



Método da maturidade para controle da execução de estrutura em concreto aparente – Estudo de caso

Maturity method to control execution of fair-faced concrete structure – Case study from

Thomas Hideki Kuninari (1), Eduardo Issamu Funahashi Jr (1), Selmo Chapira Kuperman (1), Luis Borin (2), Roberto José Falcão Bauer (3), Felix Zulian Fagundes (4)

- (1) *Engenheiro Civil, Desek LTDA*
(2) *Engenheiro Civil, Falcão Bauer*
(3) *Engenheiro Civil, UNITAU*
(4) *Engenheiro Civil, R. Yazbek*
Av. Nove de Julho, 3229 – São Paulo (SP)

Resumo

O controle da resistência à compressão dos concretos, durante os primeiros dias após o seu lançamento, é fundamental para avanço de algumas etapas construtivas. No caso de utilização de fôrmas trepantes, o controle da resistência em baixas idades é realizado para atender ao mínimo especificado para continuidade dos serviços de sua remoção e montagem, para as próximas concretagens. Este trabalho apresenta estudo de caso de uma estrutura em concreto aparente onde foi empregado o método da maturidade para controle do seu ciclo construtivo. Para a definição do traço do concreto foram realizados estudos prévios de dosagens em laboratório e testes na obra, através de protótipos. Para o controle das resistências pelo método da maturidade, preliminarmente foram definidas as curvas de calibração no laboratório e em campo, com o concreto usinado. Com base na aplicação do método em caso real, conclui-se que o controle da resistência nas primeiras idades pode ser realizado com segurança em estruturas de concreto para o atendimento do seu cronograma.

Palavras-chave: Concreto aparente, Método da Maturidade, Resistência à compressão, Estudo de caso, Parede de concreto

Abstract

The concrete compressive strength control on the first days after its placement is fundamental to advance some constructive steps. In case of using climber forms, the compressive strength control on earlier ages is used to attend a minimum value specified to continue the jobs of removal and installation of the following castings. This job presents a case study of an architectural concrete structure where the maturity method was used to control its constructive cycle. To define the concrete mix some prior mix design studies in laboratory and test field in prototypes were performed. To control the compressive strength with the maturity method, previous calibration curves were developed in laboratory and on the field with ready-mix concrete. Based on the methodology applied in this real case, the conclusion is that strength control on early ages can be used safely on concrete structures to attend the required schedule.

Keywords: Architectural concrete, Maturity method, Compressive strength, Case study, Concrete wall

1 Introdução

Com o aprofundamento do conhecimento ao longo dos anos, evidenciam-se novas soluções no âmbito da construção civil que permitem o avanço das etapas construtivas com maior agilidade e segurança, com redução de custos e menor geração de resíduos de construção civil. As soluções são pautadas no avanço do conhecimento técnico em conjunto com diversas áreas de atuação da Engenharia e Arquitetura, que se complementam em um objetivo conjunto.

Este trabalho apresenta um estudo de caso da obra de expansão do Colégio Bandeirantes, uma das instituições de ensino mais tradicionais da capital paulista, na qual utilizou-se de técnicas assertivas de tecnologia do concreto, principalmente no que tange dosagens experimentais, controle tecnológico e tratamento de concreto aparente.

O projeto arquitetônico foi idealizado pelo escritório de arquitetura Aflalo Gasperini Arquitetos, no qual previu-se que os pilares-parede das caixas dos elevadores, que compõe parte da nova fachada do colégio, seriam executadas em concreto aparente com acabamento liso e uniforme (Figura 1).



Figura 1 – Projeto de expansão do Colégio Bandeirantes (Aflalo Gasperini Arquitetos, 2019)

Devido ao curto espaço de tempo disponível para a execução da obra pela R.Yazbek, previu-se um ciclo construtivo de execução dos pilares-parede sendo de uma etapa de 3,60 m de altura a cada 3 dias, no intuito de garantir maior produtividade e atendimento do cronograma. Para que este ciclo construtivo fosse garantido utilizou-se fôrmas trepantes, cuja movimentação e ancoragem requereu um concreto com resistência mínima na idade de 24 horas, conforme indicado pela Projetista SRTC Engenharia e Projetos.

Para o controle de resistência à compressão nesta idade foi empregado o método da maturidade, que permitiu estimar a evolução das resistências à compressão do concreto das diversas etapas construtivas por meio do monitoramento da evolução das suas temperaturas internas, de modo que a movimentação das fôrmas fosse realizada dentro do tempo estipulado e conforme especificação do projeto.

2 Especificação do concreto aparente

Para garantir a qualidade de execução da estrutura aparente e os aspectos estéticos requeridos, foram empregados materiais adequados, definidos por meio da realização de dosagens experimentais em laboratório e de testes em obra, com protótipos executados antes da utilização do concreto nas estruturas definitivas.

Para que a coloração do concreto fosse homogênea, foi mantido o traço de concreto ao longo da execução de toda a estrutura, incluindo características como relação água/cimento, proporções dos materiais constituintes, tipo de cimento e origem dos agregados, produto desmoldante para as fôrmas, além dos procedimentos de cura.

Sabe-se, no entanto, que mesmo com a adoção destas boas práticas pode haver variação na tonalidade final do concreto. Isso deve-se ao fato de que podem ocorrer variações químicas e físicas na fabricação do cimento e/ou na extração dos agregados, por exemplo. Portanto, previu-se a realização de tratamento superficial do concreto para eliminar pequenas imperfeições e manter a homogeneidade na coloração e atender o aspecto estético desejado pela Arquitetura.

Foi especificado concreto com $f_{ck} \geq 20$ MPa na idade de 24 horas e $f_{ck} \geq 30$ MPa e $E_{cs} \geq 27$ GPa determinado para uma tensão de $0,30 \cdot f_c$ na idade de 28 dias. Apesar do empreendimento se enquadrar na classe II de agressividade ambiental (CAA) da NBR 6118 (ABNT, 2014), referente a obras em regiões urbanas, especificou-se para as dosagens experimentais do concreto uma relação água/aglomerante $\leq 0,50$, mais restritiva que a sugerida pela referida norma e cobertura nominal da armadura de 4 cm. Foi empregada sílica ativa como substituição parcial do consumo cimento e aditivo compensador de retração a base de óxido de cálcio com o objetivo de minimizar efeitos de retração, reduzir a probabilidade de ocorrência de fissuras e melhorar o acabamento superficial do concreto. A tabela 1 apresenta a especificação do concreto.

Tabela 1 – Especificação do concreto aparente. Expansão do Colégio Bandeirantes (Deseq, 2021)

Estrutura	Concreto aparente
f_{ck} (MPa)	30
Módulo de elasticidade secante (GPa) ⁽¹⁾	27
Classe de consistência	S220 (S \geq 220 mm)
Relação água-aglomerante	$\leq 0,50$
Agregados graúdos	Britas 0 e 1
Teor de ar incorporado	$\leq 3\%$
Agregados miúdos	Areias natural e artificial
Adição pozolânica (kg/m ³)	6% de sílica ativa
Aditivo compensador de retração (kg/m ³)	12 kg/m ³ , no mínimo

(1) Módulo de elasticidade secante correspondente a tensão de 30% da resistência à compressão;



3 Método da maturidade

As reações de hidratação do cimento, por serem reações exotérmicas, elevam a temperatura interna do concreto durante o processo de ganho de resistência. O método da maturidade tem o objetivo de estimar a resistência de uma peça de concreto por meio da evolução das suas temperaturas internas. Por ser um método de ensaio não destrutivo, é uma alternativa à moldagem e ruptura de corpos de prova para a obtenção da resistência à compressão do concreto, principalmente quando se necessita destes valores em baixas idades.

Apesar do método da maturidade ainda ser pouco utilizado no Brasil, o conceito de que a resistência mecânica do concreto poderia ser relacionada à sua temperatura surgiu na década de 50 na Europa, através de trabalho desenvolvido por Saul (1951). Existe, no entanto, um histórico de publicações brasileiras com relatos do método da maturidade sendo utilizado para o controle da resistências do concreto de diferentes estruturas.

Peres et. al. (2005) utilizou do conceito de maturidade para estimar a resistência à compressão de uma viga de concreto pré-moldada submetida à cura térmica, enquanto Azevedo et. al. (2008) enfatizou que o método poderia ser utilizado para dar agilidade na liberação de tráfego em pavimentos de concreto. Mais recentemente, Baum et. al. (2018) estimaram por meio da maturidade a resistência à compressão de paredes de concreto, e confirmaram ser um método viável para este tipo de sistema construtivo. Já Serafini et. al. (2020) aplicaram o método para o controle da resistência do concreto de lajes de obra de edificação, e concluíram que o método se apresentou como uma ferramenta confiável para estimar a resistência à compressão do concreto aplicado em campo.

A norma americana que prescreve o procedimento para a aplicação do método da maturidade, a C1074 (ASTM, 2019), afirma que este método pode ser utilizado inclusive para estimar a resistência do concreto para liberação de etapas críticas da construção e que dependam da resistência do concreto, tais como remoção de fôrmas, aplicação de protensão e liberação de tráfego em estradas com pavimento de concreto. Previamente à utilização do método para estimar a resistência do concreto na estrutura, esta norma prevê o desenvolvimento de uma curva de calibração em laboratório. Isso deve-se ao fato de que cada dosagem apresenta um diferente desenvolvimento de temperaturas, que varia em função dos materiais constituintes do concreto (cimento e adições pozolânicas, brita, areia e aditivos químicos) e de suas proporções.

Duas funções de maturidade podem ser utilizadas, a que utiliza o conceito de idade equivalente e a função que considera o fator temperatura-tempo. O fator temperatura-tempo aborda o conceito de que a mesma resistência seria atingida por concretos que apresentassem a mesma maturidade, e leva em consideração que o concreto ganha resistência de maneira linear em função do desenvolvimento da temperatura. O método da maturidade com utilização da função de temperatura-tempo é de certo modo mais simplificado que o método por idade equivalente, que é um modelo com uma função



exponencial. No entanto, o método de temperatura-tempo foi o que se apresentou mais adequado para utilização no estudo em questão.

A equação 1 mostra a função para estimar a resistência do concreto em função do ganho de temperatura pelo método da maturidade com a função temperatura-tempo:

$$M(t) = \int_0^t (T_t - T_0) dt \quad (\text{Equação 1})$$

Na qual $M(t)$ é a maturidade do concreto em °C.dias ou °C.horas, T_t é a temperatura do concreto na idade t , T_0 é a *temperatura datum* (abaixo da qual não há ganho de resistência) e dt é o intervalo de tempo em dias ou horas. As temperaturas são dadas em °C.

4 Ensaios em laboratório

4.1 Dosagem experimental do traço de concreto

A primeira etapa do estudo contempla dosagens experimentais feitas em laboratório a partir das especificações do concreto para garantir adequadas características no estado fresco, como trabalhabilidade, coesão, teor de argamassa e exsudação, e no estado endurecido, atendendo aos parâmetros especificados de f_{ck} e E_{cs} .

Foram estudadas três dosagens com consumos de cimento iguais a 360 kg/m³, 380 kg/m³ e 400 kg/m³, para obter um traço com menor consumo de cimento e que atendesse os requisitos de projeto. Foi empregado um teor de 6% de sílica ativa em suspensão (50% sílica ativa e 50% água, em massa) como substituição parcial do cimento nos traços T-360 e T-380.

Os concretos apresentaram teor de ar incorporado de até 2%, e foram realizados ensaios de perda de abatimento do concreto segundo a NBR 10342 (ABNT, 2012) durante 45 minutos, onde os concretos mantiveram o seu abatimento dentro da classe de consistência especificada S220. A tabela 2 apresenta as dosagens estudadas, a figura 2 mostra os materiais utilizados e a figura 3 mostra o desempenho das resistências à compressão dos concretos estudados.

Tabela 2 – Consumos dos materiais das dosagens experimentais do concreto aparente. Expansão do Colégio Bandeirantes (Fornecedor de concreto, 2021)

Material	Código do traço		
	T-360	T-380	T-400
Cimento CP V ARI RS (kg/m ³)	360	380	400
Sílica ativa em suspensão (kg/m ³) ⁽¹⁾	40	42	-
Areia natural (quartzo)	502	521	534
Pedrisco misto (calcário)	335	348	356
Brita 0 (granito)	219	202	199
Brita 1 (basalto)	877	809	794
Aditivo superplastificante (kg/m ³)	2,4	3,0	3,4
Aditivo compensador de retração (kg/m ³)	12	12	12

Notas: (1) 50% sílica ativa e 50% de água, em massa (kg).

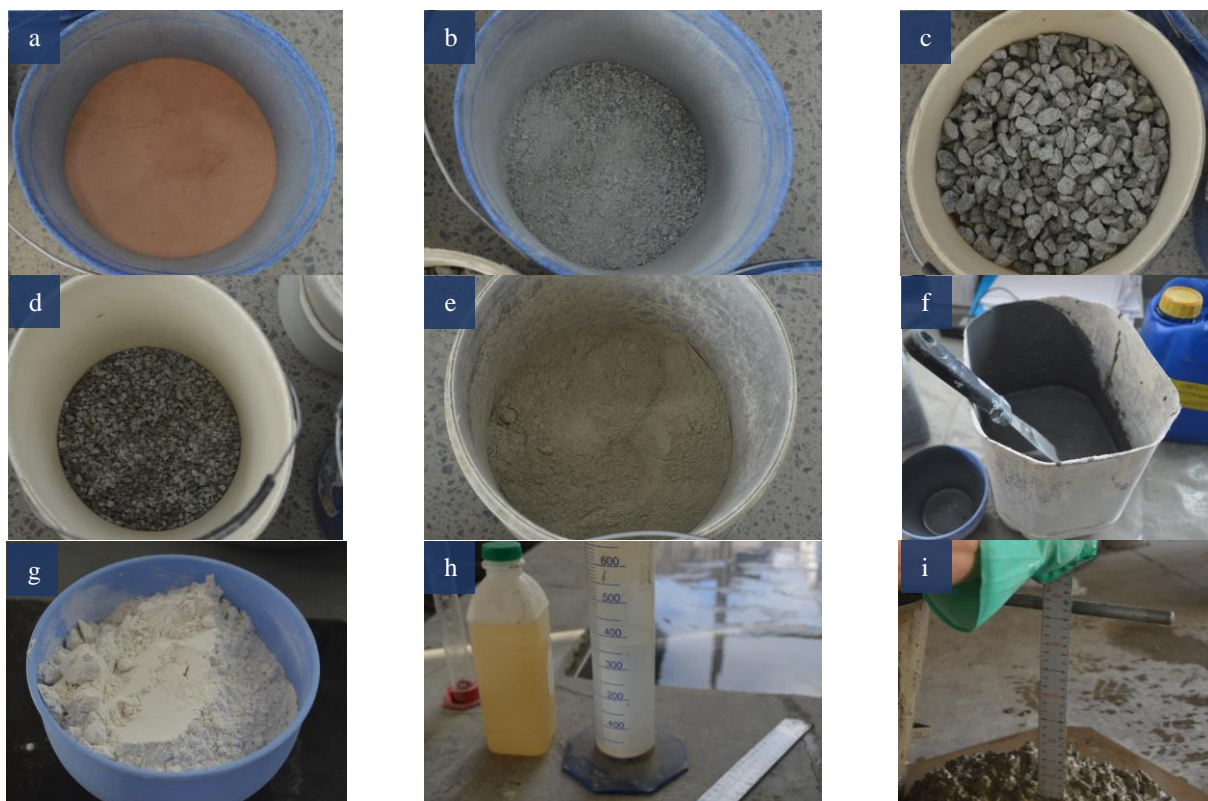


Figura 2 – Dosagens experimentais - Materiais constituintes do concreto empregado nas dosagens experimentais: (a) areia natural; (b) pedrisco misto; (c) brita 1; (d) brita 0; (e) cimento; (f) sílica ativa em suspensão; (g) aditivo compensador de retração; (h) aditivo superplastificante e água; (i) ensaio de abatimento do concreto

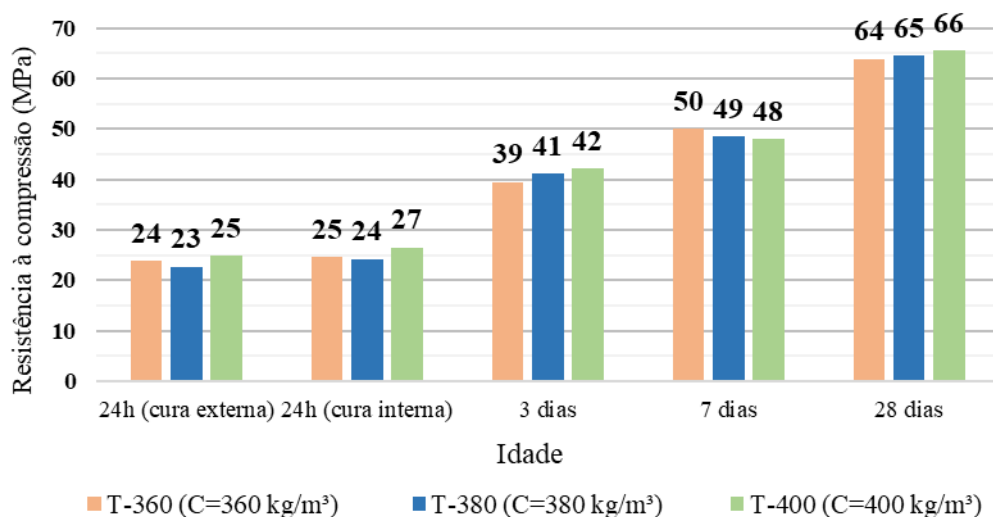


Figura 3 – Evolução da resistência à compressão dos concretos ensaiados em laboratório através de dosagens experimentais. Expansão do Colégio Bandeirantes (Desek, 2021)



A partir das dosagens desenvolvidas no laboratório e com base no desempenho mecânico dos concretos, foi escolhido o traço T-380, com consumo de cimento 380 kg/m³ e que apresentou resultados de resistência à compressão de 24 MPa na idade de 24h, 65 MPa na idade de 28 dias e módulo de elasticidade secante de 34 GPa nesta mesma idade.

Devido às variações nos consumos de aglomerante das dosagens, notou-se resistências à compressão na idade de 24 horas variando de 23 a 27 MPa. Com base nos dados de resistência nesta idade, notou-se que os resultados dos corpos de prova mantidos no interior do laboratório, com provável maior temperatura ambiente, foram de 0,8 MPa até 1,7 MPa superiores aos corpos de prova armazenados externamente.

4.2 Desenvolvimento das curvas de calibração

Após a definição do traço de concreto a ser utilizado nas estruturas aparentes, realizou-se em laboratório o desenvolvimento das curvas de calibração para permitir o controle das resistências *in loco* através do método da maturidade. Utilizou-se a equação com fator temperatura-tempo no desenvolvimento das curvas de calibração segundo a ASTM C1074 (2019).

Para a determinação da curva de calibração, foram moldados 6 (seis) exemplares de corpos de prova (CP) cilíndricos de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura, a serem avaliados nas idades de 18h, 20h, 22h, 24h, 26h e 28h. A moldagem dos corpos de prova foi realizada em laboratório conforme a NBR 5738 (ABNT, 2016), utilizando-se o mesmo traço de concreto a ser aplicado na estrutura definitiva.

A tabela 3 mostra os dados obtidos em laboratório, necessários para a elaboração de calibração do método da maturidade pelo fator temperatura-tempo (figura 4).

Tabela 3 - Dados para obtenção da curva de calibração (Desek & Falcão Bauer, 2021)

Idade (horas)	Temperatura do CP (°C)	Resistência de ruptura (MPa)	Temperatura x Tempo (h.°C)
18	20,0	11,3	360,0
20	19,0	12,5	380,0
22	19,3	13,8	424,6
24	19,7	15,8	472,8
26	19,9	17,1	517,4
28	19,8	18,9	554,4

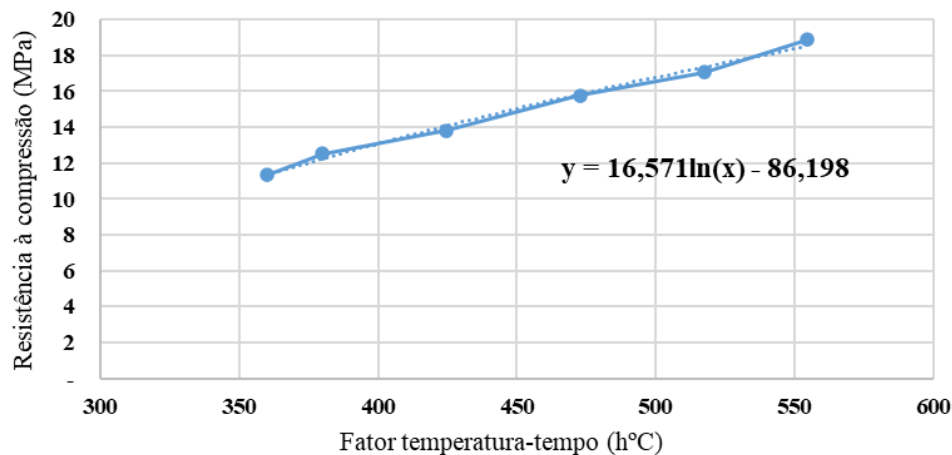


Figura 4 – Curva de calibração da maturidade obtida em laboratório pelo fator temperatura-tempo. Expansão do Colégio Bandeirantes (Deseq & Falcão Bauer, 2021)

5 Ensaios em campo

5.1 Procedimentos construtivos e execução de protótipos

A execução de protótipos se fez importante para treinamento e validação dos procedimentos construtivos, do controle tecnológico do concreto e das características estéticas requeridas pela Arquitetura. Por meio da sua execução foi possível realizar o treinamento da mão de obra, avaliação do desempenho do concreto nos estados fresco e endurecido, teste dos equipamentos utilizados para monitoramento da evolução das temperaturas internas do concreto para o controle de resistência pelo método da maturidade, definição dos produtos e tipo de tratamento superficial do concreto a serem utilizados nas estruturas definitivas. Adotou-se como protótipo as paredes do primeiro e segundo subsolos da própria estrutura, que não são aparentes.

Para a execução de estruturas em concreto aparente é de suma importância que sejam adotadas práticas construtivas adequadas, principalmente relacionadas ao lançamento, adensamento, cura e tratamento das juntas de construção. No protótipo é possível avaliar ainda eventuais problemas que devem ser corrigidos antes da execução definitiva das estruturas. Desta forma, se adotou como premissa a execução do protótipo exatamente com o concreto, as fôrmas e a armação previstas em projeto.

O protótipo foi ainda apresentado aos responsáveis pela Arquitetura para uma aprovação prévia do acabamento do concreto no que tange coloração e textura, no qual diferentes técnicas e produtos de tratamento foram testados. A seguir são mostradas fotos do protótipo, onde instalou-se equipamento para o monitoramento e armazenamento dos dados de temperaturas (figura 5). A figura 6 mostra detalhes da fôrma de madeira, onde realizou-se os frisos previstos no projeto arquitetônico e utilizou-se espaçadores de argamassa pré-fabricados com resistência à compressão superior a 60 MPa. A figura 7 mostra uma visão geral da execução do protótipo.



Figura 5 – (a) *Data logger* utilizado para armazenamento dos dados monitorados e (b) proteção do equipamento contra intempéries. Expansão do Colégio Bandeirantes (Deseq, 2021)

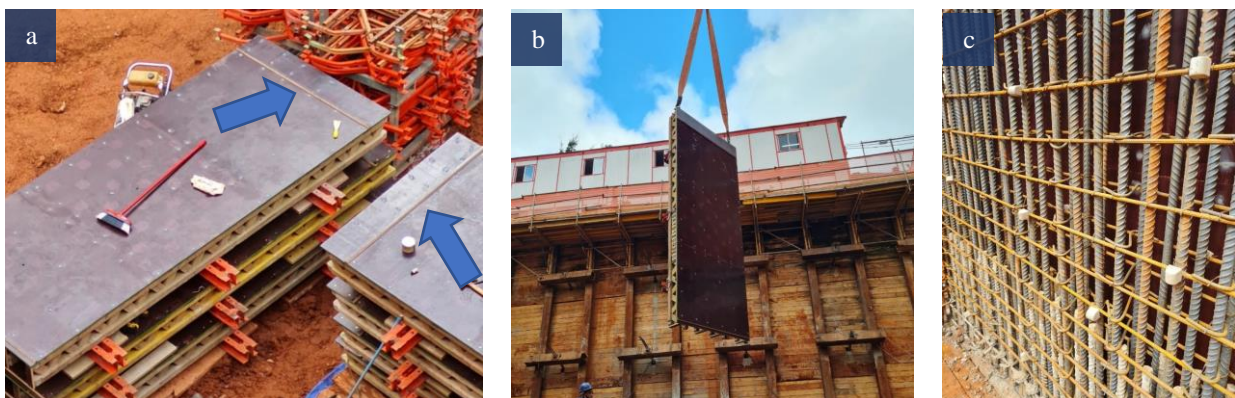


Figura 6 – Detalhes de (a) instalação dos frisos nas fôrmas, (b) movimentação com grua e (c) instalação de espaçadores de argamassa pré-fabricados. Expansão do Colégio Bandeirantes (Deseq, 2021)



Figura 7 – Vista geral da execução do protótipo. Expansão do Colégio Bandeirantes (Deseq, 2021)

No protótipo foi utilizado o traço de concreto desenvolvido em laboratório e o controle da resistência pelo método da maturidade. Neste evento foram moldados corpos de prova para

comparação das resistências obtidas pelo método da maturidade, com a ruptura conforme as normas NBR 5783 (ABNT, 2015) e NBR 5739 (ABNT, 2018). Após a remoção das fôrmas, notou-se uma coloração praticamente uniforme na superfície do concreto conforme mostra a figura 8, com poucas imperfeições e bom acabamento superficial.



Figura 8 – Detalhe do protótipo após a remoção das fôrmas, com poucas imperfeições e bom acabamento superficial. Expansão do Colégio Bandeirantes (Desek, 2021)

Após a desforma, o protótipo foi utilizado para testar produtos e procedimentos de tratamento do concreto aparente para definição do tipo de tratamento a ser adotado. A superfície do concreto de um dos protótipos executados foi dividida em segmentos, nas quais foram realizados diversos testes (figura 9) de argamassas cimentícias para acabamento superficial e de agentes hidrofugantes de proteção superficial. O protótipo foi apresentado à Arquitetura e à obra, onde foram definidos os tipos de produtos e procedimentos a serem adotados para o acabamento desejado para o concreto da estrutura.



Figura 9 – Protótipo após a remoção das fôrmas, segmentado para testes de produtos de tratamento superficial. Expansão do Colégio Bandeirantes (Desek, 2021)

5.2 Determinação da resistência à compressão pelo método da maturidade

Os equipamentos e procedimentos de monitoramento das temperaturas das estruturas aparentes foram validados durante a execução dos protótipos. Previamente ao fechamento das fôrmas de cada etapa de concretagem, eram instalados os termopares embutidos em locais pré-definidos e estes, por sua vez, conectados ao *datalogger* para o monitoramento e registro automatizado das temperaturas obtidas, com leituras a cada hora. A figura 10 apresenta detalhes da instalação dos termopares no interior das fôrmas antes das concretagens, posicionados em regiões superiores das paredes e no centro em relação a seção transversal.



Figura 10 - Termopares instalados no pilar parede utilizado como protótipo. Expansão do Colégio Bandeirantes (Deseq & Falcão Bauer, 2021)

O período de controle da resistência à compressão da estrutura do poço do elevador por meio do método da maturidade foi de agosto até novembro de 2021. Os resultados apresentados neste estudo de caso referem-se à primeira concretagem da estrutura aparente, em agosto de 2021.

A figura 11 apresenta o comportamento da temperatura do concreto no interior da estrutura, comparada com as temperaturas monitoradas nos corpos de prova utilizados para a elaboração da curva de calibração. Nesta primeira concretagem foram moldados corpos de prova para ensaio à compressão axial, para comparação com as resistências obtidas pelo método da maturidade.

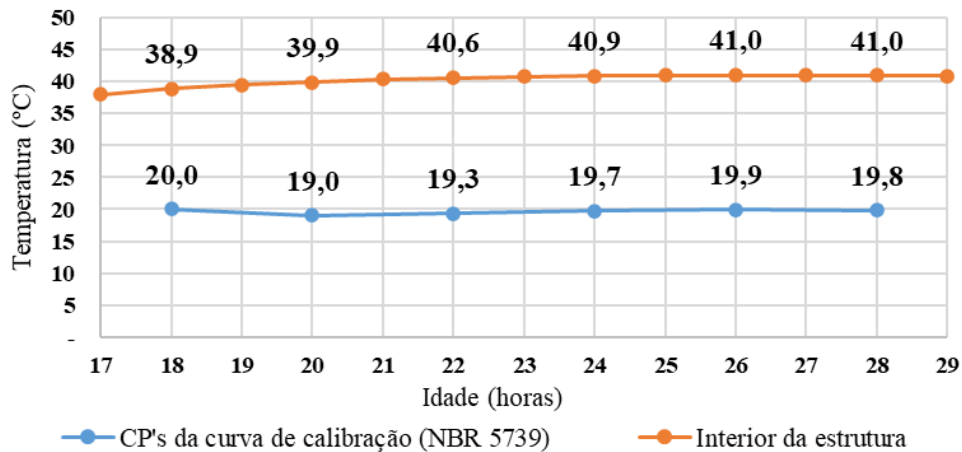


Figura 11 – Temperaturas do concreto monitoradas no interior da estrutura comparadas com as curvas monitoradas dos CP's da curva de calibração (Desek & Falcão Bauer, 2021)

Por meio da relação temperatura (monitorada) *versus* tempo, calcula-se a maturidade do concreto aplicado na estrutura em diversas idades. A partir destes valores da maturidade, com a equação determinada na curva de calibração, estima-se a resistência à compressão do concreto no interior da estrutura. A figura 12 apresenta os resultados de resistência obtidos por meio do método da maturidade, os resultados obtidos nos corpos de prova moldados quando do desenvolvimento da curva de calibração e dos moldados em obra.

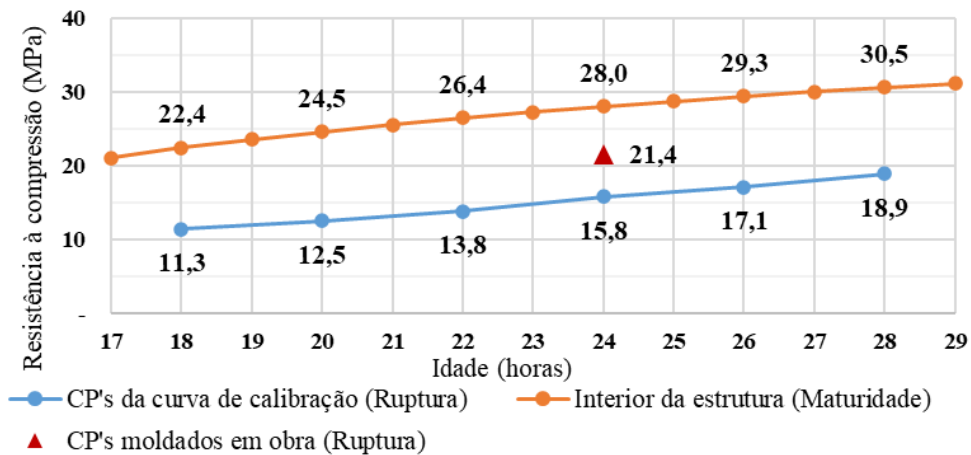


Figura 12 – Resultados de resistência à compressão estimados no interior da estrutura pelo método da maturidade comparados com os resultados de ruptura nos corpos de prova moldados na curva de calibração e em obra (Desek & Falcão Bauer, 2021)

A figura 13 apresenta os resultados de resistência obtidos por meio do método da maturidade e os resultados obtidos nos corpos de prova moldados em obra ao longo do tempo de execução das estruturas. Evidencia-se que as resistências à compressão

estimadas pelo método da maturidade foram sempre superiores as resistências à compressão obtidas por ruptura dos corpos de prova moldados em obra.

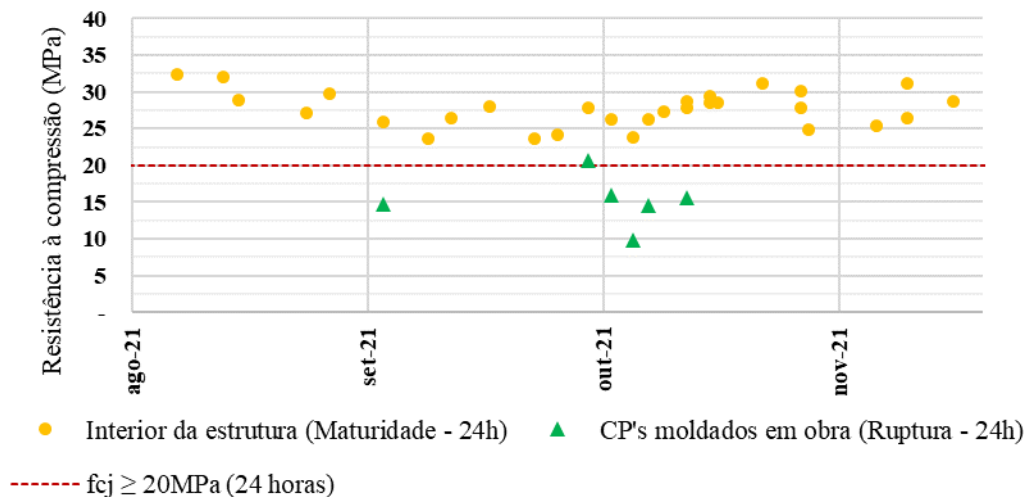


Figura 13 – Resultados de resistência à compressão estimados no interior da estrutura pelo método da maturidade comparados com os resultados de ruptura nos corpos de prova moldados em obra ao longo do tempo de execução das estruturas (Desek & Falcão Bauer, 2021)

6 Análise e discussão dos resultados

Os estudos de dosagens foram importantes para definir o concreto a ser utilizado nas estruturas aparentes e minimizar o aparecimento de fissuras de retração, devido à redução no consumo de cimento no traço, da menor relação água/cimento e da utilização de aditivo compensador de retração.

O treinamento da mão de obra e definição das metodologias executivas através da execução dos protótipos foi fundamental para garantir maior qualidade de execução das estruturas de concreto aparente. A aprovação prévia da Arquitetura, baseada em testes realizados nos protótipos, com relação ao alinhamento das fôrmas, frisos, coloração e acabamento foi essencial para garantir a estética requerida para o concreto. A figura 14 mostra etapa de tratamento do concreto e a figura 15 apresenta detalhe de parte da estrutura após a realização do tratamento superficial.



Figura 14 – (a) Vista aérea da obra da reforma do Colégio Bandeirantes após o término da execução da estrutura aparente (Colégio Bandeirantes, 2021)



Figura 15 – Detalhe da etapa de tratamento do concreto (R.Yazbek, 2022)

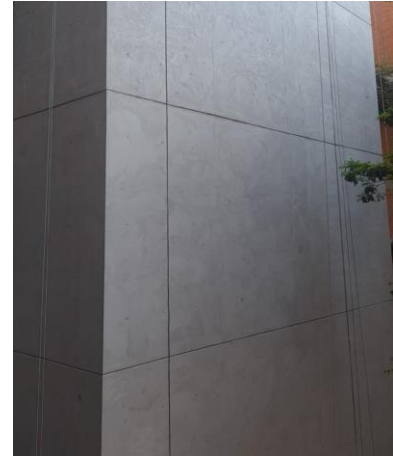


Figura 16 – Detalhe da qualidade do acabamento do concreto aparente após realização do tratamento superficial (Deseq, 2022)

As temperaturas no interior dos corpos de prova moldados em laboratório para o desenvolvimento da curva de calibração estiveram próximas a 20°C nas idades entre 18 horas e 28 horas (variação máxima de $\pm 1^{\circ}\text{C}$), devido à cura em ambiente com temperatura controlada, enquanto as temperaturas monitoradas no interior da estrutura permaneceram em cerca de 40°C (variação máxima de $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$). As maiores temperaturas monitoradas no interior da estrutura devem-se às maiores dimensões do elemento estrutural, que dificultam a dissipação de calor quando comparado aos corpos de prova. É devido a este maior acúmulo de calor que os resultados de resistência à compressão estimados pelo método da maturidade no concreto das diferentes etapas construtivas foram superiores aos resultados obtidos pela ruptura dos corpos de prova moldados em obra e curados em temperatura ambiente.

Para efeito comparativo, a resistência à compressão estimada no interior da estrutura na idade de 24 horas pelo método da maturidade foi, em média, 47% superior aos resultados obtidos por ruptura dos corpos de prova moldados em obra para a mesma idade.

Em um evento de concretagem, foi obtido um resultado de 21 MPa por meio da ruptura dos corpos de prova moldados em obra, na idade de 24 horas. Estimou-se por meio da maturidade, que neste mesmo evento de concretagem, esta mesma resistência no interior da estrutura foi obtida com 17 horas de idade, evidenciando que seria possível reduzir em 7 horas o prazo de desforma desta etapa, o equivalente a uma redução de 30%.



7 Considerações finais

O traço de concreto com relação água/aglomerante menor que a indicada para a classe de agressividade ambiental II, somada com adições de sílica ativa e de aditivo compensador de retração, apresentou bom desempenho para minimizar fissuras de retração por secagem e garantir a durabilidade e vida útil da estrutura.

A definição prévia dos procedimentos executivos, treinamento da mão de obra e realização de testes de diferentes tratamentos superficiais do concreto aparente através da execução de protótipos, foi fundamental para melhorar o acabamento do concreto aparente e atender o aspecto visual desejado.

A utilização do método da maturidade apresentou-se como uma alternativa interessante quando comparada com os resultados de resistência à compressão de corpos de prova moldados em obra. No caso apresentado, para se obter resistência à compressão na idade de 24 horas seria necessário a instalação de um laboratório de controle tecnológico no próprio canteiro para liberação das atividades construtivas, caso não fosse adotado este método. A partir da utilização do método da maturidade para controle das resistências à compressão em idades iniciais, tornou-se dispensável a instalação de laboratório na obra sendo este substituído pelo monitoramento das estruturas através da instalação de sensores para monitoramento da evolução das temperaturas internas do concreto. Antes da movimentação das fôrmas eram realizadas as leituras das temperaturas monitoradas para estimativa da resistência à compressão através do método de maturidade.

Pelo fato de o método da maturidade levar em consideração a geração de calor da peça, se comparado à resistência à compressão obtida por meio da ruptura de corpos de prova moldados, a resistência em uma mesma idade será menor que àquela no interior da estrutura, devido as suas menores dimensões e maior dissipação do calor durante o ganho de resistência. Desta forma, no caso apresentado, uma das vantagens do método foi a possibilidade de antecipar a desforma e a fixação de *inserts* metálicos no concreto para montagem das plataformas e fôrmas para continuidade da execução da estrutura, acelerando o processo construtivo com segurança.

O método da maturidade apresentou resultados satisfatórios para o caso apresentado, revelando mais uma vez ser uma boa alternativa para o controle da resistência à compressão, principalmente quando necessita-se avaliar as resistências iniciais e quando as condições da obra não permitem a instalação de um laboratório de controle tecnológico no canteiro.



8 Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. ASTM C1074-19. **Standard Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method**. Philadelphia, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5738, **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5739, **Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118, **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

AZEVEDO, Ângela de et al. **O método da maturidade e sua utilização em pavimentos de concreto: 50º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, IBRACON, Salvador, 2008.**

BAUM, J. L., LERNER, L. R., PACHECO, F., TUTIKIAN, B. F. **Avaliação do método da maturidade em corpos de prova de concreto curados em diferentes temperaturas: XV CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PATOLOGIA DE CONSTRUCCIÓN Y CVII CONGRESO DE CONTROL DE CALIDAD EN CONSTRUCCIÓN, CONPAT, Tuxtla Gutiérrez, México, 2019.**

PERES, L. D. P, BARBOSA, M. P., PINTO, R. C. A. **Aplicação do método da maturidade na avaliação da resistência à compressão de peças pré-moldadas: 1º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, CPM, São Carlos, 2005.**

SERAFINI, Ramoel et. al. **Controle contínuo da resistência de estruturas de concreto pelo método da maturidade: REVISTA CONCRETO & CONSTRUÇÕES, IBRACON, Ed. 98, 2020.**