

ANÁLISE TÉCNICA PRELIMINAR

Reconstrução das passarelas do Lago Igapó 2 — Londrina/PR

A análise da reconstrução das três passarelas do Lago Igapó 2 não deve ser reduzida à oposição simplista entre madeira, aço e concreto. Nenhum desses materiais é ambientalmente adequado ou inadequado por si só. Seu desempenho depende da origem, durabilidade, manutenção, possibilidade de substituição, método de execução e ciclo de vida completo.

A estrutura metálica, quando corretamente concebida, pode ser uma solução leve, durável, industrializada, desmontável e reciclável. O problema central, portanto, não é a adoção do aço. A questão é saber se a solução apresentada corresponde ao **ESTADO DA ARTE da arquitetura e da engenharia de passarelas metálicas**, especialmente diante do elevado consumo de material e da previsão de fundações, pilares, ensecadeiras e bombeamento dentro do espelho d'água.

A própria Prefeitura informou que as novas estruturas terão fundações submersas e que, no regime de contratação semi-integrada, caberá à empresa vencedora desenvolver os projetos executivos e definir o método construtivo dessas fundações. Isso torna ainda mais necessária a definição prévia, pela Administração, de critérios claros de desempenho estrutural, ambiental, hidráulico, geotécnico, construtivo e de acessibilidade.

1. Dimensões gerais e intensidade de custos

A planilha orçamentária considera três passarelas, com as seguintes áreas:

Passarela	Área	Aço previsto	Consumo de aço	Valor do item metálico
Guarda-Chuva	95,90 m ²	17.991 kg	187,60 kg/m ²	R\$ 579.310,20
Passarela da Curva	54,80 m ²	10.253 kg	187,10 kg/m ²	R\$ 330.146,60
Passarela Colorida	150,70 m ²	27.945 kg	185,43 kg/m ²	R\$ 899.829,00
Total	301,40 m²	56.189 kg	186,43 kg/m²	R\$ 1.809.285,80

O valor total estimado da contratação é de **R\$ 2.645.742,77**, o que corresponde a aproximadamente:

R\$ 8.778,18 por metro quadrado de passarela.

Esse valor global também compreende intervenções no entorno, calçadas e iluminação, não devendo ser interpretado como preço exclusivo do tabuleiro. Ainda assim, constitui um indicador relevante da intensidade econômica da contratação.

O conjunto classificado como estruturas representa aproximadamente **R\$ 1.949.180,77**, ou **73,67% do orçamento**, equivalente a cerca de:

R\$ 6.467,09 por metro quadrado.

Somente o item de estrutura metálica, orçado a **R\$ 32,20 por quilograma**, representa **R\$ 1.809.285,80**, correspondendo a **68,38% de toda a contratação** e a:

R\$ 6.002,94 por metro quadrado de passarela.

O dado mais expressivo é o consumo médio de **186,43 kg de aço por metro quadrado**. A massa total de 56.189 kg equivale a aproximadamente **56,2 toneladas de aço**.

Distribuído pela área das passarelas, esse material representa uma carga permanente de aproximadamente **1,83 kN/m²**, antes de serem consideradas outras parcelas de peso próprio, revestimentos, elementos de concreto, instalações e demais componentes.

Não é possível afirmar, apenas com esses dados, que a estrutura esteja superdimensionada. Essa conclusão dependeria do acesso aos memoriais de cálculo, modelos estruturais, combinações de ações, critérios de deformação, vibração, estabilidade e detalhamento das ligações. Entretanto, o coeficiente é suficientemente elevado para justificar uma análise crítica da concepção estrutural.

Além disso, chama atenção a quase identidade do consumo de aço entre as três passarelas:

- 187,60 kg/m²;
- 187,10 kg/m²;
- 185,43 kg/m².

Embora elas tenham áreas, geometrias e condições de implantação distintas, os coeficientes variam menos de 1,2%. Isso levanta a hipótese de que o orçamento possa ter sido construído a partir de um coeficiente padronizado de aço por área, e não necessariamente a partir da otimização individualizada de cada travessia. Essa hipótese deve ser esclarecida mediante apresentação dos memoriais de quantitativos e listas de materiais de cada passarela.

2. Falta de discriminação do peso estrutural

O item orçamentário de 56.189 kg reúne, em uma única composição:

- longarinas;
- vigas de transição;
- travessas;
- contraventamentos;
- guarda-corpos;
- ligações;
- grades metálicas de piso;
- peças e elementos diversos.

Esse agrupamento impede avaliar quanto do aço está efetivamente empregado no sistema resistente principal e quanto corresponde a piso, guarda-corpos, ligações e acessórios.

Também impede verificar se elementos hoje tratados como componentes independentes ou secundários poderiam participar estruturalmente da passarela.

É necessário apresentar, para cada uma das três estruturas:

1. peso das vigas ou longarinas principais;

2. peso das travessas e contraventamentos;
3. peso das grades de piso;
4. peso dos guarda-corpos;
5. peso das ligações, chapas, parafusos e peças auxiliares;
6. peso total da superestrutura;
7. relação entre peso próprio e carga útil considerada;
8. flechas e frequências naturais previstas.

Sem essa decomposição, não se consegue avaliar a eficiência estrutural nem verificar se a quantidade de material está sendo utilizada da forma mais racional.

3. Os vãos e a necessidade de comparar alternativas

A planilha identifica as áreas das três passarelas, mas seu resumo não explicita claramente os **vãos totais entre as margens**. Esses comprimentos devem ser extraídos das pranchas de implantação e incorporados à análise definitiva.

É importante diferenciar:

- o **vão natural da travessia**, medido de margem a margem;
- os vãos menores criados artificialmente pela colocação de pilares intermediários no lago.

A comparação estrutural não deve partir apenas dos pequenos vãos produzidos pela solução previamente escolhida. Deve considerar a possibilidade de transpor o **vão total entre as margens**, eliminando os apoios intermediários.

As três áreas e os respectivos quantitativos mostram que até mesmo a menor passarela — a Passarela da Curva, com 54,80 m² — recebeu previsão de 10,25 toneladas de aço, estacas e ensecadeiras. Portanto, é necessário demonstrar por que uma travessia dessa ordem não poderia ser resolvida por uma estrutura integralmente apoiada nas margens.

Na versão final desta análise, devem ser acrescentados, para cada estrutura:

Passarela	Área	Vão total entre margens
Guarda-Chuva	95,90 m ²	30 m
Passarela da Curva	54,80 m ²	Fora da lâmina d'água
Passarela Colorida	150,70 m ²	52 m

A falta desses valores nesta etapa impede uma comparação numérica completa, mas não impede que a Administração seja questionada sobre a inexistência aparente de um estudo comparativo entre soluções com e sem apoios dentro da água.

4. O ESTADO DA ARTE das passarelas metálicas

O **ESTADO DA ARTE** não consiste simplesmente em substituir madeira por perfis metálicos e repetir uma configuração convencional de vigas apoiadas sobre pilares. Consiste em explorar as propriedades do aço para reduzir peso, integrar funções, aumentar vãos, industrializar componentes e minimizar intervenções no terreno e no curso d'água.

Em uma passarela, o guarda-corpo ocupa necessariamente uma altura significativa nas duas laterais. Essa altura pode ser aproveitada como altura estrutural.

Em minha experiência profissional, já projetei passarelas nas quais o próprio guarda-corpo participou do sistema resistente. Também trabalhei com estruturas espaciais em passarelas destinadas ao sistema rodoviário da Ecovias. Essas soluções demonstram que elementos normalmente tratados apenas como proteção lateral podem ser integrados à estrutura principal.

Entre as alternativas que deveriam ter sido estudadas para o Lago Igapó 2 estão:

Guarda-corpo como treliça estrutural

Os montantes, diagonais e banzos do guarda-corpo podem formar duas treliças laterais. As travessas do piso conectam essas treliças, formando um sistema tridimensional estável.

Nesse caso, o material hoje utilizado apenas como fechamento e proteção também contribui para vencer o vão.

Viga Vierendeel

O guarda-corpo pode ser configurado como uma **viga Vierendeel**, formada por banzos e montantes rigidamente conectados, sem diagonais aparentes.

Essa solução preserva maior transparência visual e pode oferecer uma linguagem arquitetônica mais limpa, adequada a um parque urbano, embora exija controle rigoroso das ligações rígidas, deformações e peso.

Estrutura espacial

Uma estrutura espacial, tubular ou reticulada, pode proporcionar elevada rigidez com baixo peso, especialmente em geometrias curvas ou nas quais seja necessário controlar torção e vibração.

Além de permitir maior vão, a solução pode ser fabricada em módulos, montada nas margens e posicionada por lançamento ou içamento.

Arco metálico leve

Um arco metálico, eventualmente atirantado, poderia vencer o vão entre as margens com reduzido momento fletor nas peças principais.

O tabuleiro poderia atuar como tirante de um sistema do tipo arco atirantado, evitando grandes esforços horizontais nas fundações. Essa configuração permitiria apoios exclusivamente nas margens e uma expressão arquitetônica compatível com a importância paisagística do Lago Igapó.

Viga vagonada

Uma **viga vagonada**, com tirantes inferiores e montantes, poderia aumentar a capacidade resistente de uma viga relativamente leve, utilizando a geometria e o trabalho axial dos elementos para vencer maiores vãos.

É uma solução particularmente interessante quando se pretende reduzir a altura visual acima do tabuleiro, mantendo parte do sistema estrutural abaixo dele.

Treliças laterais ou sistema misto

Também poderiam ser consideradas treliças laterais, estruturas tipo *through-truss*, vigas-caixão, sistemas mistos aço-concreto ou combinações entre arco, tirantes e tabuleiro.

Não se afirma previamente que uma dessas alternativas seja obrigatoriamente a melhor. O que se questiona é a ausência de demonstração de que elas tenham sido estudadas e comparadas.

O estado da arte exige uma matriz de alternativas que considere:

- consumo de aço;
- número de fundações;
- peso próprio;
- vibração e conforto;
- fabricação e transporte;
- método de montagem;
- manutenção;
- durabilidade;
- acessibilidade;
- impacto ambiental;
- custo do ciclo de vida;
- riscos de paralisação;
- interferência permanente no escoamento.

5. Fundações e intervenções dentro do lago

A planilha prevê:

- **192 metros de estacas pré-moldadas de concreto;**
- **200,61 m³ de ensecadeiras com areia;**
- **4.320 horas de bombeamento contínuo;**
- **72 horas de balsa com rebocador;**
- utilização de guindaste de 60 toneladas.

A distribuição prevista é:

Passarela	Estacas	Ensecadeiras	Bombeamento
Guarda-Chuva	64 m	44,58 m³	1.440 h
Passarela da Curva	32 m	44,58 m³	1.440 h
Passarela Colorida	96 m	111,45 m³	1.440 h
Total	192 m	200,61 m³	4.320 h

As 4.320 horas representam **180 dias de bombeamento ininterrupto**, ou 60 dias para cada passarela.

Somando apenas os itens diretamente identificáveis de estacas, mobilização, ensecadeiras, bombeamento, balsa e pequenos elementos de concreto das fundações, chega-se a aproximadamente:

R\$ 251 mil diretamente associados à solução de fundações e execução dentro da água, sem considerar todos os custos indiretos, riscos, fiscalização, contingências e parcela de utilização do guindaste.

Portanto, a opção por apoios no lago não é apenas uma decisão estrutural. Ela cria uma segunda obra: uma obra provisória e geotécnica dentro do corpo hídrico.

A composição das ensecadeiras considera areia, sacos de ráfia e mão de obra. Para os 200,61 m³ previstos, isso representa aproximadamente:

- 240,73 m³ de areia;
- 6.620 sacos de ráfia;
- 1.204 horas de servente.

Não aparecem claramente discriminados, nessa mesma composição:

- retirada posterior dos sacos e da areia;
- transporte e destinação dos materiais;
- controle de turbidez;
- manejo de sedimentos;
- tratamento da água bombeada;
- recuperação do fundo do lago;
- proteção da fauna aquática;
- medidas para vazamentos de combustível;
- contingência para chuvas e elevação do nível da água;
- retirada emergencial no caso de paralisação da obra.

Também merece esclarecimento a compatibilidade entre apenas **72 horas de operação da balsa**, equivalentes a nove jornadas de oito horas, e uma obra que envolve três passarelas, 56 toneladas de aço, 192 metros de estacas, mais de 200 m³ de ensecadeiras e 180 dias de bombeamento.

Não se pode afirmar, sem a memória de composição, que o item esteja subestimado. Entretanto, existe aparente desbalanceamento entre os quantitativos, suficiente para exigir sua demonstração detalhada.

6. Impacto hidráulico dos apoios permanentes

As fundações e os pilares não produzem impacto apenas durante a construção. Depois de concluídos, permanecem dentro do lago e dos cursos d'água.

Durante eventos de cheia, pilares intermediários podem:

- reter galhos, troncos e resíduos;
- reduzir localmente a seção de escoamento;
- provocar remanso;
- aumentar esforços sobre o tabuleiro;

- produzir erosão localizada junto às fundações;
- dificultar inspeção e manutenção;
- ampliar danos caso materiais transportados pela água se acumulem entre os apoios.

Esse risco precisa ser analisado por estudo hidráulico e hidrológico específico. A avaliação deve considerar não somente o nível normal do lago, mas episódios críticos de chuva, transporte de detritos e obstruções parciais.

Uma solução em vão livre, com apoios apenas nas margens, eliminaria ou reduziria significativamente esses riscos.

7. Método construtivo e industrialização

Uma passarela em aço permite elevado grau de pré-fabricação. A superestrutura pode ser fabricada em oficina, protegida contra corrosão, pré-montada, transportada em módulos e posicionada por:

- içamento a partir das margens;
- lançamento longitudinal;
- montagem modular;
- união de módulos sobre apoios provisórios externos ao curso d'água;
- operação embarcada pontual e de curta duração.

O estado da arte deve procurar reduzir a construção molhada e transferir o máximo possível do trabalho para ambiente industrial controlado.

Com fundações exclusivamente nas margens, seria possível reduzir ou eliminar:

- ensecadeiras;
- bombeamento contínuo;
- movimentação de sedimentos;
- concretagem dentro do lago;
- estacas em ambiente submerso;
- permanência prolongada de barcas;
- risco de abandono de estruturas provisórias.

Essa alternativa deveria ter sido comparada economicamente com a solução licitada. Parte do investimento hoje destinado a fundações, bombeamento e estruturas provisórias poderia ser transferida para uma superestrutura mais eficiente, arquitetonicamente qualificada e capaz de vencer o vão livre.

8. Sondagens e risco geotécnico

Nos documentos até agora examinados, não foram localizados boletins que permitam confirmar a realização de sondagens exatamente nos pontos das fundações submersas.

Isso não significa afirmar que as sondagens não existam. Significa que precisam ser apresentadas.

Devem ser informados:

- coordenadas dos pontos investigados;
- profundidades;
- espessura do lodo e dos sedimentos;
- presença de solos moles;
- nível de material resistente;
- critérios utilizados para estimar os 192 metros de estacas;
- compatibilidade entre as sondagens e cada fundação prevista.

Em uma contratação semi-integrada, a ausência ou insuficiência de investigações no leito pode transferir à execução um risco geotécnico relevante, com possibilidade de alterações de quantitativos, prazos e custos.

9. Piso integral em grade metálica e acessibilidade

Outro ponto sensível é a adoção de grade metálica como piso integral das passarelas.

Uma grade metálica pode ser adequada em plataformas industriais, áreas técnicas ou como elemento localizado de drenagem. Entretanto, uma passarela pública constitui uma rota de circulação que deve atender idosos, crianças, pessoas com deficiência, usuários de cadeiras de rodas, bengalas, muletas, andadores, carrinhos infantis e pessoas com diferentes condições de equilíbrio e percepção.

Não basta que a grade resista estruturalmente. Deve ser demonstrado que o piso é:

- firme e estável;
- não trepidante;
- regular;
- antiderrapante quando seco e molhado;
- seguro para rodas pequenas;
- incapaz de aprisionar bengalas, muletas ou calçados;
- confortável para pessoas com mobilidade reduzida;
- compatível com sinalização e orientação tátil;
- adequado nas juntas e encontros entre módulos.

Também deve ser avaliado o desconforto que a transparência de um piso vazado sobre a água pode provocar em pessoas com vertigem, baixa visão, alterações de equilíbrio ou insegurança de marcha.

A grade aparece agrupada no mesmo item da estrutura metálica, sem discriminação clara de:

- dimensões da malha;
- abertura livre;
- orientação dos vãos;
- largura e altura das barras;
- tipo de superfície antiderrapante;
- rigidez e flecha;
- tratamento anticorrosivo;
- peso por metro quadrado;

- documentação de conformidade com acessibilidade.

Como arquiteto, estou habituado a assumir formalmente, por meio do RRT, a responsabilidade pelo atendimento às normas de acessibilidade. O engenheiro que assumir o projeto por ART estará sujeito à mesma responsabilidade técnica.

Por isso, a pergunta é objetiva:

Qual profissional declarará que uma grade metálica utilizada como piso integral sobre o lago constitui uma rota acessível, segura, regular e não trepidante, e com base em quais ensaios, especificações e memoriais essa declaração será emitida?

A acessibilidade não pode ser transferida para o projeto executivo como mero detalhe posterior. A solução básica já deve demonstrar sua viabilidade.

10. Qualificação da empresa executora

Trata-se de uma obra que reúne estrutura metálica, montagem pesada, fundações profundas, execução dentro de corpo hídrico, ensecadeiras, bombeamento, operação embarcada, acessibilidade e controle ambiental.

Portanto, a qualificação da empresa não deveria se limitar à experiência genérica em construção civil.

A própria manifestação jurídica do PARANACIDADE observa que obras e serviços de engenharia podem envolver riscos técnicos, responsabilidades, exigências de conformidade e possibilidade de paralisação, e que a experiência operacional da empresa é necessária para evitar atrasos, vícios construtivos, obras inacabadas e danos ao erário.

Deve ser esclarecido se foram exigidos atestados técnico-operacionais e técnico-profissionais especificamente compatíveis com:

- fabricação de estruturas metálicas;
- passarelas ou pontes;
- montagem sobre corpos hídricos;
- fundações profundas;
- ensecadeiras;
- operação com barcas e guindastes;
- controle ambiental;
- execução de rotas acessíveis.

11. Conclusão preliminar

Os dados examinados não permitem concluir definitivamente que a estrutura esteja superdimensionada ou que a solução seja tecnicamente inviável. Para isso, seriam necessários os memoriais de cálculo, pranchas completas, estudos geotécnicos, hidráulicos, ambientais e de acessibilidade.

Entretanto, permitem formular uma pergunta incontornável:

Como uma solução que utiliza 56,2 toneladas de aço, consome aproximadamente 186 kg/m² e destina quase três quartos do orçamento às estruturas ainda necessita de pilares, estacas, ensecadeiras e bombeamento dentro do Lago Igapó?

O aço disponível nos guarda-corpos, grades, longarinas, travessas e contraventamentos poderia, ao menos em tese, ser reorganizado em sistemas estruturalmente mais eficientes: treliças laterais, vigas Vierendeel, estruturas espaciais, arcos leves, arcos atirantados ou vigas vagonadas.

Com isso, poderia ser possível vencer os vãos totais entre as margens e concentrar as fundações fora do espelho d'água.

Essa hipótese não deve ser aceita apenas por intuição profissional, mas também não pode ser descartada sem estudo. O interesse público exige que seja comprovado, por comparação objetiva, que a solução licitada oferece a melhor relação entre:

- desempenho;
- consumo de material;
- custo;
- durabilidade;
- acessibilidade;
- impacto ambiental;
- risco construtivo;
- manutenção;
- qualidade arquitetônica e paisagística.

A crítica, portanto, não é contra o uso do aço. Ao contrário:

Justamente porque o aço permite soluções leves, industrializadas e capazes de vencer grandes vãos, é necessário explicar por que todo esse material foi utilizado sem eliminar as fundações e os pilares dentro do lago.

Antes da contratação definitiva ou da aprovação dos projetos executivos, seria recomendável exigir um estudo comparativo entre a solução atual e, no mínimo, uma alternativa em vão livre, com fundações exclusivamente nas margens. Isso permitiria verificar se a proposta efetivamente representa o **ESTADO DA ARTE** ou apenas transfere para o lago as consequências de uma concepção estrutural pouco integrada.