

Diagnóstico Ambiental

Meio Biótico

**Anexo II.3.2-3 - Áreas Prioritárias para Conservação de Cetáceos
e Uso Sustentável da Bacia de Santos, Brasil**



ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO DE CETÁCEOS E USO SUSTENTÁVEL DA BACIA DE SANTOS, BRASIL.

ETAPA:

MAPA DE IMPORTANCIA BIOLÓGICA PARA CETÁCEOS NA BACIA DE SANTOS

Equipe Responsável:

Gastón Andrés Fernandez Giné (responsável pela análise espacial)

Artur Andriolo (especialista na ecologia do grupo)

1. INTRODUÇÃO

A conservação da biodiversidade tende a ser pouco eficiente quando as decisões são tomadas apenas a partir de conhecimentos empíricos, sentimentos pessoais, ou considerando uma única face do problema. Análises de priorização espacial e tomadas de decisões para a conservação da biodiversidade devem ser baseadas em critérios bem estabelecidos, de fácil reconhecimento e utilizando ferramentas analíticas que busquem agregar de forma imparcial múltiplas variáveis biológicas com superfícies de custo (ex. social, econômico e político) e oportunidade para alcançar o objetivo pretendido. Para isso, nos últimos anos têm se desenvolvido bases conceituais e técnicas para fazer o que chamamos atualmente de Planejamento Sistemático de Conservação (PSC). O PSC é uma abordagem robusta e explícita que visa identificar áreas prioritárias para a conservação através da combinação de informações espaciais sobre os alvos de conservação (espécie, comunidade, ecossistema), ameaças identificadas e custo de conservação (onde é mais fácil ou mais difícil conservar em termos sociais, econômicos, políticos e ambientais). O objetivo do PSC é promover uma visão espacial integrada, maximizando a eficiência das tomadas de decisões e desenvolvimento de políticas públicas para alcançar soluções que visem a conservação da biodiversidade e persistência dos serviços ecossistêmicos, aproveitando as oportunidades de conservação já existentes e minimizando custos.

Após identificar o (s) alvo (s) de conservação (espécies, comunidades ou ecossistemas), uma das primeiras etapas para realizar um PSC é construir um modelo espacial que identifique as áreas de maior importância para o (s) alvo (s) em questão, o que podemos chamar de Mapa de Importância Biológica (Figura 1, etapa em verde). A modelagem de distribuição de espécies (*Species Distribution Modelling*- SDM ou *Ecological Niche Modelling* - ENM) tem sido uma ferramenta cada vez mais aplicada para predizer tais mapas de importância biológica, uma vez que permite acessar a distribuição das espécies (incluindo o entendimento de como varia espacialmente a adequabilidade ambiental para tais espécies), seus requerimentos ambientais ou nicho ambiental. Basicamente, sobre uma abordagem correlativa, esta técnica utiliza os registros de ocorrência de uma determinada espécie e camadas ambientais georeferenciadas para estimar as áreas geográficas potencialmente adequadas para esta. Quando combinados os modelos de múltiplas espécies e metodologias (algoritmos e técnicas), os modelos resultantes nos

permite prever o padrão espacial de distribuição da riqueza de um determinado grupo de espécies, seus requerimentos e incertezas associadas. Ou seja, quando combinados os modelos, nós podemos construir previsões espaciais para comunidades (grupos de espécies) e até mesmo ecossistemas. Dado as suas características a SDM invariavelmente tem sido usado como dado de entrada para realizar o PSC.

Após construído o mapa de importância biológica e de incertezas da previsão, devem ser compiladas informações espaciais para compor uma superfície de custo (Figura 1, etapa em azul). Por exemplo, áreas onde atualmente são pouco impactadas com relação a alguma (s) ameaça (s) (ex. prospecção sísmica, fluxo de navios, densidade de barcos pesqueiros) podem ser priorizadas, então valores com baixo impacto devem receber um valor mais alto na camada espacial que será usada para a priorização de área, enquanto locais mais impactados recebam valores baixos. Da mesma forma, para complementar as medidas de conservação já existentes em uma área (ex. unidades de conservação), pode-se elaborar uma camada em que locais mais próximos à unidades de conservação ou de restrição de pesca recebam valores mais altos de priorização, ou ao contrário, priorizar área mais distantes assumindo serem mais distintas biologicamente. Finalmente da mesma forma podem ser feitas camadas de custo social (ex. pesca artesanal) e econômico (ex. áreas mais ricas em petróleo). Logo, a decisão de quais camadas de custo devem ser elaboradas para serem levadas em conta na análise de priorização espacial, bem como, o peso que vai ser dado para cada uma, depende de reuniões e oficinas de trabalho entre os especialistas e de reuniões setoriais. Somente após o cumprimento dessas duas etapas (verde e azul), com os devidos pesos discutidos, é que uma análise de priorização espacial de área pode ser feita.

No presente relatório, apresentamos os resultados da primeira etapa, a qual consistiu na elaboração de um Mapa de Importância Biológica para a Bacia de Santos, a partir da modelagem de distribuição (SDM) de 20 espécies de cetáceos ocorrentes na zona costeira do Brasil.

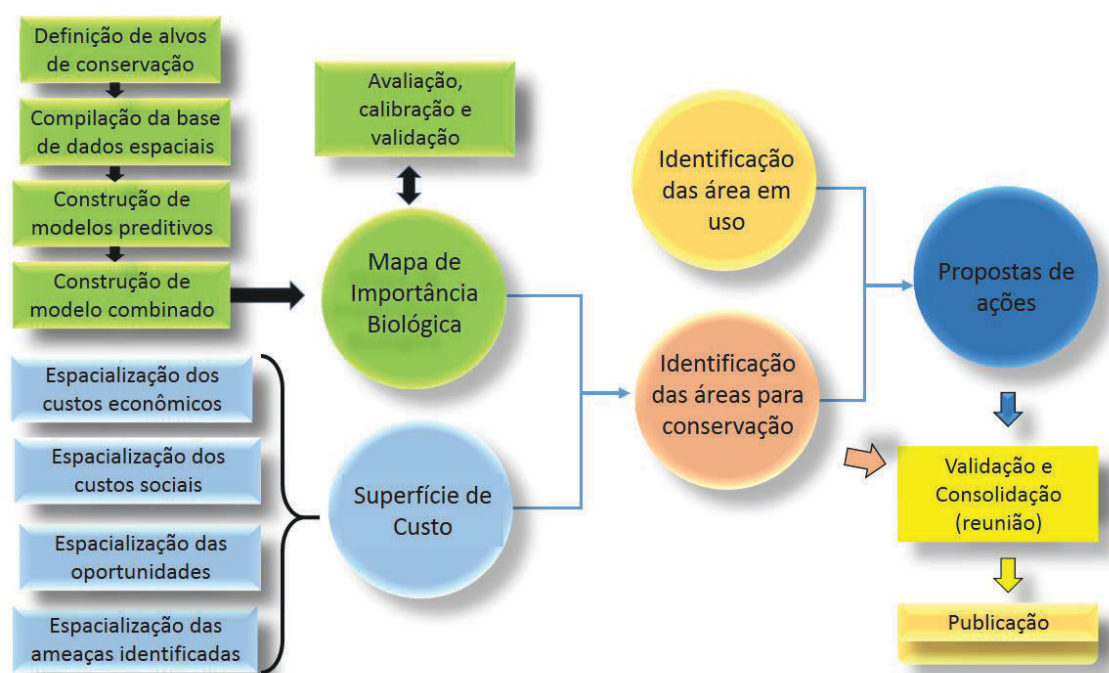


Figura 1 – Fluxograma das etapas envolvidas durante o processo de identificação de áreas prioritárias e planejamento para a conservação da biodiversidade (Autor: Gastón Giné). As cores dos componentes representam as etapas do processo. O presente relatório é referente a primeira etapa do processo, o qual objetiva elaborar um mapa de importância biológica para cetáceos.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é desenvolver um compreensível, sistemático e criterioso esquema de planejamento espacial para a conservação de cetáceos na bacia de Santos, a fim de orientar órgãos gestores nas tomadas de decisão e desenvolvimento de políticas públicas com relação a minimização dos impactos sísmicos sobre áreas de alto valor biológico para as espécies de cetáceos com ocorrência na zona costeira brasileira.

3. METODOLOGIA

Extensão geográfica do estudo

Nosso estudo tem como foco realizar uma análise de priorização de áreas para a conservação de cetáceos na Bacia de Santos (BS, -49.36° a -39.09°W; -30.24° a 21.99°S), afim de identificar áreas onde os impactos sísmicos tem alta probabilidade de atingir o maior número de indivíduos e espécies de cetáceos, bem como, subsidiar o planejamento e zoneamento da área. O primeiro passo para chegar a este objetivo é compreender como varia espacialmente a adequabilidade ambiental para a comunidade de cetáceos dentro da área foco. Para isso foram utilizadas as técnicas mais modernas e científicas de modelagem de distribuição de espécies afim de predizer as áreas de maior valor ambiental (*hotspots*). Para modelar a distribuição das espécies e a adequabilidade ambiental para o grupo, nós usamos informações ambientais e batimétricas do oceano até 350 milhas da costa brasileira (BS, -55.69° a -22.97°W; -37.88° a 9.21°S), ou seja, consideramos uma área extra de até 150 milhas além da zona econômica exclusiva brasileira (ZEE; Figura 2). Isso permitiu modelar o nicho das espécies na costa brasileira. Posteriormente, nós avaliamos e interpretamos os modelos na Bacia de Santos. Nós não modelamos com base apenas em dados da bacia, uma vez que estaríamos modelando “sub-nichos” das espécies e consequentemente resultados menos realistas e acurados seriam gerados.

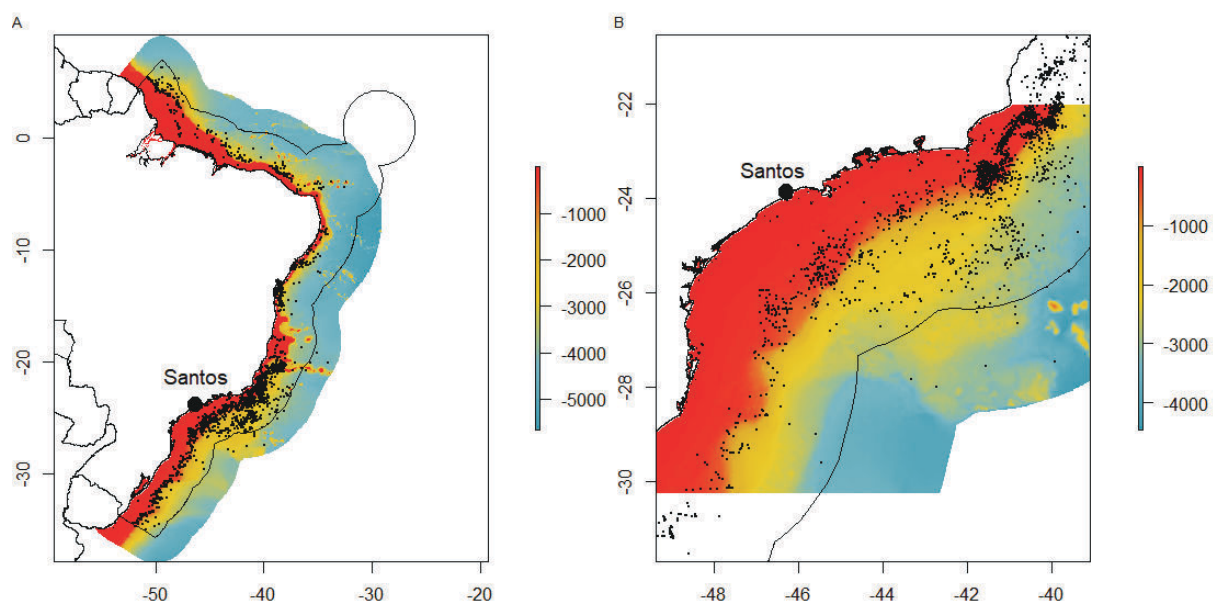


Figura 2- Extensão do estudo e registros de ocorrência de cetáceos na costa do Brasil. A) Extensão de área usada para realizar a modelagem de distribuição (ou nicho ecológico) das espécies, a qual incluiu 150 milhas além da zona econômica exclusiva do Brasil (linha contínua no oceano). A batimetria (no fundo) e os pontos de ocorrência de cetáceos (pontos pretos) usados na modelagem são apresentados. B) Mapa destacando os registros de ocorrência de cetáceos na Baía de Santos, área foco do presente estudo.

Dados de ocorrência das espécies

Nós criamos uma base de dados de ocorrência das espécies de cetáceos da costa brasileira a partir de dados gentilmente fornecida pelo SIMMAM (~11.288 registros de ocorrência de 28 espécies de cetáceos). Desta base de dados foram mantidos apenas os registros de ocorrência de animais vivos que continham coordenadas geográficas (informações georeferenciadas) e cuja a espécie de cetáceo foi identificada de forma confiável segundo a instituição. Nós checamos os dados para correção de erros nas coordenadas geográficas. Nós descartamos dados duplicados e consideramos apenas dados espacialmente únicos de cada espécie (1 registro por $\sim 1\text{km}^2$) para evitar a redundância amostral.

Nós selecionamos dados de 20 espécies para a modelagem, as quais tinham disponíveis mais de 10 registros independentes de ocorrência. Modelos pouco confiáveis podem ser gerados quando usados um número menor de registros, logo,

não consideramos 7 espécies porque menos de 10 registros de ocorrência destas havia no banco de dados. Também não consideramos *Sotalia fluviatilis* (n = 22), uma vez que recentes revisões indicam esta ser endêmica da Bacia Amazônica. Após a seleção dos dados a serem modelados, nossa base consistiu de 3442 registros de ocorrência de 20 espécies de cetáceos (Figura 2), as quais são: *Megaptera novaeangliae* (n = 1576), *Tursiops truncatus* (n = 317), *Physeter macrocephalus* (n = 296), *Stenella attenuata* (n = 280), *Stenella longirostris* (n = 234), *Stenella frontalis* (n = 176), *Balaenoptera acutorostrata* (n = 90), *Sotalia guianensis* (n = 89), *Grampus griseus* (n = 67), *Orcinus orca* (n = 46), *Delphinus delphis* (n = 43), *Stenella clymene* (n = 39), *Balaenoptera edeni* (n = 36), *Globicephala macrorhynchus* (n = 32), *Peponocephala electra* (n = 30), *Steno bredanensis* (n = 23), *Pseudorca crassidens* (n = 22), *Globicephala melas* (n = 20), *Balaenoptera bonaerensis* (n = 16), *Stenella coeruleoalba* (n = 10). Os dados de registros foram relativos ao período de 1994 a 2018, embora a maioria (93%) tenha sido feito depois de 2005,.

Dados climáticos e topográficos da extensão do estudo

Nós obtivemos dados matriciais ambientais (rasters) de 9 variáveis em bases de dados online as quais, após conversa com especialistas e revisão de literatura, foram consideradas potencialmente preditivas da distribuição das espécies de cetáceos, são elas: batimetria (Bathy), declividade (Slope), distancia a costa (Dist_Costa), salinidade da superfície do oceano (Salin [SSS], média do período de 1955 a 2006), temperatura na superfície do oceano (Temp [SST], média do período de 2002 a 2010), concentração de clorofila na superfície do oceano (Clo [Chlo], média do período de 2012 a 2018), velocidade média da corrente superficial (Velo [SCVM], média do período de 2000 a 2014), biomassa média de fitoplâncton na superfície (Fito [SPM], média do período de 2000 a 2014) e produtividade primária média superficial (PP [SPP], média do período de 2000 a 2014). As cinco primeiras variáveis foram obtidas na base de dados MARSPEC (<http://www.marspec.org/>) com uma resolução de 30 arcsegundos (~1 km). Dados de clorofila foram obtidos da base de dados da NASA (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/l3>; Produto SNPP VIIRS, Algoritmo OCI) com uma resolução especial de ~4 km. E as 3 últimas variáveis foram obtidas na base de dados do BIO-ORACLE (<http://www.bio-oracle.org>, Tyberghein et al., 2017) com resolução de 5 arcminutos (~9.2 km). Os

dados foram padronizados para a resolução de 30 arcsegundos ($\sim 1 \text{ km}^2$) e para a extensão em estudo (-55.69° a -22.97°W ; -37.88° a 9.21°S).

Nós selecionamos 8 variáveis (Bathy, Slope, Dist_Costa, Salin, Temp, Clo, Velo, PP) para modelar a distribuição potencial das espécies (Figura 3). Esta seleção foi feita primeiramente porque tais variáveis podem ter influência direta sobre a distribuição das espécies (sentido biológico) e são de fácil interpretação e mensuração. A biomassa de fitoplâncton não foi selecionada uma vez que análise preliminar indicou uma forte correlação (Correlação de Pearson; $r > 0.7$) desta variável com a produtividade primária e salinidade (Figura 4). Para testar o valor dessas variáveis em prever a ocorrência dos cetáceos, preliminarmente nós extraímos valores de todas as 8 variáveis preditivas para todos os pontos de ocorrência de cetáceos ($n = 3464$) e para ~ 10 mil pontos aleatoriamente distribuídos na área de estudo (Figura 5). Nós construímos modelos GLM (distribuição logística) com todas as combinações possíveis das 8 variáveis e fizemos uma seleção de modelos baseado no critério de Akaike (AICc) usando a função *dredge* do R. O modelo contendo todas as variáveis foi de longe o melhor modelo explicando a ocorrência da espécie em relação ao segundo melhor modelo ($\Delta\text{AICc} = 104.4$).

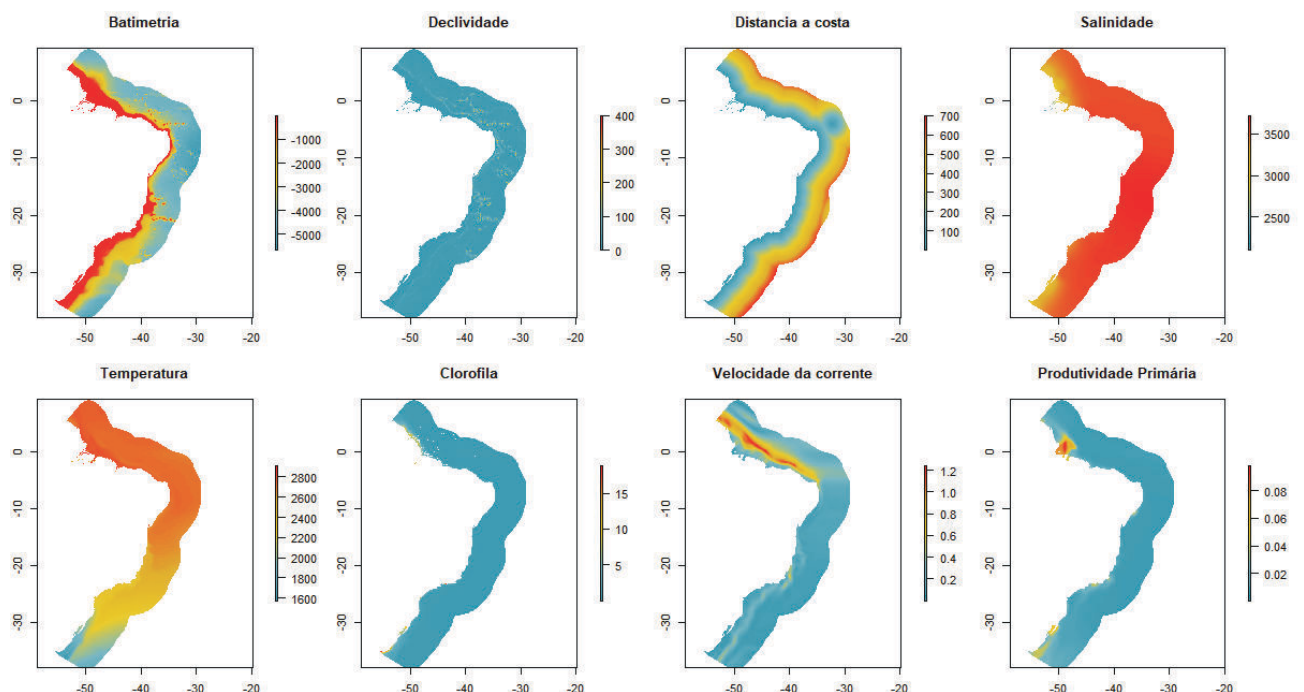


Figura 3. Variáveis preditivas utilizadas na construção dos modelos preditivos de distribuição das espécies de cetáceos na costa do Brasil.

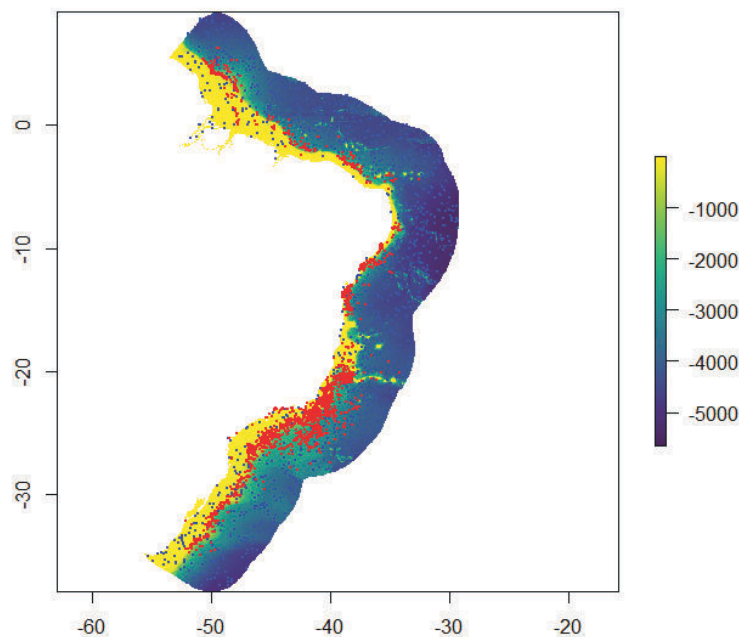


Figura 5. Pontos de ocorrência dos cetáceos (vermelho) e pontos aleatoriamente distribuídos (em azul) usados para construir os modelos GLM e avaliar a importância das variáveis na ocorrência da espécie em análise preliminar à seleção de variáveis. No fundo, uma camada de batimetria é apresentada.

Construção dos modelos preditivos de adequabilidade para as espécies de cetáceos

Nós utilizamos 6 algoritmos para prever a distribuição potencial (adequabilidade climática) de cada espécie, são eles: Bioclim (**BIOCLIM**; Nix 1986, Busby, 1991), Generalized Additive Model (**GAM**; Hastie e Tibshirani, 1990; Wood, 2006), Generalized Linear Model (**GLM**; McGullagh e Nelder, 1989); Maximum Entropy (**MaxEnt**; Philips et al. 2006), **Random Forest** (Breiman, 2001b), Support Vector Machines (**SVM**; Vapnik, 1998). Dada as incertezas e variações nos resultados, nós rodamos 5 vezes (5 réplicas) cada algoritmo, totalizando 30 modelos de distribuição para cada espécie (5 réplicas x 6 algoritmos). Nós usamos as funções *bioclim*, *gam*, *glm*, *maxent*, *randomForest*, *ksvm* e *predict* do pacote *dismo* para rodar os algoritmos no programa R versão 3.5.1. A saída, em formato logístico, varia de 0 a 1 e pode ser interpretada como um valor de adequabilidade de habitat para a espécie ou como uma relativa probabilidade de presença da espécie condicionada às restrições impostas pelas variáveis ambientais em cada célula do *raster*. Para avaliação dos modelos, nós configuramos rodar 75% dos dados de ocorrência para treino do modelo e 25% para teste. O número de pseudo-ausências aleatórias foi configurada para ser igual ao número de registro de ocorrência das

espécies. Nós avaliamos o desempenho dos modelos em prever a distribuição potencial das espécies através da “*area under the receiver operating characteristic curve*” (AUC; Fielding e Bell, 1997) e “*true skill statistics*” (TSS; Liu et al. 2011).

Nós combinamos os 30 modelos gerados para cada espécie (veja esquema da modelagem na Figura 6), usando uma abordagem de modelos combinados conhecida como *stacked species distribution*. Assim, para cada um dos 30 modelos de cada espécie, nós geramos um mapa binário de adequabilidade para determinar a área predita como “adequada” e “inadequada” para a espécie. Tais mapas binários foram gerados com base no limiar (threshold) denominado “*Maximum training sensitivity plus specificity logistic threshold*” (ROC), o qual baseia-se na máxima verossimilhança para encontrar um valor que balanceia ambos, erros de omissão e comissão. Então nós sobrepomos (somamos) os 30 modelos binários gerados para cada espécie a fim de produzir um modelo consensual para cada espécie. No modelo resultante, os locais onde as células do modelo combinado passaram a ter valor igual a 30 significa que todos os modelos previram aquele local como adequado, sendo ali o máximo de adequabilidade para a espécie. Valores baixos, significam menos adequabilidade ou incerteza de ser adequado para a espécie. Os mapas combinados para cada espécie então foram matematicamente padronizados (rescalados) para conter valores de zero a um.

Construção dos modelos combinados de adequabilidade para os cetáceos

A fim de avaliar as áreas com maior valor biológico para os cetáceos em geral, ou seja, as áreas com maior adequabilidade para o grupo, nós combinamos (somamos e rescalando) todos os modelos de adequabilidade de cada espécie resultantes da etapa anterior, resultando em um mapa de adequabilidade para o grupo com valores de 0 a 1. Áreas com maior adequabilidade para o grupo, nomeadas de “áreas quentes”, foram assim evidenciadas para a bacia de Santos (valores próximos a 1). Tais “áreas quentes” representam os locais com maior adequabilidade, para o maior número de espécies, com o maior grau de certeza resultante da modelagem (onde o maior número de modelos previu o mesmo). Por fim, foram usadas quebras naturais (Jenks natural breaks optimization) para delimitar 6 categorias de áreas de acordo com sua importância, classificadas em: extremamente alta; muito alta; alta; média, baixa, muito baixa. Os dois mapas de importância, contínuo e categorizado, são apresentados.

Uma vez que as espécies de mysticetos se comunicam produzindo emissões acústicas de menor frequência (<1.5kHz) do que odontocetos (>1.5kHz), o nicho acústico dos mysticetos faz este um grupo mais susceptíveis a sismica devido as ondas sonoras de menor frequência se propagarem a maiores distâncias. Ou seja, as espécies deste grupo teriam mais dificuldades de sair da zona de impacto porque necessitariam se deslocar largas distâncias para isso. Desta forma, nós combinamos adicionalmente os modelos para cada um destes grupos em separado, ou seja, combinando os modelos de mysticetos (*Balaenoptera acutorostrata*, *Balaenoptera bonaerensis*, *Balaenoptera edeni*, *Megaptera novaeangliae*) separados de odontocetos (*Tursiops truncatus*, *Physeter macrocephalus*, *Stenella attenuata*, *Stenella longirostris*, *Stenella frontalis*, *Sotalia guianensis*, *Grampus griseus*, *Orcinus orca*, *Delphinus delphis*, *Stenella clymene*, *Globicephala macrorhynchus*, *Peponocephala electra*, *Steno bredanensis*, *Pseudorca crassidens*, *Globicephala melas*, *Stenella coeruleoalba*).

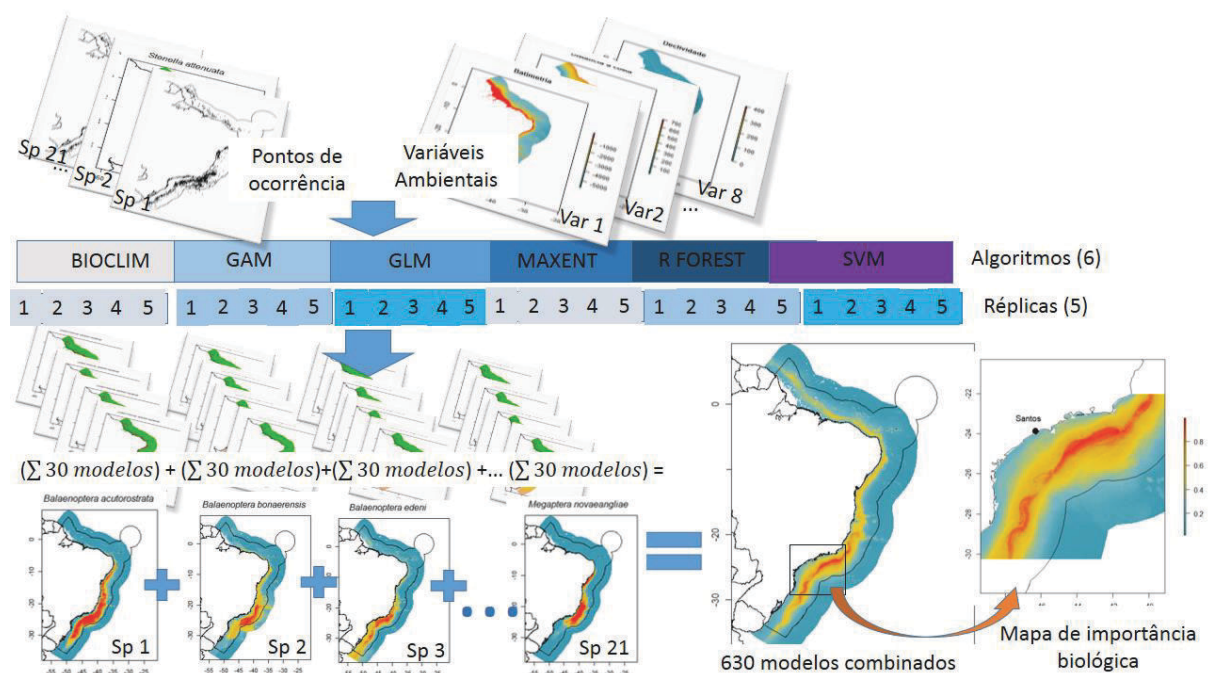


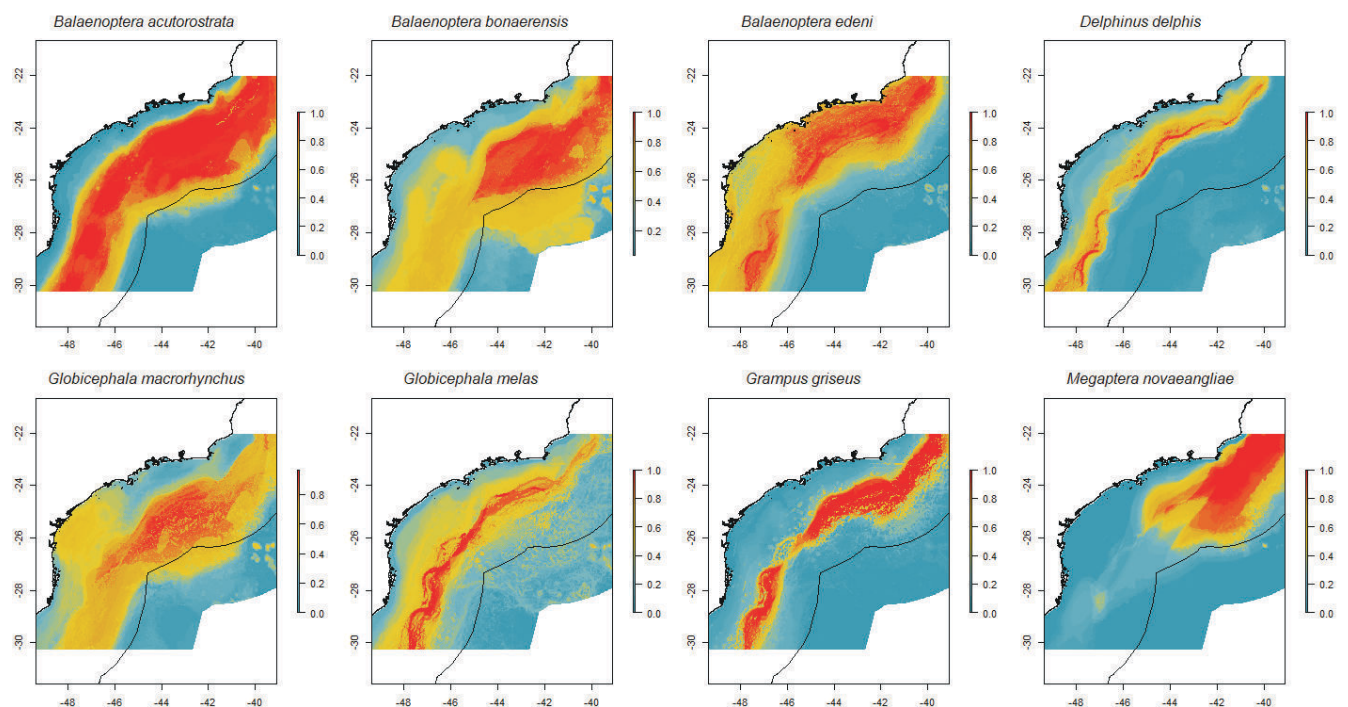
Figura 6. Fluxograma do esquema de construção do modelo combinado de adequabilidade para os cetáceos na zona costeira brasileira, resultando no mapa de importância biológica para os cetáceos na baía de Santos. Registros de ocorrência de todas as espécies com mais de 10 avistagens independentes (21 espécies) foram correlacionados com 8 variáveis ambientais gerando 30 modelos de

distribuição geográfica para cada espécie, uma vez que foram feitas 5 réplicas para cada uma dos 6 algoritmos utilizados na modelagem (BIOCLIM, GAM, GLM, MAXENT, Random Forest e SVM). Os 30 modelos foram combinados (somados) para cada espécie e padronizados para valores de 0 a 1. Então os modelos foram novamente combinados, comando os modelos de todas as espécies, gerando assim um modelo para a comunidade de cetáceos. Finalmente, o modelo foi avaliado para a extensão da área foco do trabalho que é a Bacia de Santos.

4. RESULTADOS

Modelos preditivos de adequabilidade para as espécies de cetáceos na bacia de Santos

Os modelos de adequabilidade ambiental para as 20 espécies de cetáceos analisadas na bacia de Santos são mostrados na Figura 7.



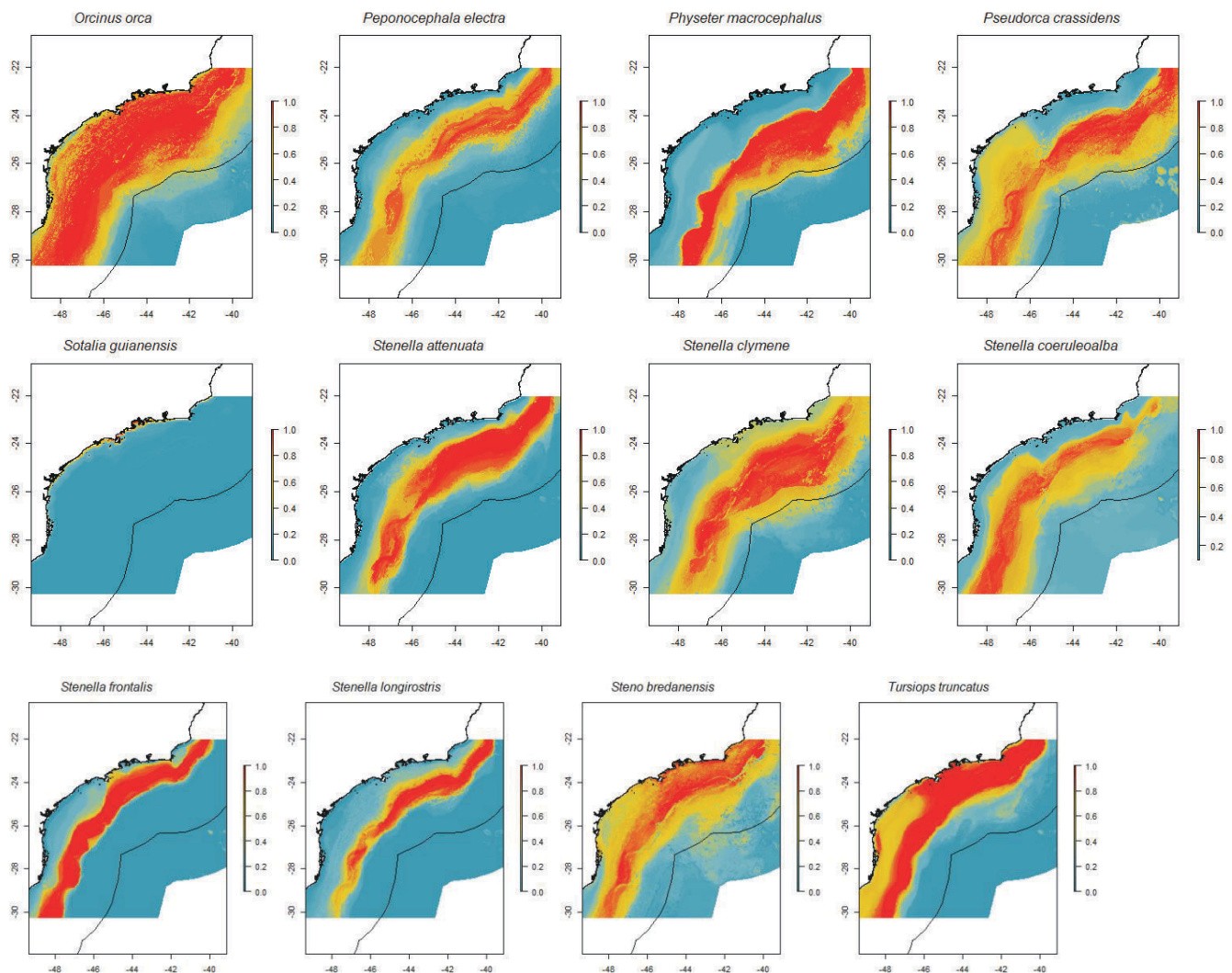


Figura 7. Mapa de adequabilidade ambiental para 20 espécies de cetáceos na baía de Santos construído a partir da combinação 6 algoritmos (Bioclim, GLM, Maxent, GAM, SVM, RandomForest) e 5 réplicas cada. Áreas quentes (vermelho e laranja) são áreas de maior adequabilidade para a espécie e com o maior grau de certeza. (Datum: SIRGAS 2000)

Modelo preditivo da adequabilidade ambiental para os cetáceos na baía de Santos

O modelo combinado de adequabilidade ambiental para os cetáceos indicou que a baía de Santos é uma das regiões de maior valor ambiental para este grupo taxonômico na costa do Brasil (Figura 8). O mapa B apresenta as “áreas quentes” na baía de Santos para os cetáceos, onde existe maior valor ambiental para o grupo (maior adequabilidade para um maior número de espécies) e onde esforços devem ser feitos para a conservação desta comunidade.

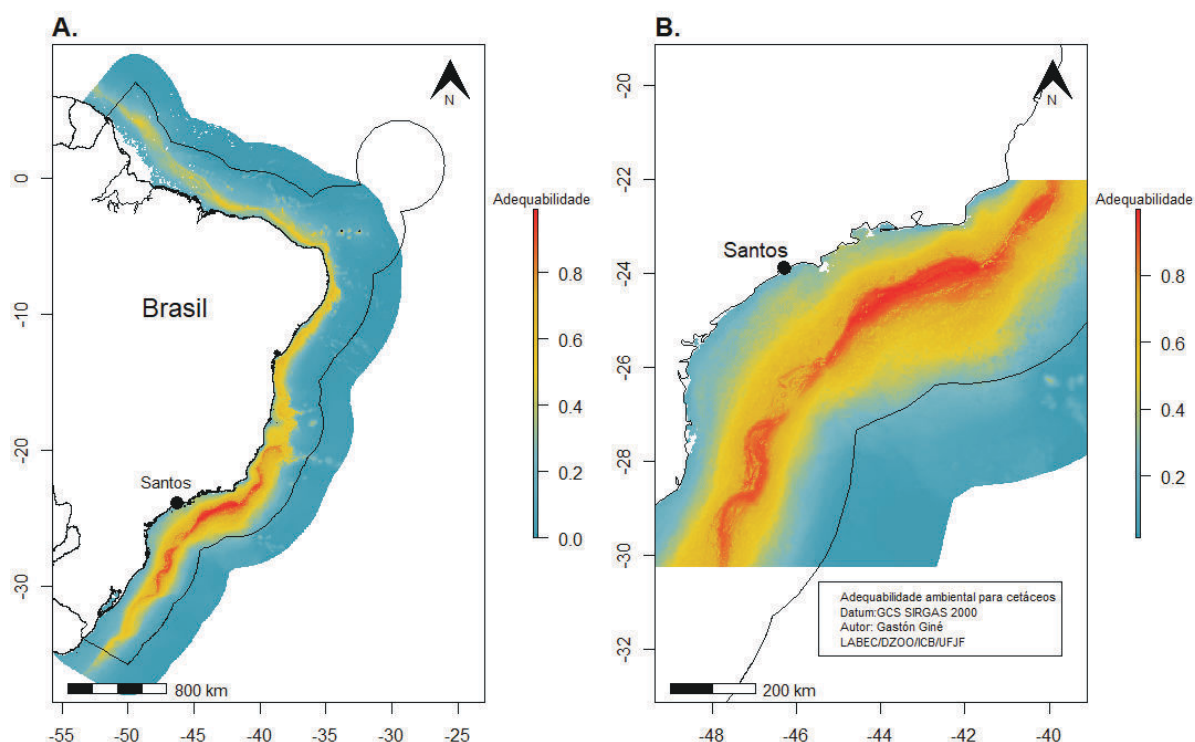


Figura 8. Mapa de importância biológica (adequabilidade ambiental) para cetáceos na costa do Brasil (A) e na baía de Santos (B) construído a partir da combinação de 600 modelos de adequabilidade ambiental para cetáceos. Áreas quentes (vermelho e laranja) são áreas de maior adequabilidade para o maior número de espécies e com o maior grau de certeza. (Datum: SIRGAS 2000)

O modelo contínuo de adequabilidade na baía de Santos (Figura 9A) deve servir para alimentar estratégias de conservação, uma vez que representa o gradiente de adequabilidade ambiental para o maior número de espécies e com a maior grau de certeza. Apesar de mapas contínuos de importância biológica serem mais informativos, devendo ser priorizado em estratégias de conservação, nós adicionalmente apresentamos um mapa categórico (Figura 9B) onde é feita uma classificação das áreas em diferentes níveis de importância. Esta classificação foi feita baseada em quebras naturais, as quais minimizam a variância dentro de classes de importância e maximiza entre as classes. Nesta análises, área de extrema importância e muito alta importância devem ser vistas como locais altamente prioritários para a conservação dado aos níveis elevados de adequabilidade ambiental (>74%) para o grupo na Baía e porque a variância entre as duas últimas classes não foi significativa. Os valores contínuos foram

classificados como: 0 a 0.16 (muito baixa), 0.16 a 0.35 (baixa), 0.35 a 0.54 (média), 0.54 a 0.74 (alta), 0.74 a 0.85 (muito alta) e 0.85 a 1 (extremamente alta).

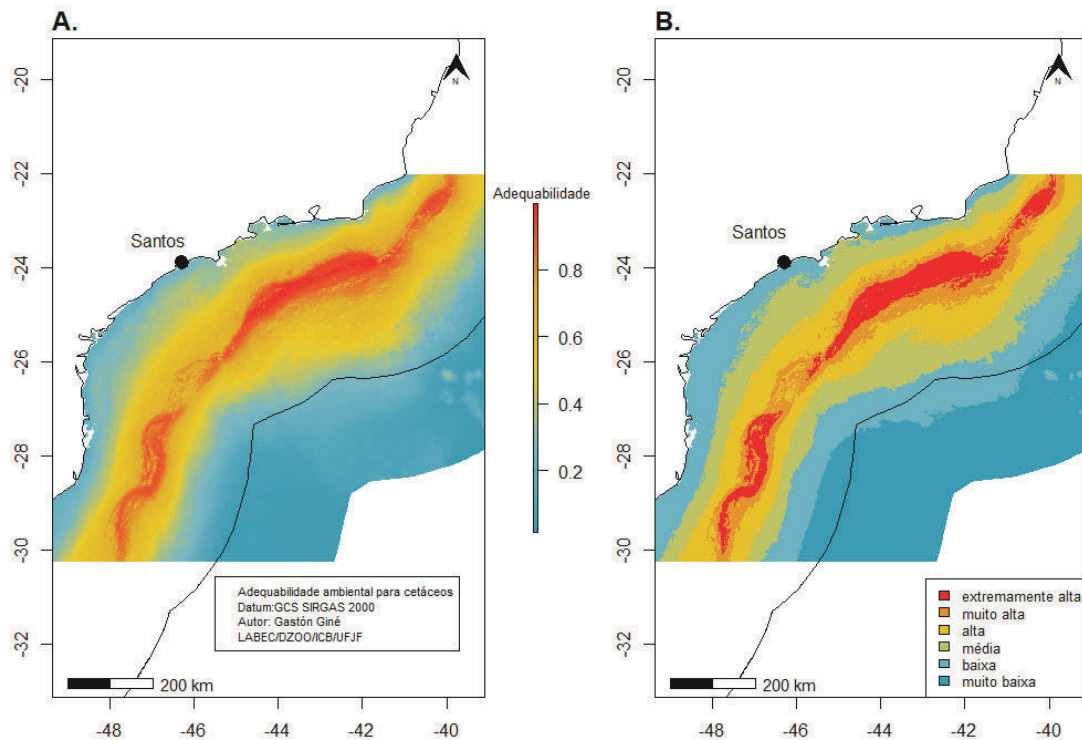


Figura 9. Mapa de adequabilidade ambiental para cetáceos na Bacia de Santos, (A) com os valores contínuos e (B) categorizados em áreas de importância biológica para o grupo. Áreas quentes (vermelho e laranja) são áreas de maior adequabilidade para o maior número de espécies e com o maior grau de certeza.

Modelo preditivo da adequabilidade ambiental para *Misticetos* e *Odontocetos* na bacia de Santos

Os modelos preditivos combinados separadamente para misticetos e odontocetos mostraram que a área de importância para misticetos fica ao norte da cidade de Santos e é mais larga, enquanto para odontocetos segue o padrão observado nas figuras anteriores para os cetáceos (Figura 10). Durante a reunião com IBAMA onde os modelos foram apresentados e avaliados, foi solicitado que fosse feito o mapa combinado de misticetos sem considerar as baleias Jubartes (Figura 11) para nortear decisões sazonais. Uma vez que as jubartes são migratórias e no período de novembro a março haveriam baixíssimos riscos para essa espécie, tal mapa poderia ser considerado para decisões de atividade para essa época do ano.

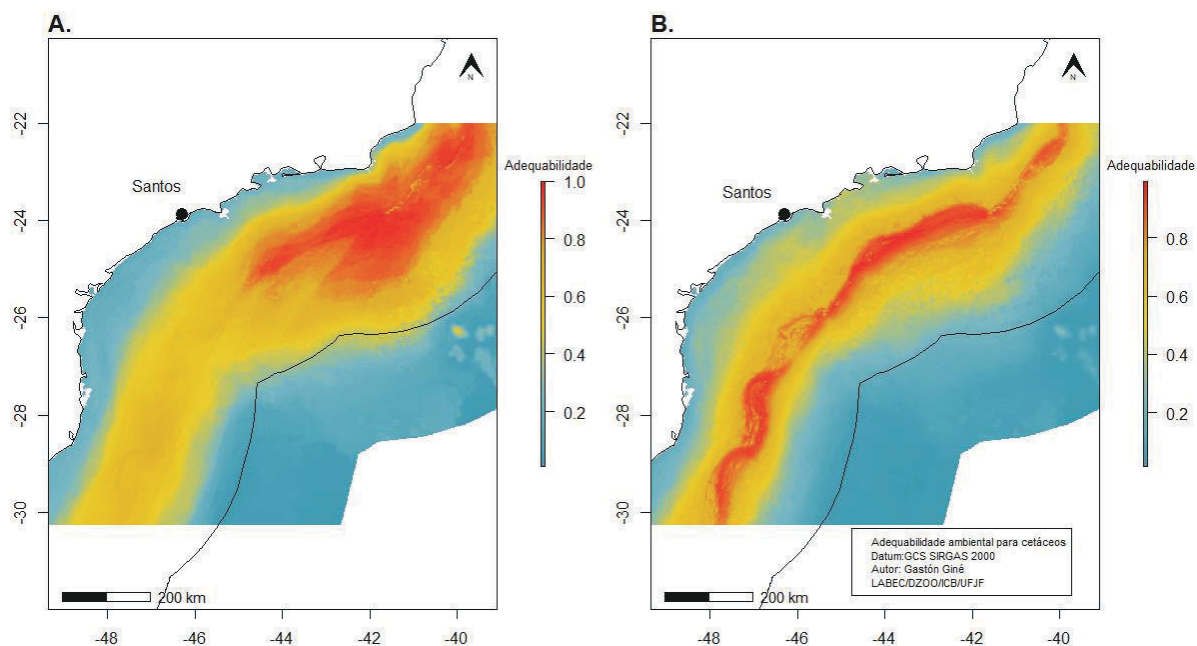


Figura 10. Mapa de adequabilidade ambiental para (A) misticetos e (B) odontocetos na Bacia de Santos. Áreas quentes (vermelho e laranja) são áreas de maior adequabilidade para o maior número de espécies e com o maior grau de certeza.

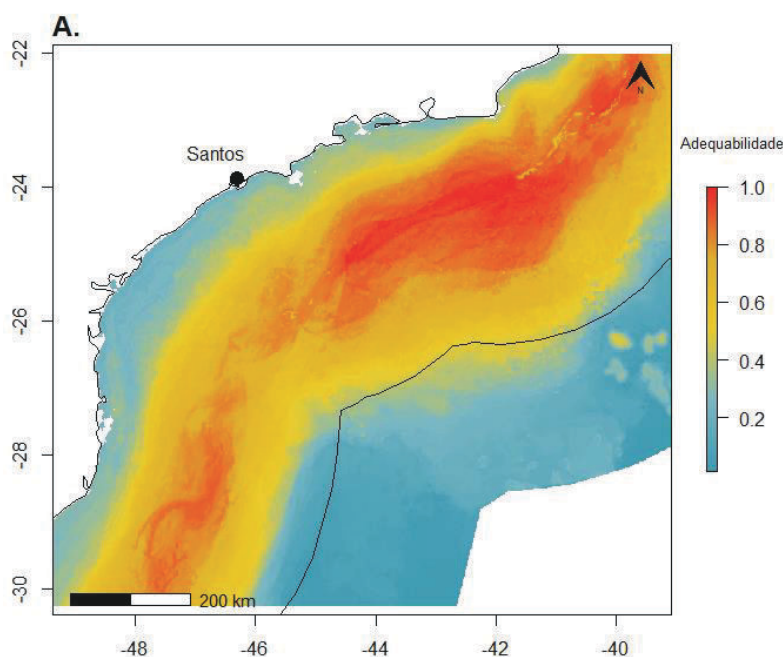


Figura 11. Mapa de adequabilidade ambiental para (A) misticetos sem considerar as baleias jubartes na análise de combinação (*Megaptera novaeangliae*). Áreas quentes (vermelho e laranja) são áreas de maior adequabilidade para o maior número de espécies e com o maior grau de certeza.

Relação de variáveis ambientais sobre a adequabilidade predita para os cetáceos

A seleção de modelos através de critério de Akaike (AIC) mostrou que o melhor e mais parcimonioso modelo que explica quais variáveis influenciam a adequabilidade dos cetáceos na Bacia de Santos é aquele contendo as variáveis: Distância da costa, Temperatura média da superfície, Velocidade superficial média, e Produtividade primária superficial média. Tal modelo foi testado com a função drop1 no ambiente R e todas estas 4 variáveis ambientais mostraram ter efeito significativo ($p < 0.001$) sobre a adequabilidade ambiental para cetáceos na área. A relação das variáveis é apresentada na Figura 12.

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.69306	-0.19415	-0.03093	0.17335	0.67096

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-1.063e+01	2.576e+00	-4.127	3.68e-05	***
bio5_dist_coast	-3.934e-03	8.005e-04	-4.914	8.94e-07	***
sst_annu	4.525e-03	1.089e-03	4.157	3.22e-05	***
Surface_Current_Velocity_Mean	8.524e+00	1.315e+00	6.480	9.15e-11	***
Surface_Primary_productivity_Mean	-7.392e+01	1.853e+01	-3.990	6.62e-05	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

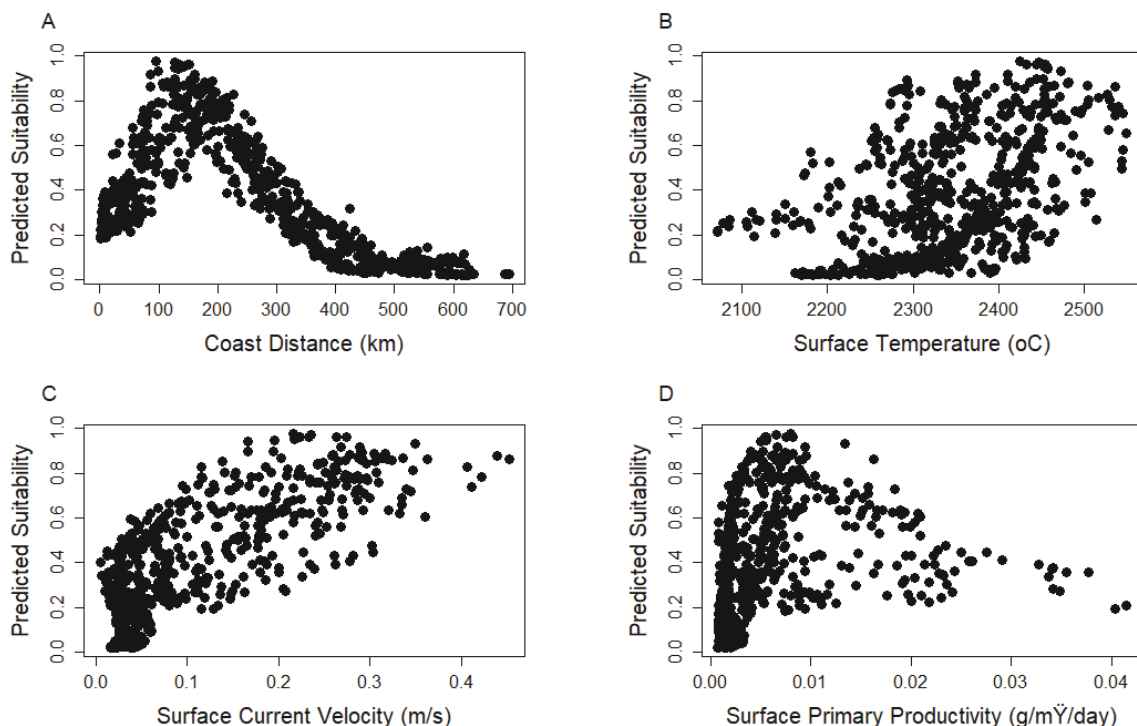


Figura 12. Relação entre a adequabilidade ambiental para cetáceos predita nos modelos e as 4 variáveis ambientais que significativamente tiveram um efeito sobre ela.

Considerações Finais

Uma vez que todo o procedimento realizado até aqui foi feito no programa R, qualquer modificação na base de dados ou adequações nas análises podem ser realizadas, pois os scripts contendo a rotina de análise estão salvos (embora o tempo de processamento pode ser demorado a depender da etapa envolvida). Combinações dos modelos são procedimentos simples e que não demoram em ser feito, logo poderemos em acordo com especialistas, combinar os modelos ponderando as espécies por seu grau de sensibilidade de forma rápida. Está em discussão qual seria o melhor método para fazer com que este modelo final seja um mapa de sensibilidade da comunidade aos impactos sísmicos, considerando a sensibilidade diferenciada para cada espécie. Diante disso, eu me coloco a disposição para fazer ajustes desta primeira etapa de elaboração do mapa de importância biológica para as espécies de cetáceos, se necessário.

Atenciosamente



Dr. Gastón Giné