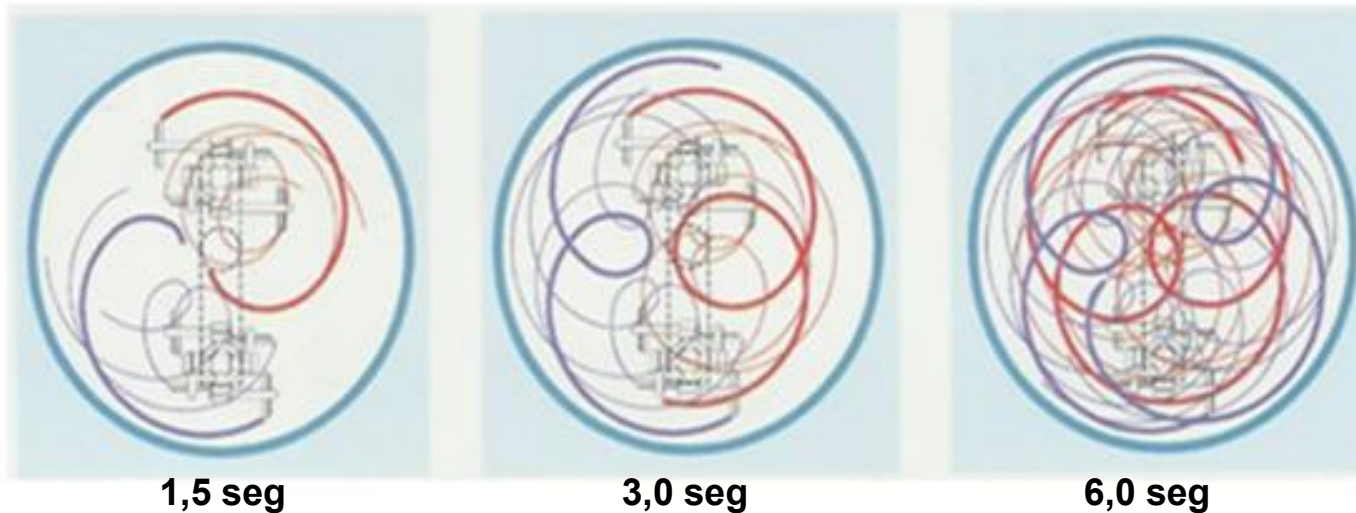
- **PRINCIPAIS PARÂMETROS DE CONTROLE:**
 - Testes em laboratório
 - Viscosidade e relação A/C
 - Resistencia
 - Testes em escala
 - Reduz o teor de aditivo em media 0,1%
 - Melhora a trabalhabilidade
 - Cuidado com a estabilidade do concreto

15/04

Industria de pré-fabricado

PRINCIPAIS PARÂMETROS:

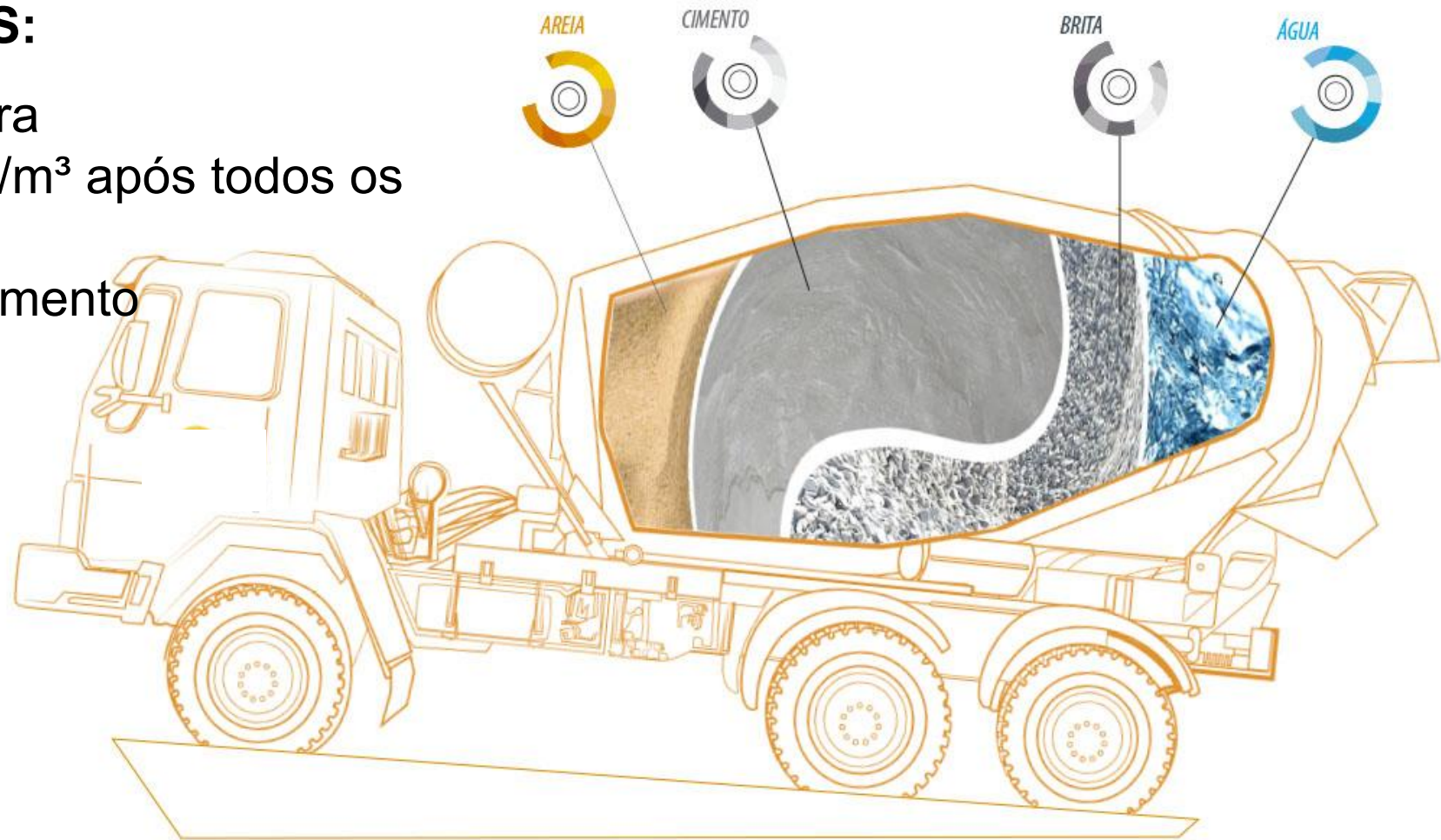
- ✓ Maior eficiência de mistura
- ✓ **Tempo de mistura:** 1min/m³ após todos os materiais no misturador
- ✓ **Atenção:** tempo de mistura afeta na trabalhabilidade do concreto

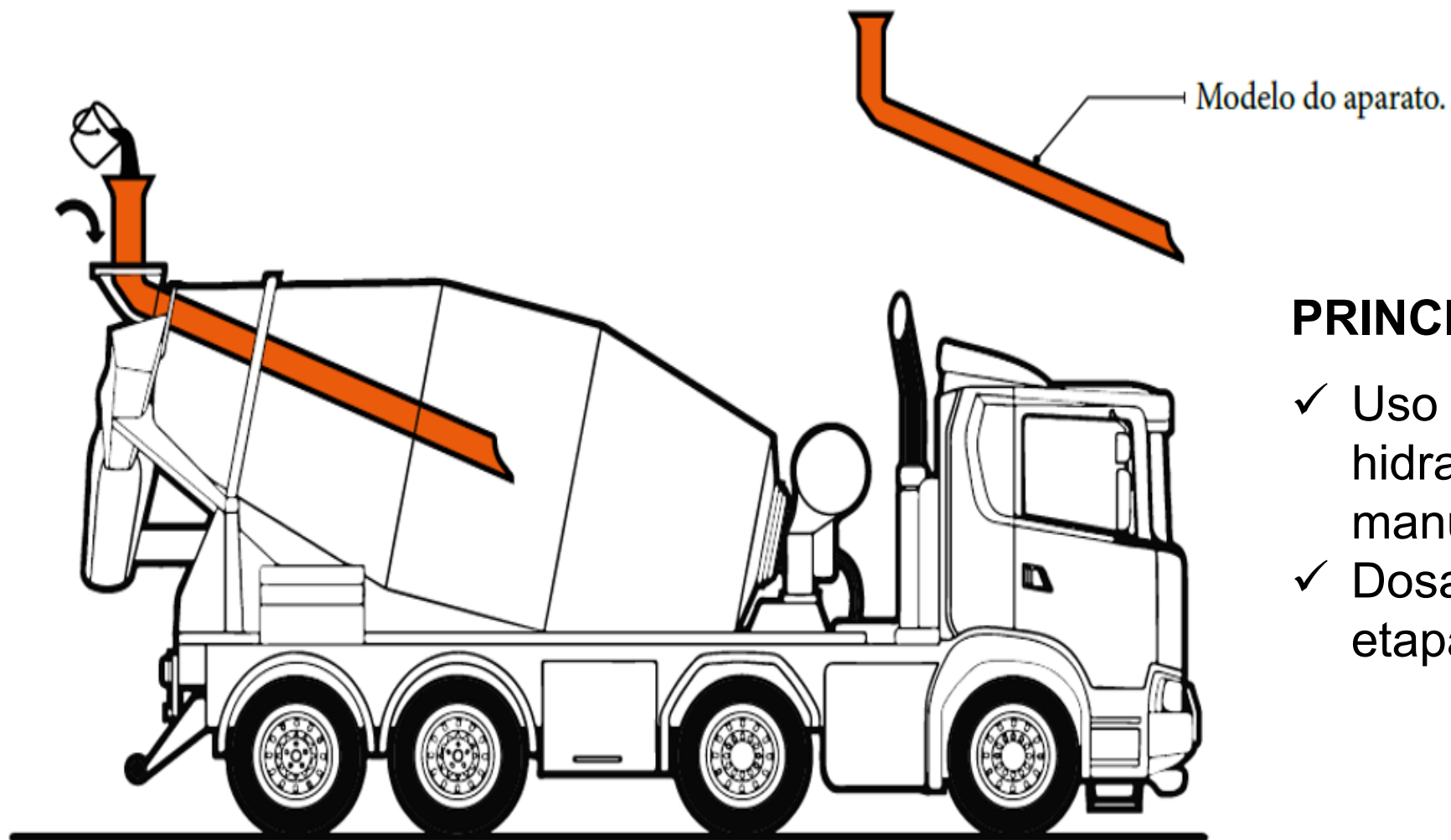


Industria de pré-fabricado

PRINCIPAIS PARÂMETROS:

- ✓ Menor eficiência de mistura
- ✓ **Tempo de mistura:** 4min/m³ após todos os materiais no misturador
- ✓ **Atenção:** tempo de lançamento





PRINCIPAIS PARÂMETROS:

- ✓ Uso de aditivo inibidor de hidratação para controle de manutenção de slump
- ✓ Dosagem de aditivo super na etapa 50 – 50%

Figura 1 - Aparato para adição dos aditivos no fundo do balão do caminhão betoneira.



Indústria de concreto pré-fabricado

ETAPA DE CONCRETAGEM



CONCRETO AUTO ADENSÁVEL



Indústria de concreto pré-fabricado

ETAPA DE CONCRETAGEM



Indústria de concreto pré-fabricado

QUALIDADE DO CONCRETO ASSOCIADO A TECNOLOGIA DE FORMA – PAINEL ARQUITETONICO



EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO CAA NO EXTERIOR



EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO CAA NO EXTERIOR



EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO CAA NO BRASIL (Prudentópolis-PR)



Cuidados no uso do CAA



Início da retração no concreto fresco

Concreto fresco



Aplicação do CURA QUIMICA logo após concretagem



Aplicação após 20min de concretagem

Concreto endurecido (20h após concretagem)

INTERFACES COM FORMAS

- ✓ Não adianta ter a melhor forma e o melhor concreto se o produto desmoldante afeta na qualidade final

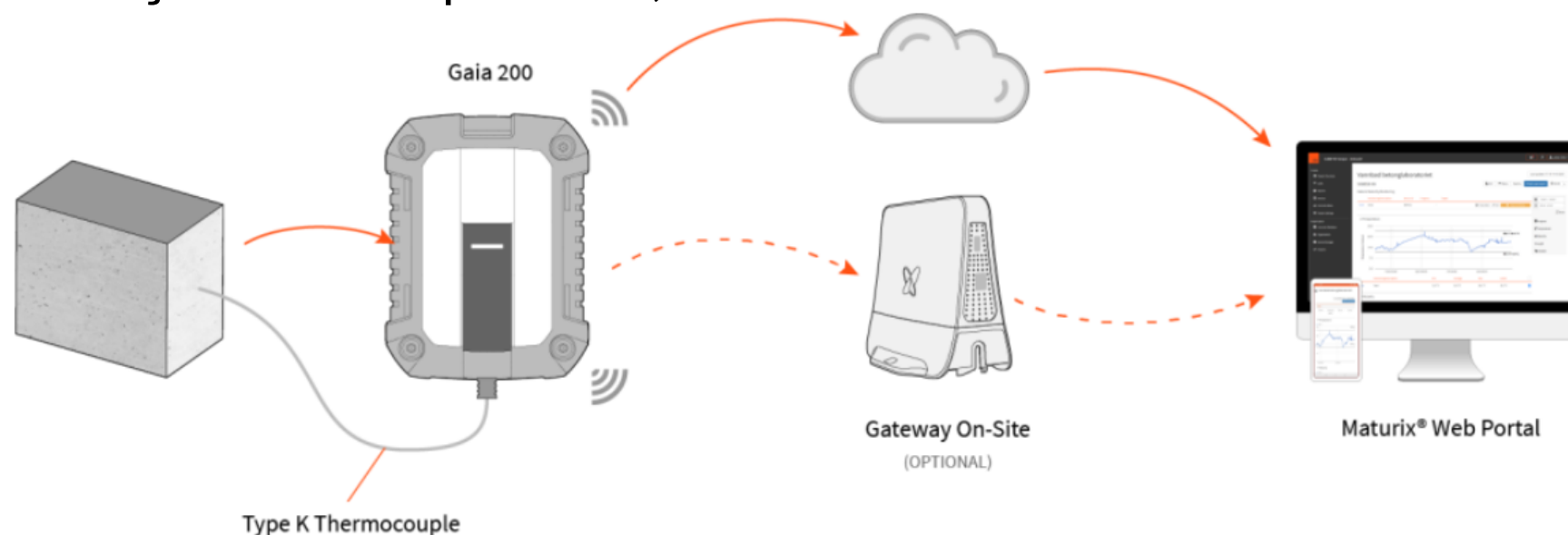


IMPORTANCIA DE CONTROLE TERMICO DO DO CONCRETO E TECNOLOGIAS DE CONTROLE

- ➔ A análise da maturidade relaciona os parâmetros de tempo x temperatura x resistência do concreto, sendo para a indústria do pré-fabricado excepcional para redução do tempo de saque e desprotensão de peças e, em consequência, na otimização do ciclo produtivo.
- ➔ Consiste no estudo preliminar de caracterização do concreto empregado em peças pre fabricadas;
- ➔ Assim que definido a curva de comportamento, o processo requer o monitoramento de temperatura das peças durante as primeiras horas de reação do concreto.
- ➔ Foco é viabilizar o saque mais rápido das peças, pois existe uma diferença térmica entre o corpo de prova moldado e a peça produzida;

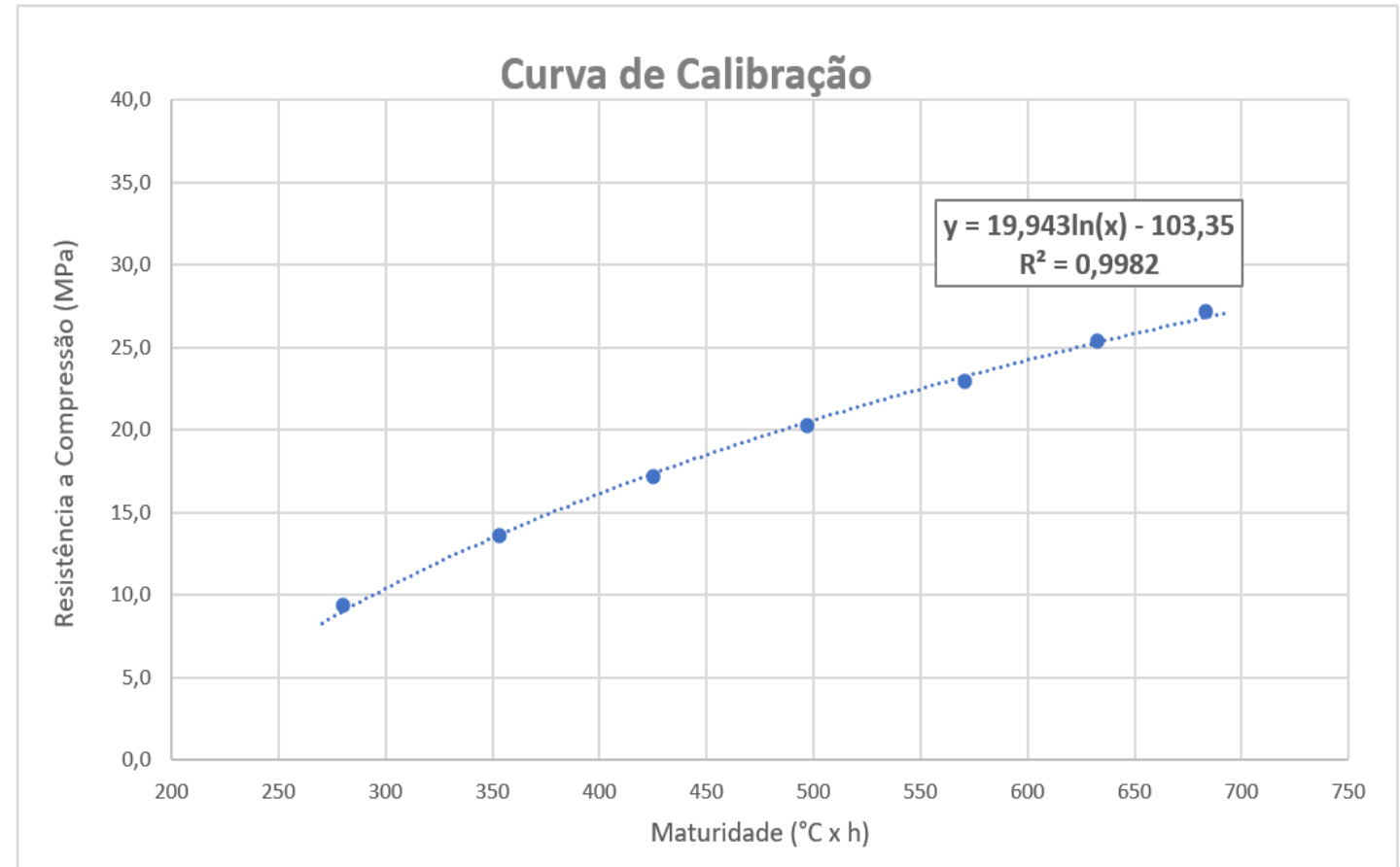
MATURIDADE DO CONCRETO

- ➔ Para o monitoramento de controle de temperatura do concreto, foram empregados medidores de temperatura modelo GAIA 200, termopares tipo K e um gateway para envio de dados na nuvem, coletados a cada 15min as informações de temperatura;



MATURIDADE DO CONCRETO

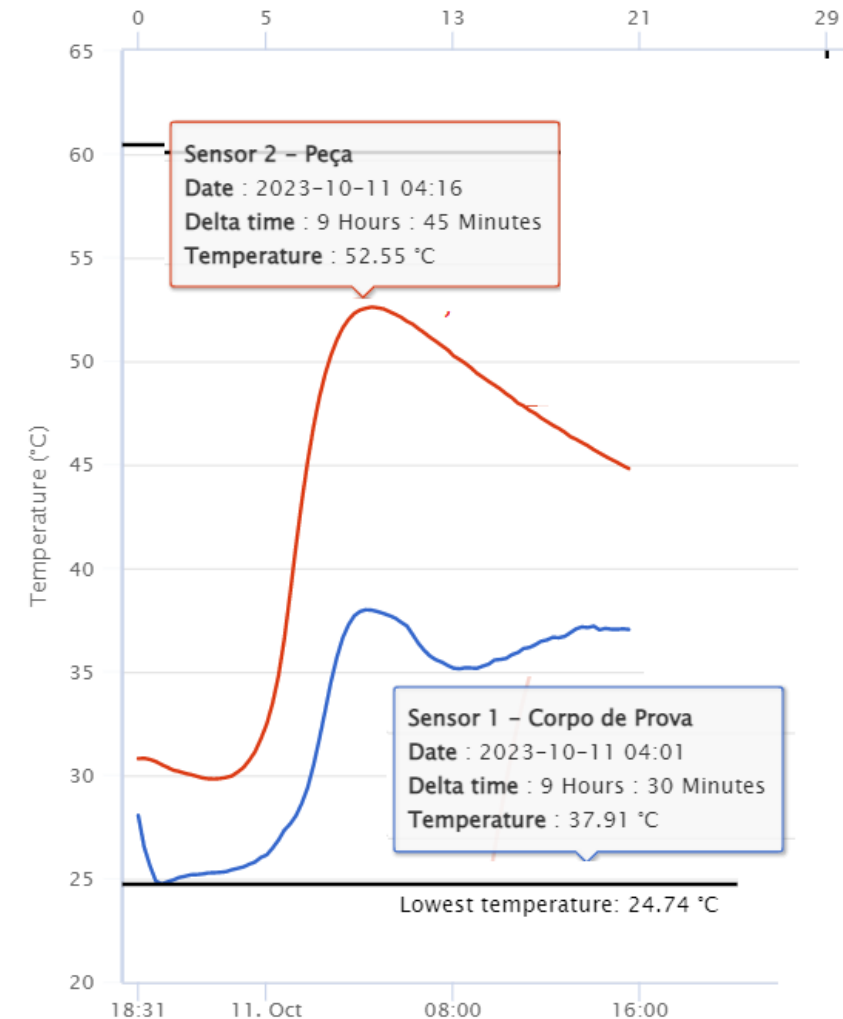
- ➔ O Objetivo é criar o gráfico com a equação de comportamento de maturidade do traço de concreto, sendo este o dado de entrada para alimentação do programa de monitoramento;
- ➔ A partir da parametrização do sistema, pode-se sequencialmente estabelecer o processo de monitoramento térmico em escala de produção;



EXEMPLO DE ESTUDO DE MATURIDADE E RESULTADO DE APLICAÇÃO

- ➔ A partir dos dados de monitoramento de temperatura simultânea do elemento pre fabricado e dos corpos-de-prova (CP's), notou-se que a elevação de temperatura do concreto da peça aconteceu em 9h com pico de temperatura de 52,6°C ao passo que nos CP's atingiu 37,9°C.
- ➔ Dessa maneira, foi possível verificar que as reações do concreto no elemento são mais aceleradas em relação aos CP's, sendo o gradiente de temperatura de 14,7°C;
- ➔ Na análise da maturidade, notou-se que as 13h obteve-se a resistência desejada de 22MPa, ao passo que o CP atingiu o resultado com 16h

Temperature



Muito Obrigado

Eng. MSc. Camilo Mizumoto

Representante Técnico Comercial
Consultoria técnica em concreto

————— Cel.: +55 67 9.9977-1170



Mizumoto Engenharia

Consultoria | Representação | Tecnologia | Treinamento

CONSULTORIA TÉCNICA

Pré-fabricados / Concreteiras