

Piscina de Ondas em Estrutura Pré-Fabricada de Concreto

LUIS ANDRÉ TOMAZONI - DIR. — CASSOL Pré-fabricados
RICARDO ALENCAR - DIR. — ADCO Aditivos

1. O DESAFIO

O complexo esportivo e de lazer BSC Aretê Búzios, em Búzios (RJ), na região dos Lagos do Rio de Janeiro, contará com a maior piscina de ondas do Hemisfério Sul (Figura 1)! Com inauguração prevista para o 2º semestre de 2026, o complexo apresenta tecnologia de ponta Endless Surf, capaz de gerar ondas personalizadas e de diferentes tamanhos.

O projeto para a criação das ondas é bastante ousado, apresentando estruturas com tipologia na forma de arcos de grande proporção, aliado à necessidade de uma maior precisão construtiva, durabilidade e menor manutenção. Isso, aliado ao prazo exíguo para execução da obra, fez com que se optasse por industrializar a parte mais complexa da estrutura, ao invés da concretagem *in loco*.

A utilização de sistemas pré-fabricados em obras especiais já não é novidade — por exemplo, em projetos de infraestrutura — e hoje não se restringe às tradicionais obras industriais, comerciais e logísticas [1].

Para esse desafio, a CASSOL Pré-fabricados desenvolveu o projeto estrutural para o sistema pré-fabricado de forma precursora para este tipo de obra no Brasil. A industrialização ocorreu em sua unidade de Seropédica (RJ).

2. DO PROJETO ATÉ À CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMAS PRÉ-FABRICADAS

Um grande desafio residia no projeto e desenvolvimento das fôrmas, as quais foram concebidas para atender simultaneamente e de maneira integrada todas as etapas do “ciclo de vida” dos elementos pré-fabricados, desde o posicionamento e fixação das armaduras, concretagem, desmoldagem, movimentação interna, até o transporte à obra e posterior montagem.



FIGURA 1

VISTA GERAL DO COMPLEXO ESPORTIVO E DE LAZER BSC ARETÊ BÚZIOS, EM BÚZIOS-RJ

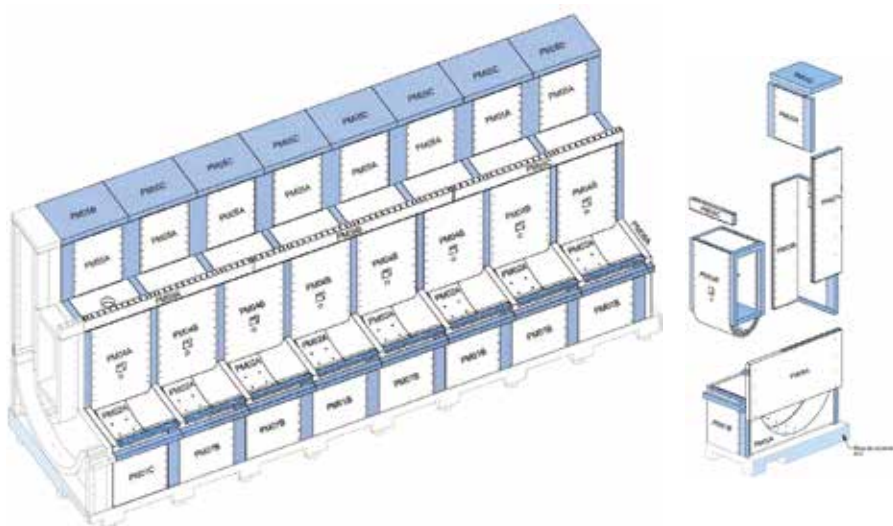


FIGURA 2

MÓDULOS PRÉ-FABRICADOS: A. PERSPECTIVA E B. VISTA EXPLODIDA

A estrutura pré-fabricada é composta por 48 elementos agrupados em módulos, num total de 2.700 m³, conforme demonstrado na Figura 2. As hachuras, em destaque no azul, indicam as regiões de solidarização dos concretos e grautes entre os elementos pré-fabricados, e a concretagem *in loco* (na obra).

Em função da tipologia estrutural dos elementos, caracterizada por geometrias não convencionais, com existência de elementos em arco, múltiplas interfaces de acoplamento e armaduras complexas, o projeto das fôrmas demandou soluções específicas para garantir não apenas a conformidade geométrica e o acabamento superficial de alta qualidade das peças, mas também a repetibilidade dimensional entre os elementos estruturais, característicos do sistema pré-fabricado de concreto (Figura 3).

A elevada precisão exigida para o sucesso do empreendimento impôs tolerâncias rigorosas às fôrmas, especialmente nas regiões de bainhas, inserts, armaduras de acoplamento e interfaces de solidarização entre peças. Qualquer imprecisão acumulada nessa etapa poderia comprometer o alinhamento, a estabilidade durante a montagem e o desempenho estrutural final do conjunto.

Além disso, o processo de desmoldagem e movimentação das peças requereu que as fôrmas fossem projetadas de modo a minimizar esforços indesejados nos elementos recém-concretados, evitando fissuração, deformações permanentes ou danos localizados. O projeto precisou ainda considerar os pontos de içamento, centros de gravidade variáveis e as condições transitórias de manuseio, assegurando a integridade estrutural das peças ao longo de todas as fases operacionais (Figura 4 e Figura 5).

Por fim, a concepção das fôrmas precisou estar diretamente alinhada com a estratégia de montagem em campo, garantindo que as interfaces, tolerâncias e sistemas de acoplamento permitissem uma execução precisa, segura e eficiente, condição essencial para o desempenho adequado da casa



FIGURA 3

SISTEMA DE FÔRMAS COM ARMADURAS POSICIONADAS PARA ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS EM FORMA DE ARCO (16 T)

de máquinas e para o funcionamento confiável dos sistemas geradores de ondas.

Toda etapa de fabricação aconteceu entre julho e dezembro de 2025.

3. DOSAGEM DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL

Para atender a uma demanda exigente de qualidade, foi desenvolvido um criterioso estudo de dosagem de



FIGURA 4

DESFORMA COM SEQUENCIAL ACOMODAÇÃO DE PEÇAS EM CAIXA DE AREIA



FIGURA 5

MOVIMENTAÇÃO DAS PEÇAS DENTRO DA PLANTA DE PRÉ-FABRICADOS

concreto autoadensável (Tabela 1), com as seguintes características no estado fresco [2]:

- ▶ **Alta fluidez:** classe SF2, *slump-flow* entre 660 mm e 750 mm, devido à complexidade geométrica dos elementos estruturais;
- ▶ **Baixa viscosidade plástica aparente:** classe VS1 ($t_{500} \leq 2s$) e VF1 (funil-V $\leq 9s$), para facilitar o escape do ar incorporado na moldagem, melhorando o acabamento da superfície e minimizando o aparecimento de bolhas;
- ▶ **Alta habilidade passante por entre armaduras:** classe PL2, com $H2/H1 \geq 0,8$ (caixa-L);
- ▶ **Alta resistência à segregação:** classe SR2 ($\leq 10\%$), minimizando os efeitos da trepidação que o concreto sofre em caçamba no transporte da central à fôrma.

Para isso, a escolha do aditivo superplastificante, redutor de água tipo 2 (RA2) [3], ADCO MixFLOW® 6405, a base de policarboxilatos (PCE) que combina moléculas de maior cadeia principal, para potencializar o corte de água, com moléculas de cadeia lateral mais longa, para aumentar o tempo de manutenção de trabalhabilidade [4], foi fundamental, não apenas para assegurar

as características de autoadensabilidade requeridas, diante de temperaturas mais elevadas e eventuais interrupções operacionais que poderiam atrasar a aplicação, mas também para atender a uma elevada resistência inicial ($f_{cj}^{24hs} \geq 35$ MPa).

Além disso, para garantir uma adequada robustez na aplicação do CAA, mantendo as características de coesão do concreto fresco, sem ocorrência de segregação ou exsudação, foi realizada a adição de uma superpozolana líquida: ADCO SilicaFLOW® 40. Classificada como sílica ativa na forma de dispersão aquosa [4], com os mesmos benefícios da sílica em pó quanto a: mitigação das reações álcali-agregado (RAA), aumento das resistências mecânicas, incremento da durabilidade, melhoria na reologia do concreto fresco, aumento da coesão, redução

do calor de hidratação e agregando as seguintes vantagens técnicas:

- ▶ Melhora a dispersão da mistura, sobretudo comparado às sílicas adensadas, potencializando, assim, os resultados técnicos;
- ▶ Evita a insalubridade dos operadores e problemas trabalhistas decorrentes;
- ▶ Contribui positivamente ao meio ambiente, por não gerar pó na central de concreto;
- ▶ Reduz investimento em tanques e bombas, que são iguais aos dos aditivos, com sistema de reciclo, devido à sua característica mais fluída (menos viscosa) e estável, comparada ao padrão de sílica líquida de mercado que necessita de tanques especiais com misturador.

Por se tratar de uma suspensão com 40% de sólidos de sílica de alto desempenho dispersa em 60% de água com aditivos químicos, para conferir sua estabilidade e performance, no cálculo do fator água/aglomerante, deve-se somar 40% da suspensão (parte sólida) com o cimento como aglomerante e os demais 60% (parte líquida) ao total de água.

Já, o Penetron Admix®, impermeabilizante por cristalização, entrou na composição, além da baixa relação água/aglomerantes e uso da sílica, para incrementar ainda mais a durabilidade, tornando o concreto menos permeável contra água e agentes químicos agressivos, além de permitir sua autocicatrização, importantíssimo para este tipo de estruturas de difícil acesso para manutenção.

TABELA 1

CONSUMO DOS MATERIAIS (KG/M³) PARA CAA f_{ck} 50

Traço	Unitário	kg/m³
CPV ARI	0,98	438
ADCO SilicaFLOW 40 (1)	0,02	23
Areia natural	1,38	619
Areia artificial	0,59	265
B0	1,29	577
B1	0,55	247
Água		200
ADCO MixFLOW 6405	1,09%	4,9
Penetron Admix	0,85%	3,8
Ar incorporado	1,80%	
Massa específica (kg/dm³)		2.378



FIGURA 6

CONCRETAGEM DE ELEMENTO “TIPO U”. A. VISTA GERAL. B. DETALHE DO CONCRETO

4. PRODUÇÃO DOS ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS

A homogeneização do concreto foi realizada em misturador de eixo horizontal (1,5 m³ de capacidade), mais eficiente comparado ao tradicional processo de mistura (por tombamento em betoneira de eixo inclinado) e, logo após, lançado sobre caçamba, de mesma capacidade, evitando tempo de espera entre misturas sucessivas para preenchimento total da caçamba, e, então, transportado até à ponte rolante que leva a fôrma.

A peça de maior complexidade foi a em forma de arco de 16 t (Figura 6), onde a fôrma foi concebida de forma invertida (em relação à posição de montagem na obra) para favorecer o escape do ar aprisionado na concretagem e potencializar o acabamento, justamente na área de formação das ondas.

Além disso, o controle de qualidade foi rígido na correção da umidade das areias, que foi realizada três vezes ao dia e sempre após a entrega de novo lote na fábrica,

bem como na verificação do espalhamento (*slump-flow*) e análise visual da estabilidade em todas as misturas (IEV), de modo a evitar qualquer exsudação.

5. MONTAGEM EM OBRA

A expedição das peças iniciou em outubro de 2025 e se encontrava em fase final de montagem em janeiro de 2026.

Na montagem da estrutura pré-fabricada, o principal desafio foi o controle rigoroso das tolerâncias geométricas e posicionais nas interfaces entre os elementos estruturais. A conexão das bainhas das primeiras peças à fundação requereu elevada precisão, uma vez que a interação entre múltiplas armações de espera e as bainhas incorporadas aos elementos pré-fabricados impõe tolerâncias extremamente restritas. Pequenos desvios acumulados nessa fase inicial podem resultar em desalinhamentos progressivos, comprometendo a montagem sequencial e a conformidade geométrica global da estrutura.

Diante desse cenário, tornou-se imprescindível gabaritar criteriosamente as ligações, bem como o controle dimensional da concretagem *in loco* (Figura 7). Esse procedimento visou assegurar a compatibilidade geométrica entre fundações, elementos pré-fabricados e sistemas de conexão, minimizando riscos de interferências, tensões não previstas e necessidade de ajustes corretivos em obra.



FIGURA 7

VISTA GERAL DA OBRA EM CONCRETAGEM NOTURNA



FIGURA 8

TRANSPORTE DE ELEMENTO PRÉ-FABRICADO NA OBRA



FIGURA 9

VISTA AÉREA DA MONTAGEM DOS MÓDULOS PRÉ-FABRICADOS

Outro aspecto crítico refere-se à estabilidade provisória dos elementos durante a fase de montagem (Figura 8). Em função das tipologias, geometrias e esbeltezes específicas das peças pré-fabricadas, fez-se necessária a concepção de sistemas de escoramento, travamento e apoio provisório individualizados para cada tipologia estrutural. Essas soluções foram dimensionadas para as ações transitórias de montagem, garantindo a estabilidade global e local dos elementos até a conclusão da etapa de solidarização estrutural.

A solidarização entre os elementos estruturais demandou o emprego de concretos e grautes de desempenho específico, desenvolvidos para atender simultaneamente aos requisitos de fluidez,

resistência mecânica, aderência às interfaces e controle de retrações. A execução dessa etapa exigiu rigoroso controle tecnológico, de modo a evitar manifestações patológicas associadas a falhas de preenchimento, segregação ou descontinuidade do material, além de assegurar a integridade estrutural, a durabilidade e a estanqueidade do sistema, condição crítica para a operação da casa de máquinas (Figura 9).

Adicionalmente, o acompanhamento topográfico sistemático ao longo de todas as fases de montagem foi condição indispensável para o controle dimensional da estrutura. O monitoramento contínuo de prumo, alinhamento, cotas e posicionamento relativo dos elementos garante a confor-

midade geométrica do conjunto, requisito essencial para o correto funcionamento dos equipamentos geradores de ondas, cuja eficiência e confiabilidade operacionais são diretamente dependentes da precisão geométrica da estrutura civil que os abriga.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Carlos Britez, diretor da Britez Consultoria, responsável da consultoria em concreto; ao Eng. Walter Nascimento, supervisor de produção da CASSOL; ao Eng. João Batista da Silveira Filho, gerente de projeto da CASSOL; ao Eng. Thiago Dias Santiago, montagem da CASSOL e ao Tec. Hailton Gouveia, consultor de pré-moldados da ADCO Aditivos. ☺

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ROVARIS; Gustavo; ALENCAR, Ricardo. Megavigas pré-fabricadas: projeto, tecnologia do CAA, produção e montagem em obra. p. 35-45. Artigo, In: Revista Concreto & Construções. IBRACON, n. 72, ano XLI, Out-Dez. 2013. ISSN: 18097197;
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Concreto autoadensável - Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco. NBR 15823. Rio de Janeiro, 2017;
- [3] _____. (ABNT). Aditivos químico para concreto de cimento Portland. NBR 11768. Rio de Janeiro, 2019;
- [4] Yamada, K.; Takahashi, T.; Hanehara, S.; Matsuhisa, M. Effects of the chemical structure on the properties of polycarboxylate-type superplasticizer. In: Cement and Concrete Research, p.197-206, 2000;
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Silica ativa para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta. NBR 13956. Rio de Janeiro, 2012.