PLANO BÁSICO AMBIENTAL - PBA

PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO PERFIL PRAIAL

PMPP

13

BALNEÁRIO CAMBORIÚ, 21 DE JANEIRO DE 2019.

SUMÁRIO

1. Introdução 3
2. Objetivos 3
3. Justificativa 4
4. Normas e Documentos Referenciais 4
5. Público-Alvo 5
6. Indicadores 5
7. Diretrizes Metodológicas 6
8. Ações Corretivas e Medidas Mitigatórias 12
9. Etapas e Cronograma de Execução 13
10. Inter-relações com outros Programas 13
11. Recursos Necessários 14
12. Cronograma Físico-Financeiro 14
13. Acompanhamento e Avaliação 14
14. Responsáveis Técnicos 14
15. Bibliografia 15

1. Introdução

Praias arenosas oceânicas constituem-se como um dos ambientes mais dinâmicos da zona costeira, cuja morfologia, extremamente variável espaço-temporalmente, surge como resultado de um grande conjunto de processos hidrodinâmicos, geológicos e climatológicos que atuam diretamente na costa (Wright & Thom, 1977; Cowell *et al*., 1995; Hoefel, 1995).

Atividades na escala de engenharia que envolvem alterações na configuração de perfis praias e lidam com transposição de sedimentos, devem ter especial atenção nas modificações do balanço de sedimentos das células costeiras que podem vir a ocorrer, como é o caso da obra de alimentação artificial da Praia Central de Balneário Camboriú à partir da dragagem de uma jazida a 15 Km da costa.

A Praia Central de Balneário Camboriú pode ser descrita como uma praia de enseada, limitada ao sul pela Ponta das Laranjeiras e a norte pela Ponta da Preguiça, possuindo aproximadamente seis quilômetros de extensão e em média, 30 metros de largura. E o presente projeto de alimentação artificial foi desenvolvido pela Prefeitura Municipal de Balneário Camboriú com o objetivo de aumentar a largura da faixa de areia, resultando num total de 90 metros.

Após a realização da obra de alimentação artificial, espera-se que o perfil praial se adeque à energia de ondas atuante sobre o sistema litorâneo local e, após alguns meses, atinja a largura de projeto. Entretanto, salienta-se a necessidade de um monitoramento constante da praia através de perfis praiais com o intuito de se identificar possíveis processos erosivos localizados ou discordâncias com o perfil esperado pelo projeto, de forma a tomar as melhores medidas corretivas e/ou mitigatórias. Para estabelecer os parâmetros e metodologias a serem utilizados nesse monitoramento, se apresenta o Programa de Monitoramento do Perfil Praial (PMPP).

2. Objetivos

Este programa visa monitorar as possíveis modificações morfológicas do perfil praial da porção emersa da Praia Central de Balneário Camboriú decorrentes das obras de alimentação artificial, bem como analisar a evolução da linha de costa da enseada após a conclusão das obras. Sendo assim, são objetivos do programa:

- Estabelecer os parâmetros e métodos a serem utilizados no PMPP na Praia Central de Balneário Camboriú.

- Verificar, a partir dos dados coletados, o impacto da atividade de alimentação artificial na configuração morfológica do perfil praial emerso em diferentes setores da Praia Central ao longo da implantação do empreendimento e durante a sua operação;
- Monitorar e avaliar o andamento das obras de alimentação artificial baseado na evolução dos perfis praiais a medida que alcançarem suas configurações de equilíbrio;
- Monitorar através de imagens aéreas a evolução da linha de costa da Praia Central após a finalização das obras e, consequentemente, o grau de sucesso do projeto;
- Avaliar se os possíveis impactos associados às alterações nos padrões erosivos-deposicionais ao longo da enseada da Praia Central, visíveis à partir dos dados topográficos, estão sendo devidamente mitigados pela implementação de medidas de controle, caso possíveis.

3. Justificativa

O PMPP é fundamentado no pressuposto de que as obras de alimentação artificial podem eventualmente modificar o padrão hidrodinâmico na região, implicando em alterações nos processos erosivos e deposicionais da Praia Central de Balneário Camboriú. Essa interferência no balanço sedimentar pode consequentemente impactar na evolução da linha de costa como um todo, dificultando ou favorecendo a restauração do habitat praial após as obras.

Assim, conforme estabelecido na Licença Ambiental Prévia nº 2739/2018, torna-se necessário realizar um programa de monitoramento do comportamento do perfil praial buscando avaliar a ocorrência ou intensificação de determinados processos erosivo-deposicionais na área, a fim de se evitar maiores impactos ambientais decorrentes do empreendimento.

4. Normas e Documentos Referenciais

Em relação aos aspectos legais aplicáveis, este programa tem como principal referencial normativos as leis, normas e diretrizes apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Referências relacionadas ao PMPP.

Referência	Descrição
Decreto Lei n° 24, de 28 de fevereiro de 1967	Fixa as diretrizes e bases da Cartografia Brasileira e dá outras atribuições.
RPR n° 22/IBGE, de 1 de agosto de 1983	Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos em Território Brasileiro.
ABNT NBR 13.133	Execução de levantamento topográfico
Decreto Lei nº 1.177, de 21 de Junho de 1971	Dispõe sobre aerolevantamentos no território nacional, e dá outras providências.
Resolução nº 419, de 2 de maio de 2017	Dispõe sobre os requisitos gerais e regulamenta as operações de aeronaves não tripuladas de uso civil.

5. Público-Alvo

O PMPP destina-se a equipe contratada para implementação do programa e monitoramentos e a(s) empresa(s) executora(s) das obras do projeto de alimentação artificial da Praia Central de Balneário Camboriú, servindo como guia metodológico de monitoramento da geomorfologia dos perfis praiais e para mitigação das possíveis alterações decorrentes do empreendimento.

6. Indicadores

De acordo com o diagnóstico prévio levantado pela Acquaplan & Prosul (2014), a Praia Central não apresentou processos erosivos representativos nos 19 anos contemplados pelos estudos, apresentando-se estável ao longo deste período. As variações observadas (volume e largura do perfil) foram pontuais e se mostraram muito dependentes de eventos de alta energia e da rotatividade praial por conta de alterações na direção predominante de propagação de ondas (Klein, 2004). Além do que, os limites da enseada a fazem funcionar como um sistema fechado, no qual trocas de sedimentos ocorrem predominantemente no sentido longitudinal a costa (Menezes, 2008).

Considerando os resultados preliminares do diagnóstico ambiental, este programa prevê os indicadores de desempenho apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Indicadores relacionados ao PMPP.

Indicador	Previsão de Atendimento
Realização de campanhas de levantamento (perfil praial e aéreo)	Realização de 100% das campanhas previstas.
Número de campanhas de levantamento realizadas	Implantação de 100% das campanhas de levantamento propostas.
Eficiência dos parâmetros utilizados em retornar resultados de avaliação do balanço sedimentar e evolução de linha de costa	Avaliar a eficiência dos parâmetros selecionados na determinação do balanço sedimentar e evolução de linha de costa em 100% das campanhas.

7. Diretrizes Metodológicas

A caracterização e monitoramento das alterações morfológicas ocorridas na Praia Central de Balneário Camboriú serão realizadas a partir da combinação de duas metodologias distintas (levantamentos topográficos de perfil praial e aerolevantamentos com Aeronaves Remotamente Pilotadas – RPA`s), dependendo da etapa de execução da obra.

Para analisar as variações nos processos erosivos-deposicionais e a evolução da linha de costa, considerando as obras de alimentação artificial, deverão ser identificados e medidos os parâmetros apontados abaixo.

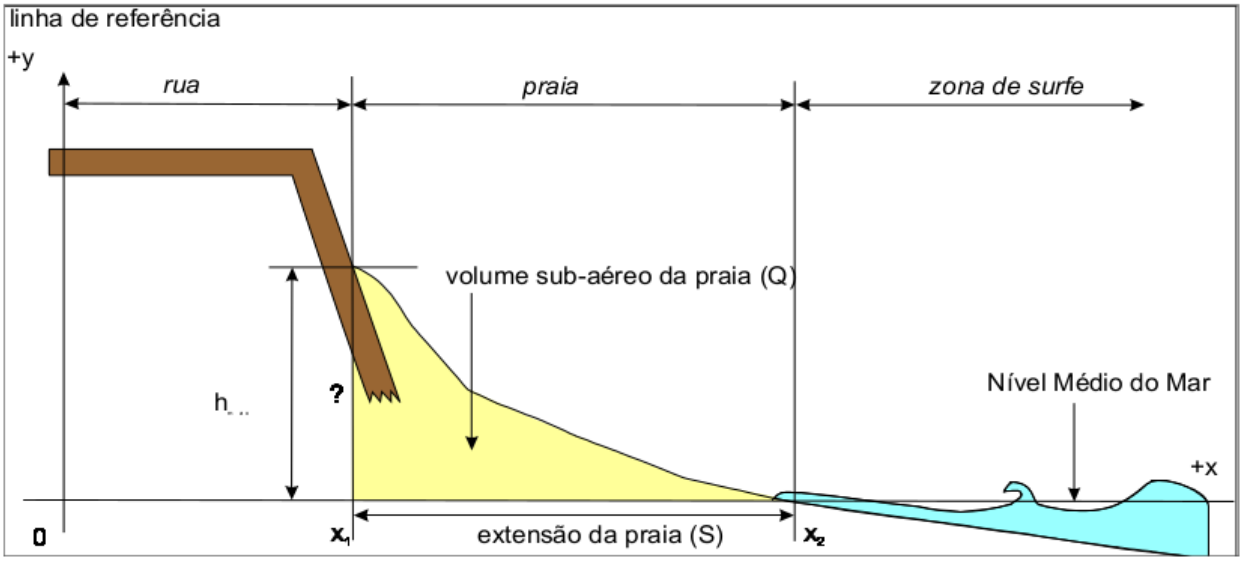
- Localização das principais feições geomorfológicas observadas ao longo do perfil praial (p. ex. face da praia, berma, pós praia);
- Parâmetros morfométricos como volume e largura dos perfis praiais; e
- Posição da linha de costa (linha d'água, níveis de maré de sizígia), para as imagens aéreas.

7.1. Perfil Praial

Para obtenção de dados sobre a morfologia praial deverá ser aplicado o método de estádia (Birkemeier, 1981). Este, consiste de um levantamento topográfico sistemático de perfis planialtimétricos perpendiculares à linha de costa através do emprego de uma Estação Total (ou similar) um instrumento de altíssima precisão e que permite grande confiabilidade dos resultados.

Um esboço esquemático de um perfil praial é apresentado na Figura 1, onde o eixo X estende-se em direção ao mar representando a distância, e o eixo Y estende-se verticalmente para cima representando as cotas (altura). O início das coordenadas está posicionado no nível referencial.

Figura 1. Desenho esquemático do perfil praial.



Fonte: Modificado de Temme, 1996.

As cotas de nível iniciais dos perfis deverão ser corrigidas à partir do Datum altimétrico do IBGE localizado em frente à Prefeitura de Balneário Camboriú, assim como realizado nos levantamentos do estudo de impacto ambiental.

A fim de se obter um histórico sólido da evolução da linha de costa, os levantamentos deverão ocorrre em 22 perfis distribuídos ao longo da enseada da Praia Central, que distam entre si aproximadamente 200 metros. O espaçamento e número de perfis foi estabelecido de forma que para cada etapa das obras de alimentação artificial tivessem pelo menos três pontos de levantamento.

Para garantir futuras comparações com os estudos prévios, foram estabelecidos quatro perfis cujas posições se referem a daqueles levantados no diagnóstico. São eles: #01 = P1; #9 = P2; #13 = P3; #21 = P4. As coordenadas geográficas da localização de cada perfil bem como a distribuição espacial dos mesmos podem ser visualizadas na Tabela 1 e Figura 2, respectivamente.

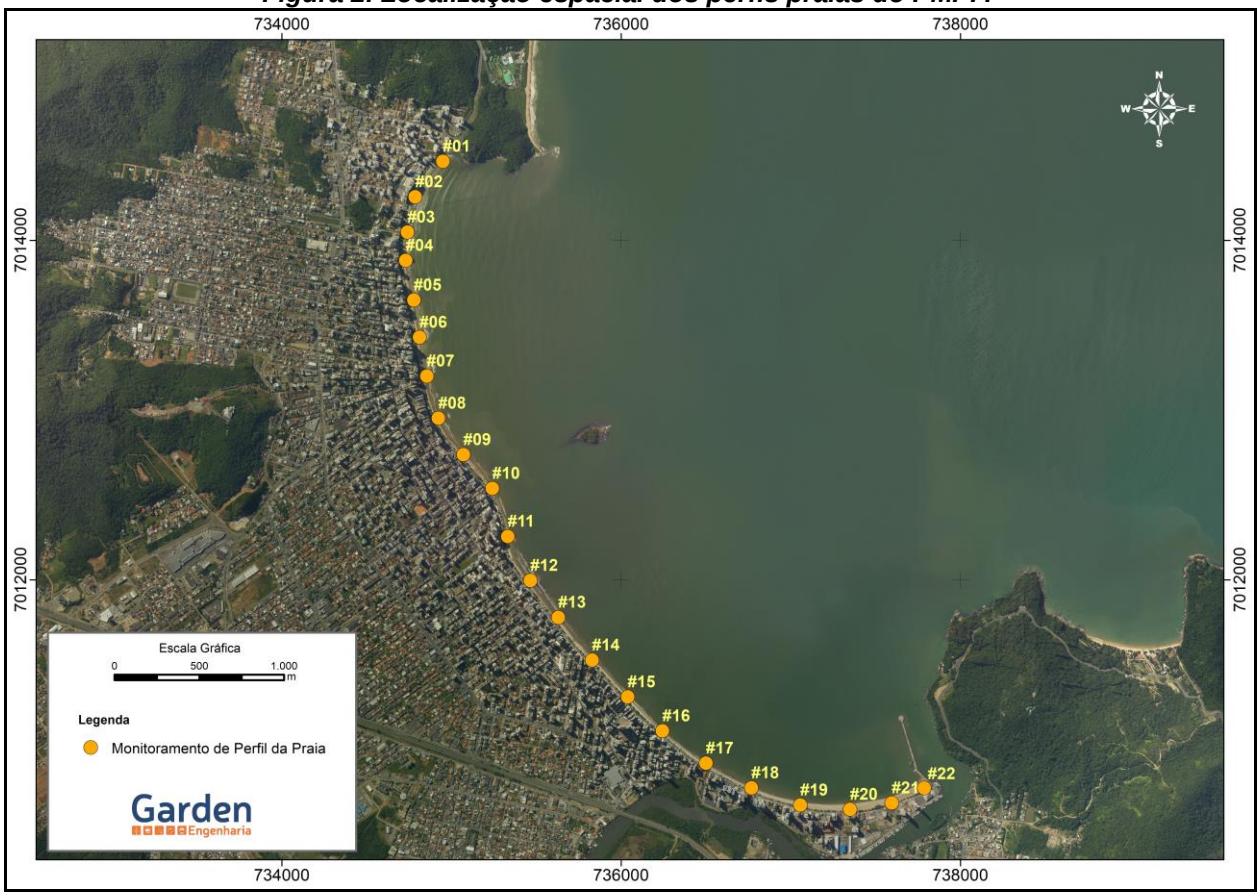
Tabela 1. Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem do PMPP.

Ponto amostral	Coordendadas UTM Datum WGS-84		Descrição	
	X	Y		
#01	734949	7014466,0	Etapa 01	Seção Norte
#02	734786	7014257,0		
#03	734740	7014049,0		
#04	737478	7013851,0		
#05	734778	7013649,0	Etapa 02	

#06	734812	7013430,0		
#07	734855	7013201,0		
#08	734923	7012953,0		
#09	735071	7012738,0	Etapa 03	Seção Centro-Norte
#10	735241	7012539,0		
#11	735332	7012256,0		
#12	735465	7011996,0		
#13	735630	7011779,0	Etapa 04	Seção Centro-Sul
#14	735829	7011527,0		
#15	736039	7011310,0		
#16	736244	7011110,0		
#17	736500	7010920,0	Etapa 05	
#18	736768	7010775,0		
#19	737056	7010673,0		
#20	737350	7010648,0	Etapa 06	Sessão Sul
#21	737596	7010686,0		
#22	707787	7010773,0		

Fonte: Acquaplan & Prosul (2014).

Figura 2. Localização espacial dos perfis praias do PMPP.



Fonte: Garden Engenharia (2018).

O ponto inicial de cada perfil deverá estar localizado na região de passeio do outro lado da Av. Atlântica, servindo como pontos fixos de controle, uma vez que as obras englobarão a região da praia e orla. Para manutenção do alinhamento do perfil praial, deverá ser utilizado nível ótico e/ou balizas.

A aquisição de dados se dará do ponto fixo em terra se estendendo para dentro do mar até a cota batimétrica de -1,5 metros, aproximadamente. Para minimizar os possíveis erros, sugere-se que os levantamentos sejam realizados durante as marés de quadratura, prioritariamente durante as fases de lua minguante, independente das condições meteorológicas. A menor variação de amplitude de maré que ocorre entre a preamar e a baixamar em períodos de maré de quadratura diminuem os erros de largura e as variações de declividade medidos.

Conjuntamente com o levantamento topográfico, deverão ser anotadas em planilhas de campo, informações meteorológicas e oceanográficas no momento da coleta, incluindo vento predominante no dia (direção e intensidade), condições meteorológicas, direção ortogonal de ondas em relação ao perfil, período de ondas e altura média da maior onda.

Para posterior análise, os dados obtidos do levantamento topográfico deverão ser incluídos em planilhas eletrônicas e posteriormente transformados em gráficos de cotas (Y) por distâncias (X) através de programas especializados. Os dados serão comparados entre os meses de levantamento para que possa ser feita a determinação do balanço dos sedimentos nas praias analisadas bem como as análises estatísticas necessárias.

Além da identificação e localização das principais feições visíveis ao longo dos perfis topográficos, para cada perfil deverá ser calculado as seguintes variáveis morfométricas: volume da praia (Q) [m³/m] e largura da praia (L) [m], usando os limites em direção à terra e ao mar (X1 e X2). Onde, o volume praial, corresponderá à área da seção transversal multiplicada por uma unidade de largura (1m), através do cálculo de integrais definidas (Equação 1), e a largura da praia (L) é definida como a distância entre os limites x1 e x2.

$$Q = x1 \int x2\ y.dx \qquad \text{(Equação 1)}$$

7.2. Imageamento com RPA

O uso e aplicação de Aeronaves Remotamente Tripuladas – RPAs no campo ambiental permitiu um grande desempenho no processo de monitoramento de áreas de interesse (Longhitano, 2010).

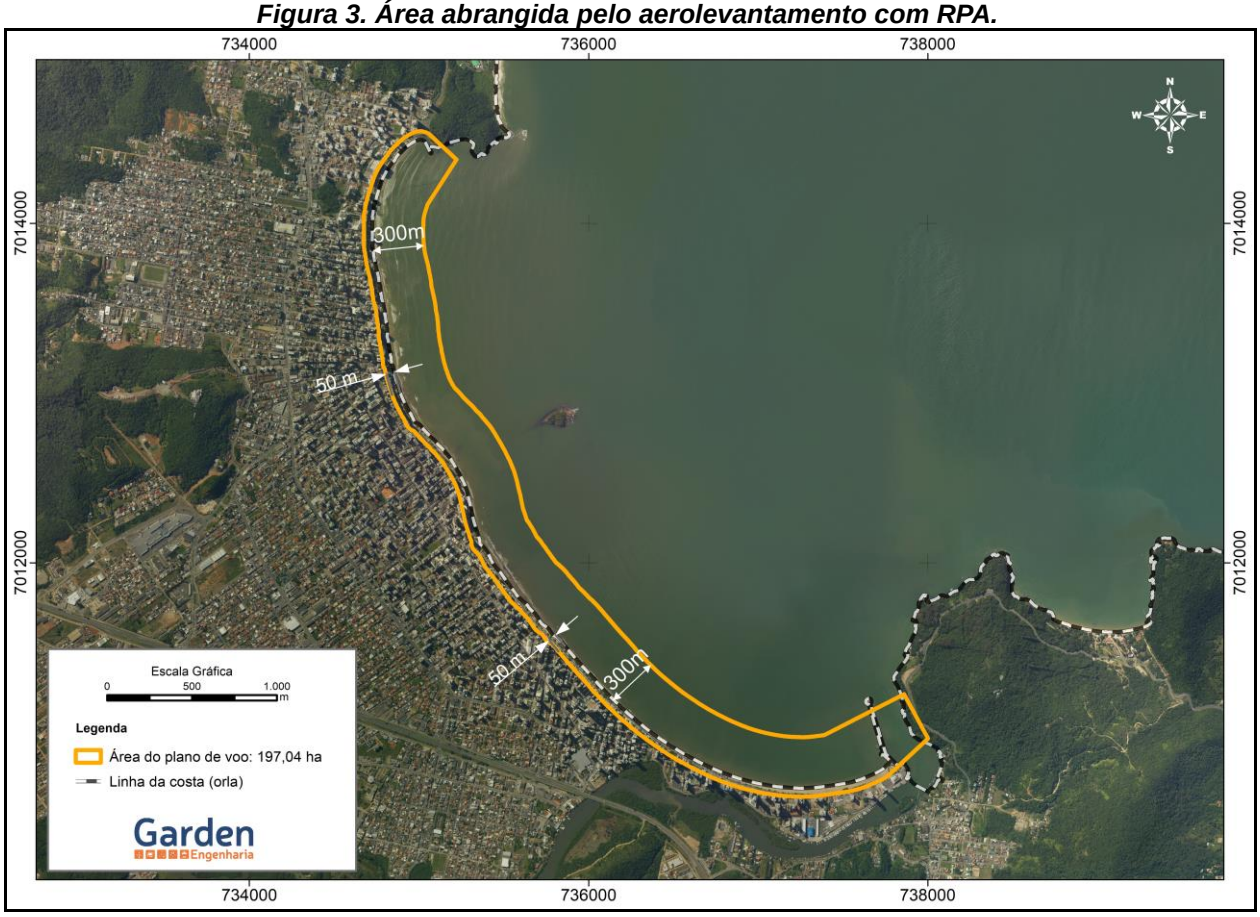
Por se tratar de uma plataforma aérea de pequeno porte, de fácil e rápida utilização e relativamente barata, quando comparado às aeronaves utilizadas para o aerolevantamento padrão, o uso de RPAs vem prosperando no segmento de levantamento terrestre, de acordo com Jones *et al.* (2018). Além disso, o acoplamento de câmeras digitais permite a coleta de imagens de alta resolução da superfície, gerando modelos tridimensionais e ortomosaicos de alta qualidade, produtos que podem servir de base, entre outras coisas, para a produção de mapas detalhados e elaboração de diagnósticos com assertividade.

Dessa forma, buscando atender as condicionantes da Licença Ambiental Prévia nº 2739/2018, dentro do PMPP deverá estar incluída a obtenção de imagens aéreas através do uso de RPAs para produção de ortomosaicos e modelos digitais de elevação (MDEs), para análise da evolução da linha de costa.

A área abrangida pelos levantamentos deverá estar de acordo com a Figura 3 com o plano de voo a ser elaborada previamente em um software específico para tal. A fim de se obter uma resolução espacial que permita uma distinção satisfatória da posição da linha de costa entre os levantamentos, é aconselhável que o valor do *Ground Sampling Distance* (GSD – no português, distância da amostra do solo) esteja entre 10 e 15 cm/píxel.

Uma vez que o GSD (caracterizado como a representação do pixel da imagem em unidades de terreno – geralmente em centímetros) depende de uma série de variáveis, tais como especificações da câmera e altura do voo, estas deverão ser determinadas de forma que o intervalo proposto não seja excedido.

Figura 3. Área abrangida pelo aerolevantamento com RPA.

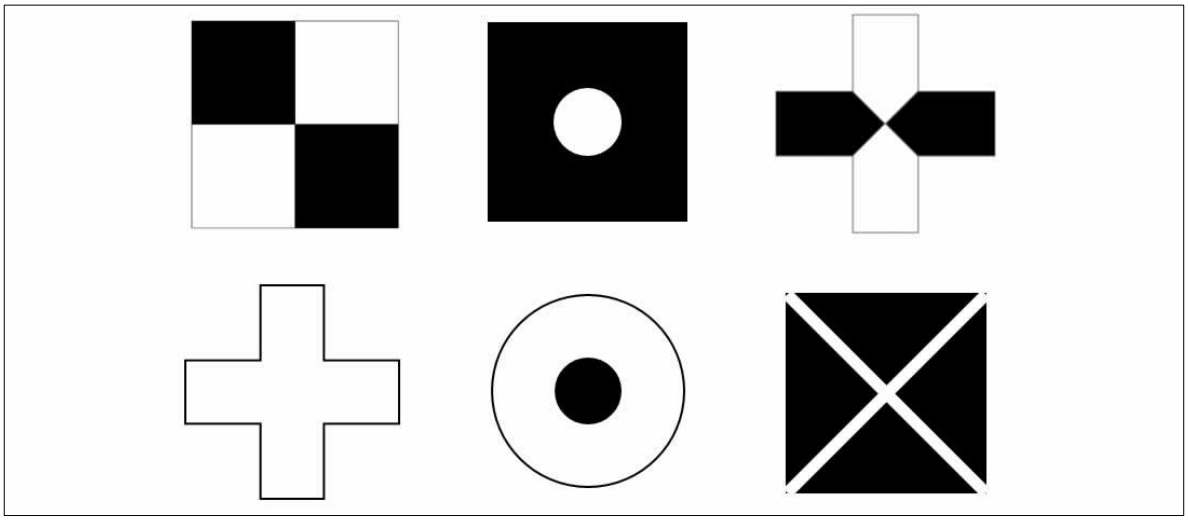


Fonte: Garden Engenharia (2018)

Para garantir uma melhor acurácia do georreferenciamento dos ortomosaicos e MDEs, aconselha-se o uso de pontos de controle na forma de alvos passíveis de identificação nas imagens geradas (podendo ser alvos confeccionados, conforme Figura 4 ou estruturas já presentes no terreno que se destaquem nas imagens e não sofram alterações significativas de sua posição durante o período compreendido pela aquisição de dados, p. ex., vértices de edifícios, esquinas de ruas, etc.).

A distribuição desses alvos no terreno deve ser feita de forma homogênea respeitando-se uma distância mínima de 15 metros das bordas da área imageada. O número de pontos de controle necessários para uma boa acurácia final dos mapas, e recomendado para os levantamentos do PMPP, é de no mínimo 4, para áreas de até 20 hectares, acrescentando-se 1 ponto de controle a cada 4 hectares em áreas maiores do que esse limite. A geolocalização do centro dos alvos deverá ser obtida em campo fazendo uso de um GPS de alta precisão (p. ex. GPS RTK) para garantir posterior identificação dos mesmos nas imagens.

Figura 4. Exemplo de formas de pontos de controle que podem ser impressas e utilizadas no terreno para o levantamento com RPA.



A elaboração dos ortomosaicos e MDEs, deverá ser realizada através de um programa de fotometria específico para tal, e a sobreposição frontal e lateral das imagens deve ser de no mínimo 70% e 60%, respectivamente. À partir desses produtos, será feita a identificação das linhas de costa em cada levantamento, para avaliação da evolução da mesma ao longo do tempo.

A compilação dos resultados deverá ser apresentada mediante confecção de relatório após cada campanha de monitoramento, este denominado Relatório de Andamento. Ao fim do período das obras, deverá ser apresentado um Relatório de Encerramento, consolidando os principais pontos observados durante a realização das obras e das medidas de atenuação apresentadas. Os relatórios devem conter todas as informações relevantes, permitindo o entendimento claro dos resultados e análises e serão utilizados pelo empreendedor e devido órgão ambiental para controle e fiscalização do empreendimento.

8. Ações Corretivas e Medidas Mitigatórias

Conforme diagnóstico do estudo, não existem medidas de mitigação e/ou controle para o possível impacto no balanço sedimentar em decorrência do empreendimento. Além do que, a restauração do habitat estaria apontada como sob influência de processos naturais, podendo levar de dias a meses, a depender da hidrodinâmica local, também não tendo nenhuma medida mitigadora apresentada.

Contudo, cabe mencionar que este programa poderá ser utilizado pela empresa executora tanto para minimizar os custos de dragagem da jazida e alimentação artificial

quanto para corrigir eventuais discordâncias no perfil esperado, durante o andamento da obra – desde que com a devida aprovação e/ou licenciamento pelo órgão ambiental responsável. Isso é possível uma vez que os dados gerados poderão ser utilizados para corrigir traçados, volumes e geometrias do novo perfil praial, a medida que o mesmo se aproximar do seu novo estado de equilíbrio.

9. Etapas e Cronograma de Execução

Considerando as etapas previstas para a execução do empreendimento, o PMPP deve começar conjuntamente com as obras, durando todo o período compreendido para execução do empreendimento e se estendendo por mais 24 meses após a conclusão do mesmo. Assim, o programa terá duração total de 3 anos, tendo sido dividido em duas fases distintas de monitoramento:

A FASE 1, de frequência mensal, englobará todo o período de execução do empreendimento, sendo composta por oito campanhas de coleta para obtenção dos perfis topográficos (oito meses de duração). Já na FASE 2, os levantamentos deverão ocorrer bimestralmente ao longo dos 24 meses subsequentes a conclusão das obras, de forma que as últimas campanhas no final de cada ano ocorram respectivamente no mês 24 e 36, com o intuito de acompanhar a evolução da linha de costa tanto pela topografia praial quanto pela obtenção de imagens aéreas.

10. Inter-relações com outros Programas

Os dados obtidos a partir do presente programa poderão ser relacionados com os resultados obtidos do Programa de Monitoramento das Cotas Batimétricas da Enseada de Balneário Camboriú (PMCBEBC) para subsidiar o gerenciamento do Programa de Controle Ambiental da Atividade de Dragagem (PCAAD) no que diz respeito a evolução do comportamento dos perfis praias no decorrer das obras.

Além disso, em conjunto com o Programa de Acompanhamento do Clima de Ondas e Dinâmica Praial (PACODP), será possível ter uma visão integrada de como a alimentação artificial da Praia Central irá influenciar a hidrodinâmica local, podendo resultar em padrões de acreção-erosão diferentes dos atuais.

11. Recursos Necessários

Para a realização do PMPP foi estimada a necessidade dos recursos materiais apresentados no Quadro 3.

Quadro 3.Recursos necessários para execução do PMPP.

Materiais e equipamento	Quantidade
Planilhas de campo	01
Aparelho de GPS portátil	01
Estação total	01
Nível ótico	01
GPS alta precisão (RTK)	01
Drone (RPA)	01
Veículo	01

12. Cronograma Físico-Financeiro

A programação das atividades e os custos envolvidos nesse programa encontram-se detalhados em um cronograma junto ao Anexo 02 deste documento.

13. Acompanhamento e Avaliação

A avaliação deste programa se dará mediante apresentação do atendimento dos indicadores dentro dos relatórios redigidos ao longo do monitoramento e no momento do seu encerramento. A entrega de relatórios servirá de instrumento para o acompanhamento do programa junto ao órgão ambiental e ao empreendedor.

14. Responsáveis Técnicos

Os levantamentos aéreos e topográficos podem ser realizadas tanto pela empresa contratada para executar a obra de alimentação artificial quanto por empresas especializadas. A equipe mínima é formada por um coordenador, um analista e um técnico. O Quadro 4 apresenta o perfil dos profissionais que deverão executar o presente programa.

Quadro 4. Perfil da equipe técnica do PMPP.

Profissional	Formação/Experiência	Função
Coordenador Geral	Profissional da área de Engenharia e/ou Biologia com experiência em coordenação de Programas Ambientais	Coordenação Geral do PBA
Analista	Profissional da área de Engenharia / Topografia com qualificação técnica correlata	Coleta de dados em campo e confecção de relatórios
Analista	Profissional da área de Engenharia ou de Nível Técnico com qualificação técnica correlata	Coleta de dados em campo e operação de RPA.

15. Bibliografia

ACQUAPLAN & PROSUL. Estudo de Impacto Ambiental – EIA – Alimentação Artificial da Praia Central de Balneário Camboriú. Balneário Camboriú, SC, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CÍVIL – ANAC. Resolução nº 419, de 2 de maio de 2017. Dispõe sobre os requisitos gerais e regulamenta as operações de aeronaves não tripuladas de uso cívil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13.133 – Execução de Levantamento topográfico. Rio de Janeiro, 1994.

BIRKMEIER, W A. 1981. Fast accurate two-person beach survey. Coastal Engineering Technical Aid 81-11. U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station. Coastal Engineering Research Center, Vickburg, Mississippi, 22 p.

BRASIL. Decreto-Lei n. 243 de 28 de fevereiro de 1967. Fixa as diretrizes e bases da Cartografia Brasileira e dá outras atribuições. Brasília, DF.

BRASIL. Decreto Lei n. 1.177 de 21 de junho de 1971. Dispõe sobre aerolevantamentos no território nacional e dá outras providências. Brasília, DF.

COWELL, P. J.; ROY, P. S. & JONES, R. A. Simulation of large-scale coastal change using a morphological behavior model, Mar. Geol., v. 126 (1-4): 45-61, 1995.

HOEFEL, F. G. Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas. Uma revisão bibliográfica. Ed. Univali, 79p, 1998.

JONES, C., RYAN, J., HOLT, T. & HUBBARD, A. Structural glaciology of Isunguata Sermia, West Greenland. Journal of Maps, 14: 517–527, 2018.

KLEIN, A. H. F. Morphodynamics of headland-bay beaches: examples from the coast of Santa Catarina State, Brazil. Tese de doutorado em ciências do mar. Universidade do Algarve, Portugal, 2004.

LONGHITANO, G. A. VANTS para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas. Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2010.

MENEZES, J. T. Balanço de Sedimentos Arenosos da Enseada de Balneário Camboriú, SC. Tese de Dourado em Ciências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

TEMME, B. Morphologic behaviour of the beach of Balneário Camboriú, SC, Brazil. Stage Report , Universidade do Vale de Itajaí, Itajaí, 1996.

WRIGHT, L. D. & THOM, B. G. Coastal depositional landforms: a morphodynamic approach. Progress in Physical Geography. 12-459, 1977.