

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA - FAMEV

VERÔNICA IDY LIMA

**PROJEÇÃO DOS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA ESTRUTURA DA
REDE HOSPEDEIRO - PARASITA: CETÁCEOS E HELMINTOS.**

UBERLÂNDIA
2023

VERÔNICA IDY LIMA

**PROJEÇÃO DOS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA ESTRUTURA DA
REDE HOSPEDEIRO - PARASITA: CETÁCEOS E HELMINTOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Medicina
Veterinária da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
aprovação na disciplina Trabalho de
Conclusão de Curso II.

Orientadora: Profa. Dra. Ariádine Cristine
Almeida

Coorientador: Dr. Douglas Fernandes
Rodrigues Alves

UBERLÂNDIA

2023

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas vêm à minha mente quando penso no esforço, não apenas deste trabalho de conclusão ou no aprendizado da pesquisa, mas da graduação por completo. A primeira delas é sem dúvidas minha mãe, à maravilhosa Jeni Idy eu agradeço por todo suporte para realização de todos os meus sonhos, minha melhor amiga e minha maior torcida.

Agradeço também às minhas irmãs, meus amigos, meu namorado e todos que me apoiaram nessa jornada nada fácil. Agradeço também aos grupos de estudos que tive a honra de estar desde o início e reabertura - GECB e GEAS, assim como agradeço às instituições que voluntariei e que tanto contribuíram para alimentar meu fascínio pelo mar e pela vida marinha durante a graduação.

Mas não menos eu gostaria de agradecer às pessoas que me incentivaram ao mundo da pesquisa, as razões pela qual eu acredito agora em continuar uma carreira acadêmica, meus orientadores Profa. Dra. Ariádine Cristine Almeida e o Dr. Douglas Fernandes Rodrigues Alves. O incentivo que obtive dentro do laboratório, assim como a dedicação ao ensinar era tudo o que procurava desde o início da graduação e, por isso, gostaria de agradecê-los imensamente, por conseguir trazer um pouco do mar ao meu dia a dia em Minas Gerais e tornar tudo possível. A pesquisa sempre foi algo que muito me fascinava e fico feliz com a ideia de uma pequena contribuição pessoal a uma infinidade de descobertas diárias.

“O jovem nem sabe explicar. Mas era como se o mar, com seus infinitos, lhe desse um alívio de sair daquele mundo.”

(MIA COUTO)

RESUMO

Nos últimos anos, as mudanças climáticas têm recebido atenção, assim como seus impactos na fauna parasitária de sistemas aquáticos e suas consequências em relação às alterações na distribuição do hospedeiro. Prever a distribuição das espécies tornou-se um componente importante do planejamento de conservação. A modelagem de nicho é a estratégia mais usada para projetar mudanças ambientais que afetem a disposição espacial e a riqueza de espécies de parasitas por indivíduo. Com esse fim, foi utilizado o método de máxima entropia para a modelagem de nicho ecológico, a fim de mapear a distribuição potencial das espécies de cetáceos e seus parasitas, visto que uma crescente demanda por modelos de distribuição de cetáceos vem surgindo. Foram construídas e comparadas as redes de interações parasita-hospedeiro nos diferentes cenários relativos à via de concentração de gases de efeito estufa até o final do século 21, que podem alterar a distribuição das espécies de *Stenella* e seus parasitas, com possível alteração na taxa de transmissão e na virulência de alguns desses parasitas. Os parasitos zoonóticos *A. simplex*, *A. typica* e *S. pleuronectis* elevaram a intensidade de interação conforme o aumento da temperatura média, a variável que mais influenciou a presença das espécies de cetáceos estudadas, indicando que as mudanças climáticas terão um impacto significativo na distribuição e sobrevivência dessas espécies. As respostas adaptativas das presas dos cetáceos e a distribuição dos parasitos estão correlacionadas, o que destaca a importância de ajustar às mudanças na distribuição das presas para a perpetuação das infecções parasitárias. Além disso, a complexidade das interações ecológicas sugere a necessidade de considerar fenologia e relações evolutivas ao avaliar os efeitos das mudanças climáticas nessas interações.

Palavras-chave: biogeografia; modelagem de nicho; mudanças climáticas; parasitas; helmintos; golfinhos; *Stenella*;

ABSTRACT

In recent years, climate change has received attention, as well as its impacts on the parasitic fauna of aquatic systems and its consequences in relation to changes in host distribution. Preserving species ranges has become an important component of conservation planning. Niche modeling is the most used strategy to project environmental changes that affect the spatial arrangement and species richness of parasites per individual. To this end, the maximum entropy method was used for ecological niche modeling, in order to map the distribution potential of cetacean species and their parasites, as there is an increasing demand for cetacean distribution models. Parasite-host networks were constructed and discovered in different scenarios relating to the pathway of greenhouse gas concentration by the end of the 21st century, which may alter the distribution of *Stenella* species and their parasites, with possible alteration in the rate of transmission and virulence of some of these parasites. The zoonotic parasites *A. simplex*, *A. typica* and *S. pleuronectis* increased the intensity of interaction as the average temperature increased, the variable that most influenced the presence of the cetacean species observed, indicating that climate change will have a significant impact on the distribution and survival of these species. The adaptive responses of cetacean prey and parasite distribution are correlated, which highlights the importance of adjusting to changes in prey distribution for parasite perpetuation. Furthermore, the complexity of ecological ecology suggests the need to consider phenology and evolutionary relationships when assessing the effects of climate change on these ecology.

Keywords: biogeography; niche modeling; climate changes; parasites; helminths; dolphins; *Stenella*;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Curvas Maxent de resposta de adaptação da espécie <i>S. attenuata</i> (vermelho) e desvio padrão (azul).....	17
Figura 2- Curvas Maxent de resposta de adaptação da espécie <i>S. clymene</i> (vermelho) e desvio padrão (azul).....	18
Figura 3- Curvas Maxent de resposta de adaptação da espécie <i>S. coeruleoalba</i> (vermelho) e desvio padrão (azul).....	19
Figura 4- Curvas Maxent de resposta de adaptação da espécie <i>S. frontalis</i> (vermelho) e desvio padrão (azul).....	20
Figura 5- Curvas Maxent de resposta de adaptação da espécie <i>S. longirostris</i> (vermelho) e desvio padrão (azul).....	20
Figura 6- Curvas Maxent de resposta de adaptação da espécie <i>A. simplex</i> (vermelho) e desvio padrão (azul).....	21
Figura 7- Curvas Maxent de resposta de adaptação da espécie <i>A. typica</i> (vermelho) e desvio padrão (azul).....	22
Figura 8- Curvas Maxent de resposta de adaptação da espécie <i>S. pleuronectis</i> (vermelho) e desvio padrão (azul).....	23
Figura 9- Correlação espacial entre espécies de golfinhos <i>Stenella</i> considerando o cenário climático atual.	24
Figura 10- Correlação espacial entre espécies de golfinhos <i>Stenella</i> para o intervalo 2040 a 2050 em diferentes cenários em relação a intensidades de emissões gasosas Imagem A. RPC26; Imagem B. RPC45; Imagem C. RPC60; Imagem D. RPC85.....	25
Figura 11- Correlação espacial entre espécies de golfinhos <i>Stenella</i> para o intervalo 2090 a 2100 em diferentes cenários com relação à intensidades de emissões gasosas Imagem A. RPC26; Imagem B. RPC45; Imagem C. RPC60; Imagem D. RPC85.....	26
Figura 12- Rede de interações cetáceos e helmintos no presente cenário...	28
Figura 13- Rede de interações cetáceos e helmintos em diferentes intervalos de tempos e diferentes intensidades de emissões gasosas que afetariam as mudanças climáticas nos cenários imagem RPC26 e RPC45 nos intervalos de Imagem A. RPC26:2040-50; Imagem B. RPC26:2090 –100; Imagem C. RPC45:2040-50; Imagem D. RPC45:2090–100.....	29

Figura 14- Rede de interações cetáceos e helmintos em diferentes intervalos de tempo e diferentes intensidades de emissões gasosas que afetariam as mudanças climáticas nos cenários imagem RPC60 e RPC85 nos intervalos de Imagem A. RPC60:2040-50; Imagem B. RPC60:2090 –100; Imagem C. RPC85:2040- 50; Imagem D. RPC85:2090–100.....	30
Figura 15- Matriz de adjacência da rede de interação hospedeiro - parasito, organizada em módulos de importância da ocorrência do parasito em determinada espécie <i>Stenella</i> no atual cenário.....	31
Figura 16- Matriz de adjacência da rede de interação hospedeiro - parasito, organizada em módulos de para o intervalo de 2040 – 50: Imagem A. cenários RPC26 e RPC60, e Imagem B. cenários RPC45 e RPC85.....	32
Figura 17- Matriz de adjacência da rede de interação hospedeiro - parasito, organizada em módulos de para o intervalo de 2090 – 100: Imagem A. cenário RPC26; Imagem B. cenário RPC45; Imagem C. cenário RPC60; Imagem D. RPC85.....	33

SUMÁRIO

1. Introdução	10
2. Metodologia.....	14
2.1 Escolha das espécies modelos.....	14
2.2 Variáveis climáticas.....	14
2.3 Modelagem de nicho.....	15
2.4 Rede de interações.....	16
3. Resultados	17
3.1 <i>Análise individual</i>	
3.1.1 <i>Stenella attenuata</i>	17
3.1.2 <i>Stenella clymene</i>	18
3.1.3 <i>Stenella coeruleoalba</i>	19
3.1.4 <i>Stenella frontalis</i>	20
3.1.5 <i>Stenella longirostris</i>	20
3.1.6 <i>Anisakis simplex</i>	21
3.1.7 <i>Anisakis typica</i>	22
3.1.8 <i>Scolex pleuronectis</i>	23
3.2 Correlação espacial das espécies de <i>Stenella</i>	23
3.3 Rede de interações hospedeiro-parasitos	27
3.4 Módulos.....	31
4. Discussão.....	35
REFERÊNCIAS.....	39

1. Introdução

Nos últimos anos, as mudanças climáticas do planeta têm recebido atenção em relação às consequências biológicas, mas ainda há necessidade de entender as mudanças na fauna parasitária, especialmente em sistemas aquáticos (MARCOGLIESE, 2001). Parasitos possuem elevada importância sanitária e econômica, além disso, possuem um papel primordial na natureza pois infectam todos os organismos de vida livre e potencialmente influenciam a saúde, comportamento, dinâmica da cadeia alimentar, tamanho da população e estrutura da comunidade do hospedeiro (RAGA et al., 2009). Visto isso, é essencial explorar os efeitos das mudanças climáticas sobre parasitas aquáticos em associação às alterações na distribuição do hospedeiro (MARCOGLIESE, 2001).

Estudos macroecológicos possibilitam compreender padrões e auxiliam na identificação de processos que moldam a diversidade de organismos em grandes escalas geográficas (RICHARDS et al., 2007). Neste contexto, prever a distribuição das espécies tornou-se um componente importante do planejamento de conservação, pois os efeitos da mudança climática irão se sobrepor ou se somar às outras mudanças por impactos antropogênicos, e projetar os impactos das mudanças climáticas rende avanços nas pesquisas de modelos de distribuição de espécies (GUISAN & THUILLER, 2005; MARCOGLIESE, 2008).

Uma grande variedade de técnicas de modelagem foi desenvolvida para esse propósito, dentre estas, a modelagem de nicho é a estratégia mais usada para mapear no espaço e no tempo desejado a distribuição geográfica real ou potencial de uma espécie e caracterizar as condições ambientais que são ou não adequadas sua sobrevivência (GUISAN & THUILLER, 2005; PEARSON, 2010). A distribuição observada de uma determinada espécie fornece informações úteis sobre seus requerimentos ambientais, os modelos de nicho ecológico partem dessa premissa para estimar as condições ambientais que são adequadas através da associação de registros de ocorrência com variáveis ambientais que podem afetar a fisiologia e a persistência da espécie (PEARSON, 2006). Essa abordagem gera informações biogeográficas importantes que comumente são utilizadas na biologia da conservação da espécie (PEARSON, 2010).

Por este motivo, sabe-se que as mudanças nas condições ambientais podem afetar a distribuição dos animais (REDFERN et al., 2006). Sendo assim, é necessário utilizar a modelagem para projetar mudanças ambientais que afetem a disposição espacial, visto que há diversas razões pelas quais uma espécie não ocupa todos os locais que possuem condições adequadas (ZURELL & ENGLER, 2019). Para entender como as mudanças climáticas afetarão os ecossistemas, é necessário avaliar os limites de temperatura das espécies que fazem parte deles, bem como sua habilidade de adaptação às variações térmicas. Essa compreensão das influências climáticas nos ecossistemas é essencial (PORTNER, 2007). Importante ressaltar que as mudanças previstas na temperatura e a precipitação também afetarão indiretamente os parasitos e seus hospedeiros em sistemas aquáticos por meio de alterações nos níveis de água, eutrofização, estratificação, cobertura de gelo, acidificação, correntes, radiação ultravioleta (UV) e outros fatores abióticos, enfatizando assim a dificuldade de fazer previsões para ecossistemas (MARCOGLIESE, 2001).

A diversidade de espécies em comunidades de parasitos é resultado, entre outros fatores, de interações entre a história evolutiva e a ecologia dos hospedeiros, e a riqueza de espécies pode depender mais de quais parasitas apresentaram uma coevolução com as linhagens do hospedeiro (POULIN, 1995). Sabe-se que os parasitos de organismos aquáticos são sensíveis à mudança de temperatura respondendo mais fortemente que seus hospedeiros, isso afeta a distribuição dos parasitos direta e indiretamente pelos efeitos em seus ciclos de vida e transmissão através dos efeitos nos hospedeiros decorrente ao aumento de temperatura, pois com este aumento gera uma elevação na taxa de transmissão e na virulência de alguns parasitas (MARCOGLIESE, 2001; 2008).

Parasitas transmitidos troficamente podem ser usados para rastrear interações em teias tróficas por relações predador-presa, sendo a diversidade potencial de parasitas associada à diversidade de hospedeiros intermediários e definitivos, refletindo a posição do hospedeiro na teia alimentar. Portanto, parasitas são indicativos de mudanças na estrutura e nas condições abióticas, tamanho da população, uso do habitat ou interações tróficas de seus hospedeiros podendo se

refletir em mudanças nos níveis de infecção (MARCOGLIESE & CONE, 1997; MARCOGLIESE, 2004). Ademais, o número médio de parasitas gastrointestinais por indivíduo se correlaciona positivamente com a riqueza de espécies parasitas e com o tamanho do indivíduo, visto que quanto maior o indivíduo maior será a quantidade de alimento consumido, e que a riqueza aumenta com a variedade de alimentos de origem animal na dieta do hospedeiro (POULIN, 1996).

A presença e distribuição de predadores marinhos de topo, como os golfinhos, tem sido associada a uma variedade de fatores que estão ligados à distribuição de suas presas, predadores e coespecíficos (REDFERN et al., 2006). Muitas espécies de cetáceos respondem às variabilidades do ecossistema marinho através da alteração de seus padrões de distribuição (FORNEY, 2000), que modificam sua sobrevivência e sucesso reprodutivo. A gestão eficaz das populações de vida selvagem requer conhecimento das distribuições de espécies e ameaças (PASSADORE et al., 2018). Neste sentido, a modelagem pode ser uma ferramenta útil para o avanço nas estimativas de abundância (FORNEY, 2000).

E, uma crescente demanda por modelos de distribuição de cetáceos vem surgindo visto que poucas espécies foram estudadas com informações suficientes para desenvolver hipóteses sobre os processos ecológicos que determinam estas distribuições, devido ao fato de que os cetáceos podem passar uma elevada quantidade de tempo submersos e possuem uma alta mobilidade (REDFERN et al., 2006). Cetáceos ao redor do mundo contam com 84 espécies conhecidas, e em águas jurisdicionais brasileiras, há 33 representantes. Dentre eles, 12 golfinhos marinhos entraram nas categorias deficiente em dados e dois fluviais na categoria de quase ameaçado, respectivamente, devido à limitada informação de sua história natural e demográfica (CHIARELLO et al., 2008; REIS et al., 2006).

Quando não se tem muitas informações sobre a ecologia de uma espécie, modelos podem ser usados para investigar conexões empíricas entre distribuições de cetáceos e as características físicas e biológicas da área de estudo. Assim, a modelagem pode ser direcionada para avançar acerca da compreensão, ecologia, conservação e gestão dos cetáceos (REDFERN et al., 2006). Com muitos modelos predizendo os aumentos de temperatura nos próximos anos, entender também como

os parasitos podem responder a estas mudanças é essencial para a preservação de ecossistemas (POULIN, 2006). Portanto, compreender como os fatores ambientais, destacando a temperatura, influenciam na distribuição das espécies e suas interações é crucial para entender o impacto das mudanças climáticas na ecologia e na saúde desses animais, bem como em suas interações com parasitos. Com este fim, o trabalho hipotetiza diferentes cenários relativos à via de concentração de gases de efeito estufa até o final do século 21, sendo cenários de aumento, estabilizações e remissões das emissões gasosas levando a altos níveis de concentrações de gases e diferentes impactos nas mudanças climáticas. No presente estudo será testada a hipótese de que em diferentes cenários de mudanças climáticas, as redes de interação entre espécies de *Stenella* e seus parasitas poderão ser alteradas. Assim, este estudo investiga os impactos das mudanças climáticas para a rede de interação hospedeiro-parasito dos cetáceos e helmintos.

2. Metodologia

2.1 Escolha das espécies modelos

Foram escolhidos os representantes do gênero *Stenella* para serem utilizados como espécie modelo da avaliação dos impactos das mudanças climáticas na distribuição da população pois este gênero possui ampla distribuição geográfica e, a partir destes, foi possível analisar respostas em diferentes locais do globo para espécies especialistas e generalistas. Para as espécies de helmintos buscou-se parasitos com alta prevalência nas espécies-alvo e alta importância econômica e sanitária e, com isso avaliar a relação das interações bióticas. Portanto foram selecionados para espécies modelos da interação cetáceo – helminto as espécies: *Stenella attenuata*, *Stenella clymene*, *Stenella coeruleoalba*, *Stenella frontalis* e *Stenella longirostris* para os golfinhos e *Anisakis typica*, *Anisakis simplex* e *Scolex pleuronectis* para os helmintos.

Para análise dos pontos de ocorrência dos delphinídeos e seus parasitos baseou-se na distribuição conhecida em sua área natural, para isso foi utilizado o Sistema Global de Informação sobre Biodiversidade – GBIF e o Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Oceânica - OBIS. Os helmintos e cetáceos tiveram seus pontos de ocorrência baixados e revisados. Após uma conferência de nomenclatura científica através do Registro Mundial de Espécies Marinhas – WoRMS, os pontos de ocorrência fornecidos por GBIF e OBIS passaram por uma limpeza usando o R pacote spocc (SCOTT et al., 2018) excluindo erros, duplicatas e georreferências ambíguas nos registros.

2.2 Variáveis climáticas

Para os dados das variáveis climáticas, foi utilizado o Bio-Oracle com uma resolução de 5 minutos de arco (ASSIS et al., 2018; TYBERGHEIN et al., 2012). Todas as variáveis foram aplicadas para o tempo presente (2023) e o tempo futuro (2040/50 e 2090/100), sendo este subdividido em quatro vertentes possíveis: RCP26, um cenário de níveis muito baixos de concentração de gases de efeito estufa devido ao

declínio da emissão previsto final do século 21. RCP45 e o RCP60, onde os níveis de concentração se estabilizam. E RCP85, um cenário de altos níveis de concentração devido ao aumento elevado das emissões de gases de efeito estufa. Para as previsões do futuro há apenas 3 variáveis para obtenção de dados: Velocidade de correntes, salinidade e temperatura. Para cada uma delas selecionamos a média e a amplitude, nos deixando com 6 camadas marinhas: Velocidade Média de Correntes (Cur.Vel.M), Amplitude de Velocidade de Correntes (Cur.Vel.R), Salinidade Média (Sal.M), Amplitude de Salinidade (Sal.R), Temperatura Média (Temp.M) e Amplitude de Temperatura (Temp.R).

A extensão das variáveis ambientais foi delimitada de acordo com a região de ocorrência das espécies, sendo que *Stenella frontalis* e *Stenella clymene* possuíam uma região de presença ao oceano Atlântico, enquanto as outras as espécies, *Stenella coeruleoalba*, *S. attenuata* e *S. longirostris*, possuem uma ampla área de distribuição em todos os oceanos. Uma forma de selecionar as variáveis é verificar quais delas melhor se associam por ocorrência dos pontos de entrada observados. Deste modo, é possível utilizar-se de princípios estatísticos para montar o conjunto de preditores variáveis que não sejam colineares, ranquear e selecionar as variáveis que melhor descrevem a variação do conjunto (PETITPIERRE et al. 2017). Ou, selecionar o conjunto de preditores elencando variáveis que façam sentido fisiológico ou ecológico para a espécie (PASSADORE et al., 2018).

Para evitar autocorrelação em excesso entre todas as combinações possíveis das camadas marinhas, as variáveis com coeficientes de correlação de Spearman aos pares $<0,7$ foram selecionados para modelagem. A etapa de seleção das variáveis preditoras é fundamental para a construção do modelo conceitual no procedimento de modelagem correlativa (NEGRÃO & LÖWENBERG-NETO, 2018).

2.3 Modelagem de nicho

Para a modelagem de nicho, foi utilizado o método de máxima entropia implementado no MaxEnt versão 3.3.3 k (PHILLIPS; et al., 2006), uma vez que mostra alta precisão, em relação a outros algoritmos, mesmo com baixo número de registros (WISZ et al., 2008). Os parâmetros MaxEnt para a criação do ENM de cada espécie

serão avaliados com o pacote R “ENMeval”, seguindo recomendações de boas práticas recomendadas para uso do MaxEnt (FERNÁNDEZ et al., 2017). Para os parâmetros máximos e métricas de precisão foi particionado os dados de ocorrência usando o método de bloco (MUSCARELLA et al., 2014), e então, foi testado o melhor parâmetro relacionado à complexidade e poder preditivo dos modelos: multiplicador de regularização ($rm = 0,5 - 4,0$) e parâmetros de características (fc , $L = \text{linear}$, $P = \text{produto}$, $Q = \text{quadrático}$ e $H = \text{Dobradiça}$).

Foram gerados modelos para as 5 espécies de golfinhos *Stenella*, gerando projeções dentro dos limites de distribuição conhecida da espécie e modelado o nicho para cenários diferentes de futuro, 2040 à 2050, 2090 à 2100 e presente. Dentro de cada cenário futuro havia quatro possibilidades de influência climática, sejam elas mínimas como sugere RCP26, intermediárias RCP45 e RCP60, ou máximas como sugere RCP85. Foi gerado, portanto, 8 mapas além do presente e duas métricas foram utilizadas para avaliar a acurácia de cada ENM: a área sob a curva (AUC) (FIELDING & BELL, 1997) e as Estatísticas de Habilidade Verdadeiras (TSS) (ALLOUCHE et al., 2006). Os valores de AUC foram interpretados com a representação dos valores $> 0,90$ = excelente, $> 0,80 - 0,90$ = bom, $> 0,70 - 0,80$ regular, $> 0,60 - 0,70$ = ruim e $> 0,50 - 0,60$ = reprovado (SWETS, 1988). Os valores de TSS variam de -1 a 1, onde 1 indica concordância perfeita e valores de zero ou menos indicam desempenho não melhor do que aleatório (ALLOUCHE et al., 2006). Os valores são apresentados em forma de gráficos e as curvas mostram como cada variável ambiental afeta a predição de Maxent. Ou seja, é possível analisar como a probabilidade prevista de presença muda à medida que cada variável ambiental é individualmente variada. Para cada espécie há 10 réplicas do modelo Maxent que geraram um mapa através de sua média.

2.4 Rede de interações

Os modelos comumente são avaliados com uma probabilidade logarítmica, e nos traz um valor de 0 a 1 que indica quão provável é a ocorrência deste indivíduo. Neste caso, foi binarizado para 0 ou 1, portanto considerando apenas a presença ou ausência do indivíduo no local, foi criado um modelo asc para as espécies de forma

binária criando uma rede de interação para cada cenário, cada rede gerava uma planilha com o resultado tabelado e gráficos. Foi realizado um modelo para golfinho e um para os helmintos, em seguida, realizamos uma sobreposição dos modelos e contabilizamos o número de quadrículas que ambas coocorrem, demonstrados pela somatória de duas presenças indicado por 2. Com isso, foram geradas 15 interações possíveis entre os três helmintos e os cinco golfinhos, tornando possível o ensaio da alteração de probabilidade (presença ou ausência) em diferentes cenários de emissões gasosas, além de possibilitar a investigação em relação às espécies que alteram seu ambiente aumentando ou diminuindo a relação entre os seus parasitos. Para gerar a rede de interações foi utilizado o pacote ggbiplot e a métrica mtsp que resultou em diferentes valores de acordo com cada réplica, para melhor análise foi realizada a média de todos os modelos.

Em outros termos, com os modelos foram construídas as matrizes de potenciais interações entre as espécies de cetáceos e helmintos, com o objetivo de prever a distribuição das espécies analisadas tanto em cenário atual como em diversos cenários de mudanças climáticas, tornando possível a análise dos potenciais efeitos das mudanças climáticas sobre as redes de interações cetáceos-helmintos devido a modificação de variáveis essenciais para existência das espécies no meio. Durante todo o processo houve constante revisão de literatura para atualização de registros, assim como aprofundamento no estudo da biologia dos helmintos e representantes do gênero *Stenella*.

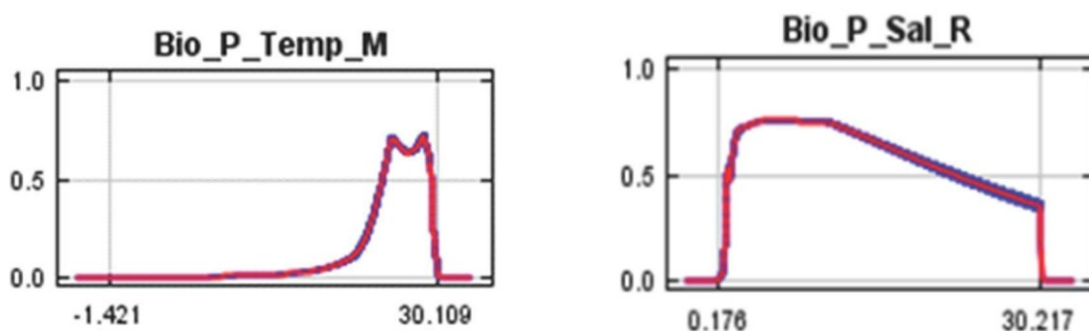
3. Resultados

As espécies de *Stenella* obtiveram um intervalo de área sob a curva (AUC) média entre 0,82 a 0,93 e desvio padrão $< 0,01$ considerado bom à excelente. E o intervalo de estatísticas de habilidade verdadeiras (TSS) média de 0 a 0,65 e desvio padrão $\leq 0,01$ indicando desempenho pouco melhor que o aleatório. Com isso conclui-se que o modelo está robusto e adequado para ser descrito. As métricas avaliadas de parasitas são confiáveis. Para análise individual foi considerado mínimo de 70% do percentual de contribuição das variáveis, que alteram para cada espécie. Tais variáveis refletem a relação entre a presença ou ausência da espécie e a influência das variáveis em questão.

3.1 Análise individual

3.1.1 *Stenella attenuata*

Figura 1- Curvas Maxent de resposta de adaptação da espécie *S. attenuata* (vermelho) e desvio padrão (azul).

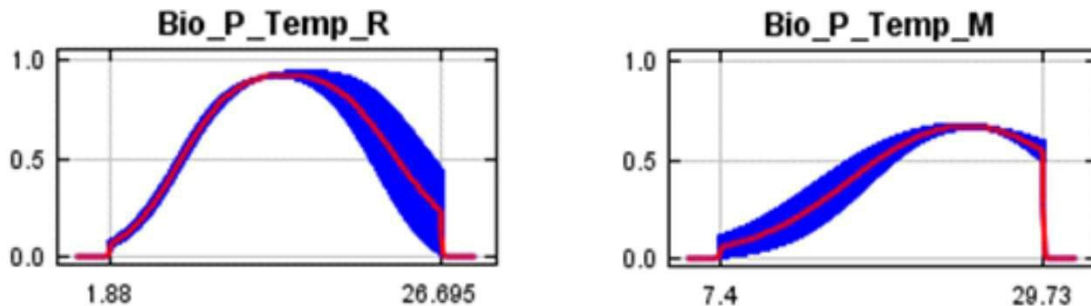


Fonte: Compilação da autora.

Conhecido popularmente como Golfinho-nariz-de-garrafa, a espécie é comumente encontrada no Oceano Pacífico, desde a costa oeste da América do Norte até o Japão. As variáveis que mais influenciaram a presença da espécie foi temperatura média (Temp.M) com 57,9% e amplitude de salinidade (Sal.R) com 17,2% de contribuição. Segundo o painel a espécie tolera uma variação de salinidade.

3.1.2 *Stenella clymene*

Figura 2- Curvas Maxent de resposta de adaptação da espécie *S. clymene* (vermelho) e desvio padrão (azul).

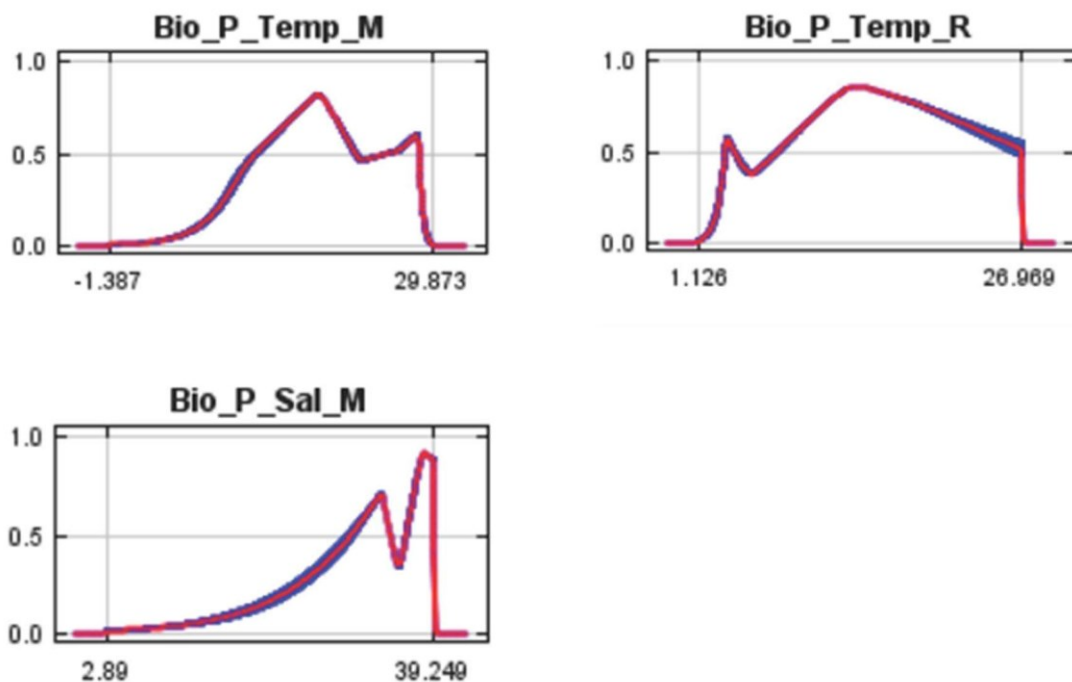


Fonte: Compilação da autora.

Conhecido popularmente como Golfinho-clímene, é encontrado em águas tropicais e temperadas do oceano Atlântico. As variáveis que mais influenciaram a presença da espécie foi amplitude de temperatura (Temp.R) e temperatura média (Temp.M) com 48,2% e 28,9% de contribuição, respectivamente. No entanto, esta espécie consegue conviver em uma ampla variedade de temperatura.

3.1.3 *Stenella coeruleoalba*

Figura 3- Curvas Maxent de resposta de adaptação da espécie *S. coeruleoalba* (vermelho) e desvio padrão (azul).

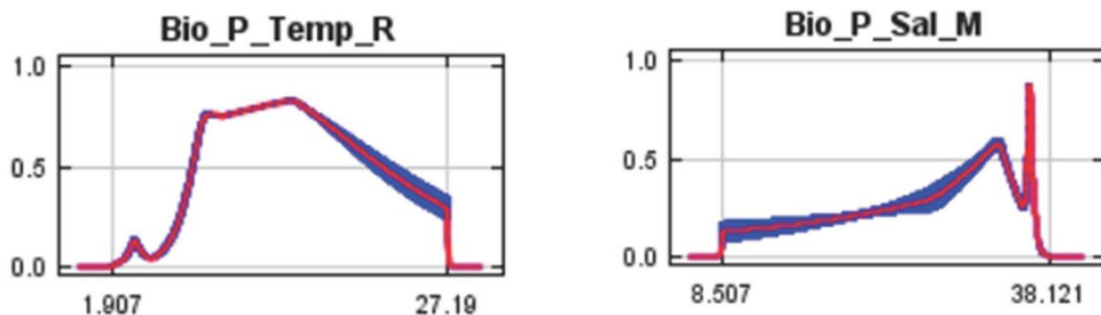


Fonte: Compilação da autora.

Conhecido popularmente golfinho-listrado, é encontrado no Mediterrâneo e no Mar Negro. As variáveis que mais influenciaram a presença da espécie foi temperatura média (Temp.M) com 31%, amplitude de temperatura (Temp.R) com 26,9% e salinidade média (Sal.M) com 24,7% de contribuição. Ou seja, segundo o painel apresentado, a espécie apresentada tolera uma ampla variação de temperatura e pouca variação de salinidade.

3.1.4 *Stenella frontalis*

Figura 4- Curvas Maxent de resposta de adaptação da espécie *S. frontalis* (vermelho) e desvio padrão (azul).

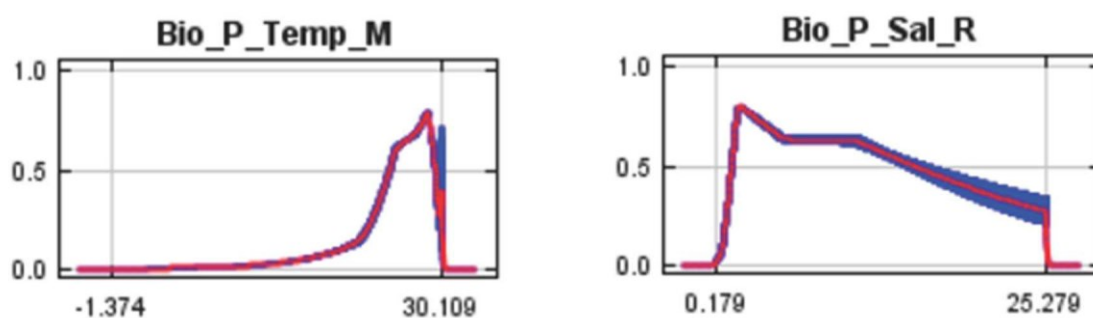


Fonte: Compilação da autora.

Conhecido popularmente como Golfinho-pintado-do-Atlântico, é encontrado no Atlântico Ocidental, do Golfo do México até a costa da América do Sul. As variáveis que mais influenciaram a presença da espécie foi amplitude de temperatura (Temp.R) com 61,8% e salinidade média (Sal.M) com 10,3% de contribuição. O painel indica que essa espécie consegue viver em uma ampla faixa de temperatura e uma pequena faixa de salinidade.

3.1.5 *Stenella longirostris*

Figura 5- Curvas Maxent de resposta de adaptação da espécie *S. longirostris* (vermelho) e desvio padrão (azul).

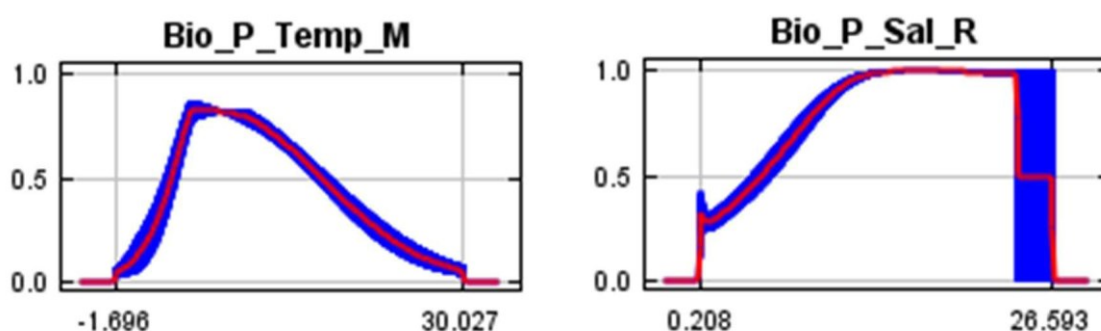


Fonte: Compilação da autora.

Conhecido popularmente como golfinho-rotador, atualmente é encontrado em todo o mundo em águas tropicais e subtropicais. As duas variáveis que mais influenciaram a presença da espécie foram a temperatura média (Temp.M) e a amplitude de salinidade (Sal.R) com 48,4% e 25,2% de contribuição, respectivamente.

3.1.6 *Anisakis simplex*

Figura 6- Curvas Maxent de resposta de adaptação da espécie *A. simplex* (vermelho) e desvio padrão (azul).

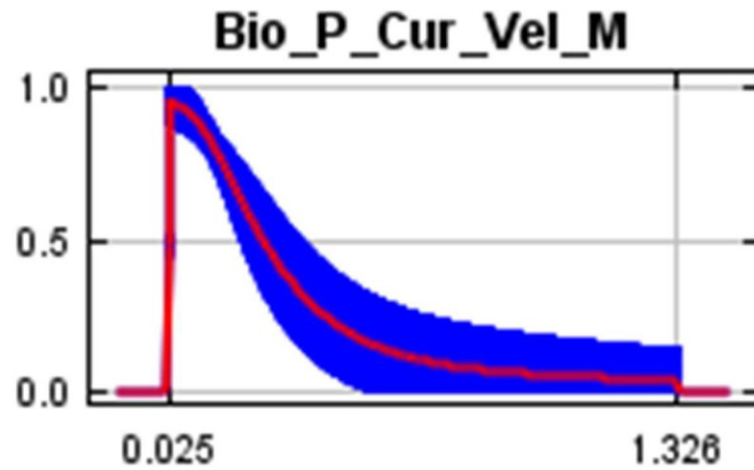


Fonte: Compilação da autora.

As duas variáveis que mais influenciaram a presença da espécie foram a temperatura média (Temp.M) e a amplitude de salinidade (Sal.R) com 57,5% e 37,8% de contribuição, respectivamente.

3.1.7 *Anisakis typica*

Figura 7- Curvas Maxent de resposta de adaptação da espécie *A. typica* (vermelho) e desvio padrão (azul).

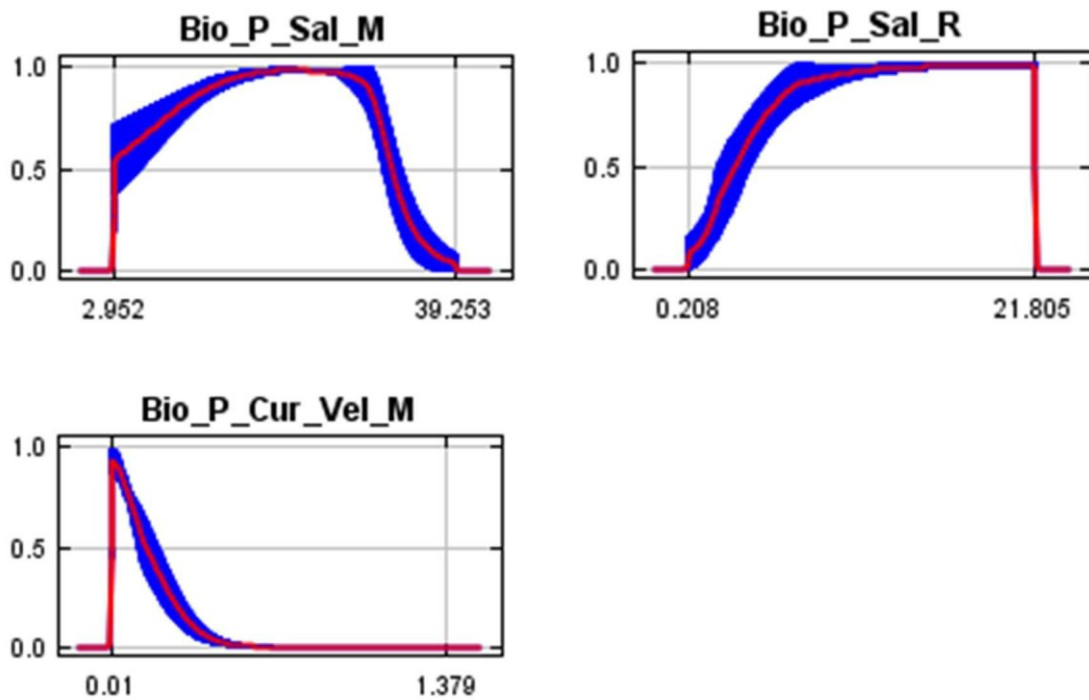


Fonte: Compilação da autora.

Com 83.6% de contribuição a velocidade média das correntes tem destaque nas variáveis que influenciam a presença da espécie, que possui uma restrita faixa de velocidade ideal de corrente.

3.1.8 *Scolex pleuronectis*

Figura 8- Curvas Maxent de resposta de adaptação da espécie *S. pleuronectis* (vermelho) e desvio padrão (azul).



Fonte: Compilação da autora.

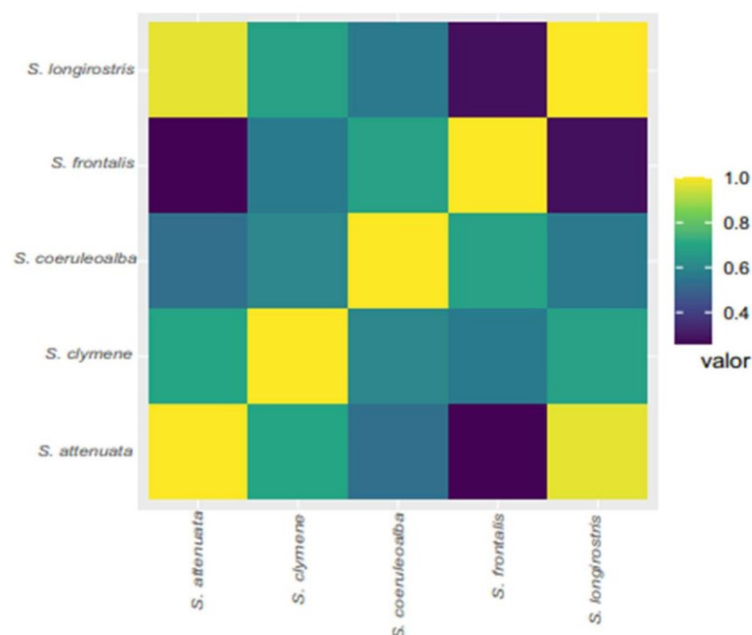
As duas variáveis que mais influenciaram a presença da espécie foram a amplitude de salinidade (Sal.R) com 46,6%, salinidade média (Sal.M) com 20,7% e velocidade média de correntes com 17,9% de contribuição, respectivamente. O painel indica que essa espécie possui uma ampla área de adequabilidade quando se trata de salinidade, mas uma pequena faixa ideal para aumento da velocidade média das correntes.

3.2 Correlação espacial das espécies de *Stenella*

Os golfinhos possuem uma correlação espacial que pode alterar-se em relação às mudanças climáticas em diferentes níveis, dependendo do cenário de emissões gasosas considerado até o fim do século. Avaliamos que as espécies *S. attenuata* e *S. longirostris* são altamente correlacionadas tanto no presente como em todas as projeções de futuro (Figura 9 a 11), em cenários de 2040-2050, poucas alterações na correlação espacial entre espécies são observadas (Fig. 10), em menores níveis, quando se comparando com as alterações previstas entre cenários de 2090-2100 (Fig. 11). Além disso, há uma correlação crescente entre *S. attenuata* e *S. clymene* na projeção de 2090 - 2100 (Fig. 11) em condições de alterações climáticas máximas, sugere que essas espécies podem estar se adaptando às mudanças ambientais em conjunto com aumento gradual de $<0,8$ para $>0,8$ simultâneo ao aumento de temperatura. Em contraponto, *S. attenuata* e *S. longirostris* possuem menor correlação espacial nas projeções futuras em comparação com a correlação dessas espécies no cenário atual. Isso indica que, no futuro, essas espécies terão menores áreas comuns.

Presente:

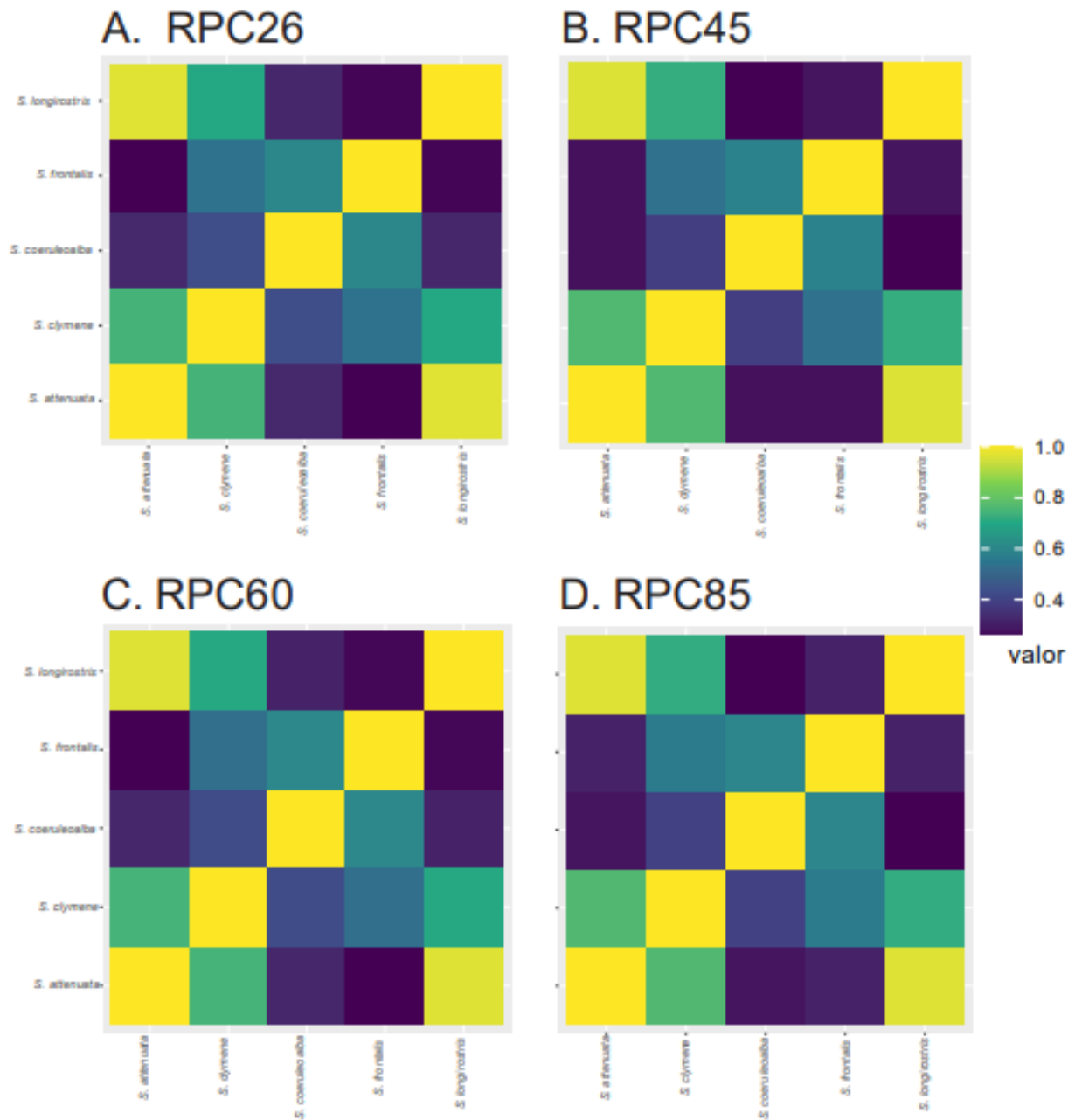
Figura 9- Correlação espacial entre espécies de golfinhos *Stenella* considerando o cenário climático atual.



Fonte: Compilação da autora.

2040-50:

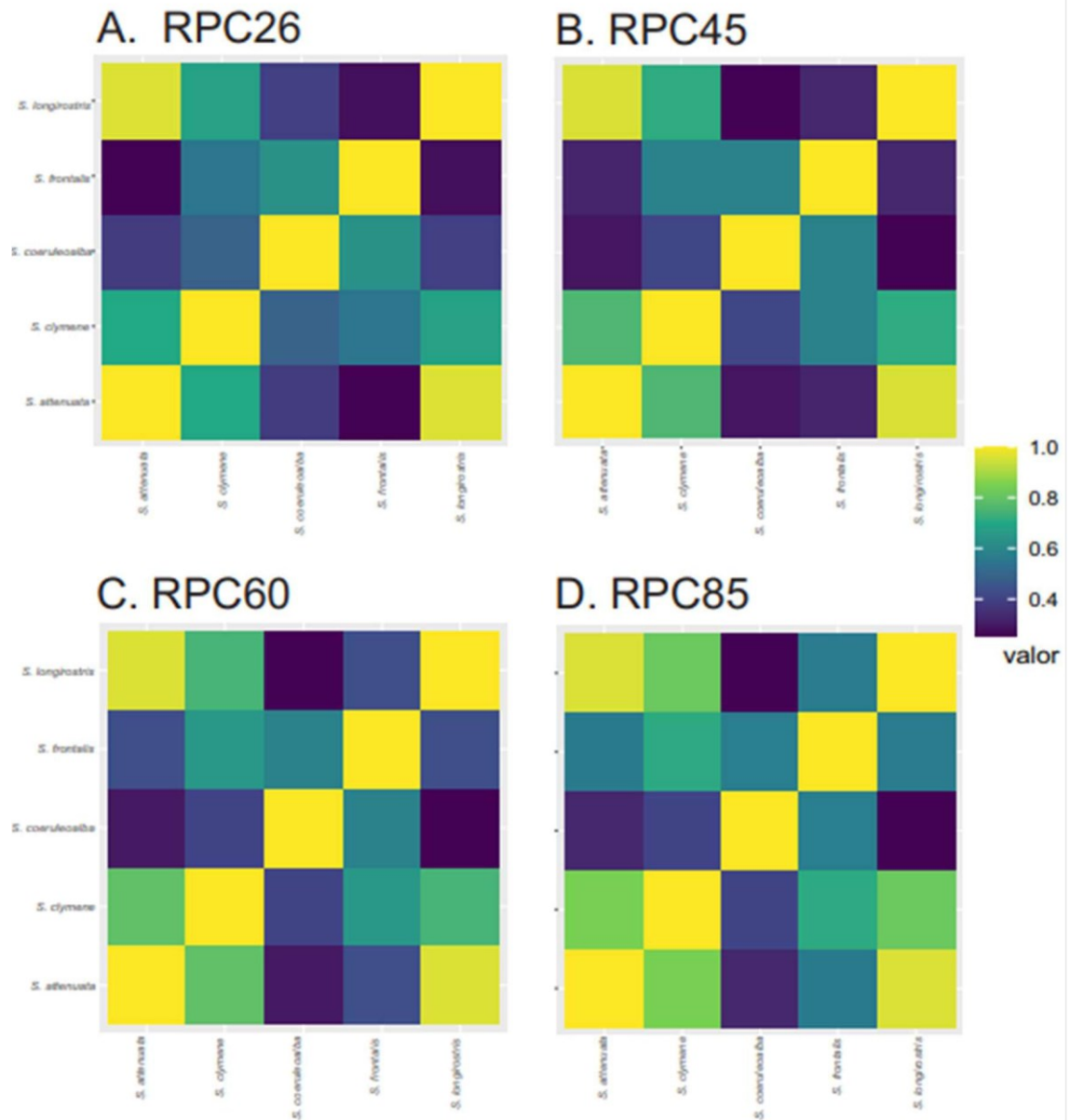
Figura 10- Correlação espacial entre espécies de golfinhos *Stenella* para o intervalo 2040 a 2050 em diferentes cenários em relação a intensidades de emissões gasosas
Imagem A. RPC26; Imagem B. RPC45; Imagem C. RPC60; Imagem D. RPC85.



Fonte: Compilação da autora.

2090-100:

Figura 11- Correlação espacial entre espécies de golfinhos *Stenella* para o intervalo 2090 a 2100 em diferentes cenários com relação à intensidades de emissões gasosas
Imagem A. RPC26; Imagem B. RPC45; Imagem C. RPC60; Imagem D. RPC85



Fonte: Compilação da autora.

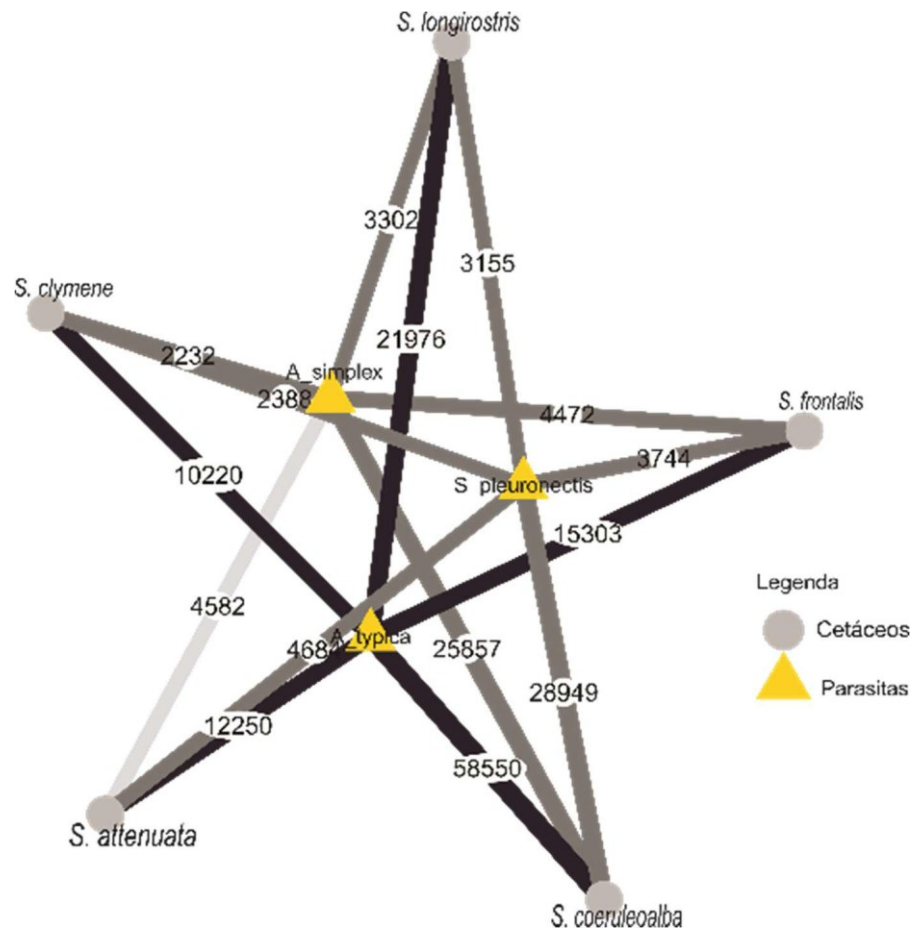
3.3 Rede de interações hospedeiro-parasitos

Com os resultados apresentados foi possível observar as redes de interações entre as 5 espécies de *Stenella* estudadas e 3 parasitos em comum: *Anisakis simplex*, *Anisakis typica* e *Scolex pleuronectis*. Todos se relacionam entre si em diferentes proporções devido aos seus amplos locais de alcance, no entanto, no clima atual as espécies de helmintos infectam ocasionalmente as espécies de cetáceos pois há uma baixa zona de sobreposição avaliada. Além disso, é possível que o modelo tenha previsto interações que ainda não aconteceram, dificultando a previsão exata de relações que acontecem no presente.

No presente a espécie *S. Attenuata* possui 12.250 quadriculas do mapa onde há possíveis interações com *A. typica* (Fig. 12), este número chega a dobrar no cenário de maiores emissões, RPC85, gasosas no intervalo de 2090 - 2100 atingindo 26.419 interações (Fig. 14). O mesmo ocorre com a espécie *S. coeruleoalba* que atualmente encontra-se com 58.550 interações (Fig. 12), mas em um cenário de máximas emissões gasosas, RPC85, suas interações se encontram quase duplicadas alcançando 110.191 interações (Fig. 14). Para alguns cetáceos, não é necessário um futuro tão distante ou uma variação tão ampla de emissões, pois, em um cenário mais brando de emissões gasosas, RPC26, e intervalo mais próximo, de 2040 a 2050 (Fig. 13), já apresentam que a espécie *S. clymene* dobra as interações que possui no presente (Fig. 12).

Presente:

Figura 12- Rede de interações cetáceos e helmintos no presente cenário.

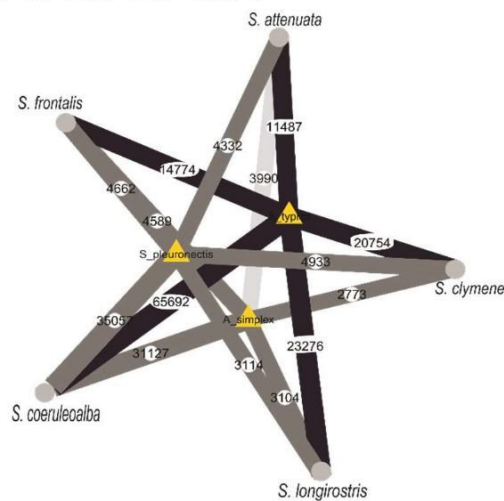


Fonte: Compilação da autora.

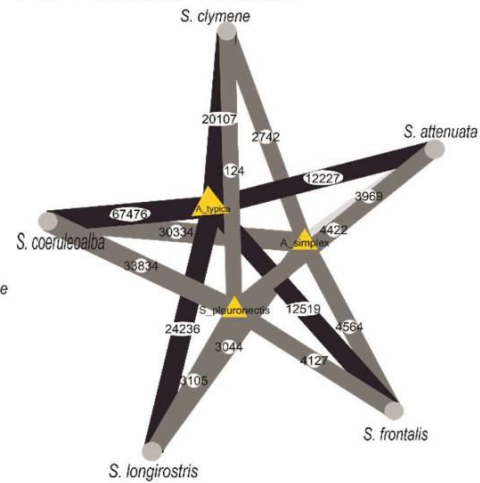
Figura 13- Rede de interações cetáceos e helmintos em diferentes intervalos de tempos e diferentes intensidades de emissões gasosas que afetariam as mudanças climáticas nos cenários imagem RPC26 e RPC45 nos intervalos de **Imagem A. RPC26:2040-50; Imagem B. RPC26:2090 –100; Imagem C. RPC45:2040-50; Imagem D. RPC45:2090–100.**

RPC26

A. 2040-50:



B. 2090-100:

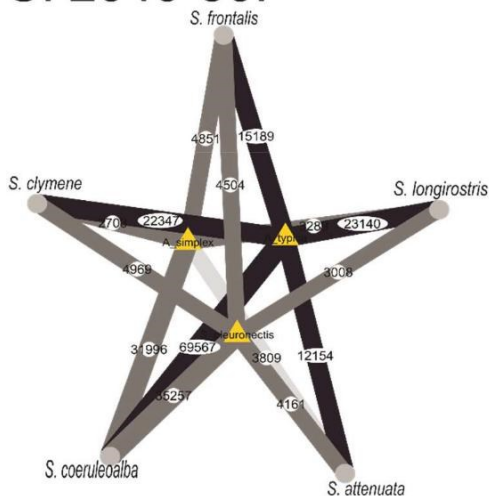


Legenda

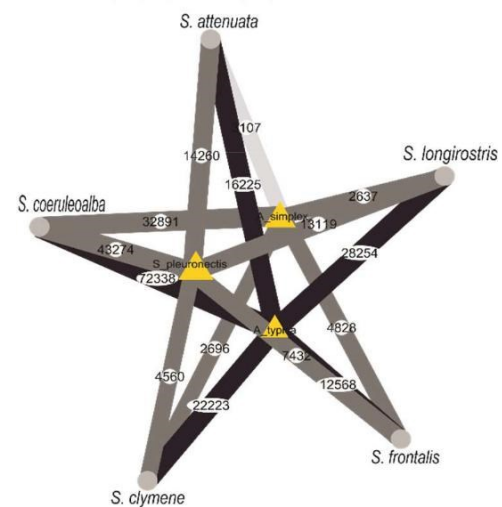


RPC45

C. 2040-50:



D. 2090-100:

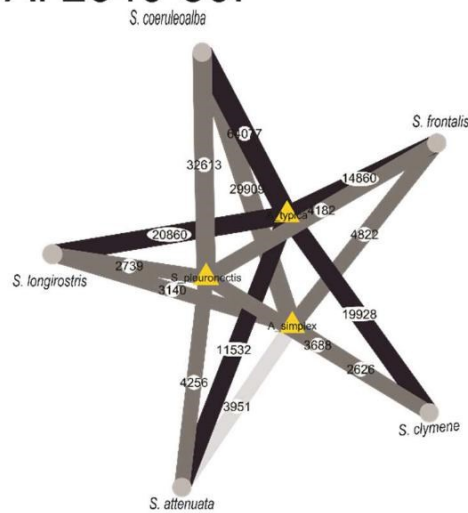


Fonte: Compilação da autora.

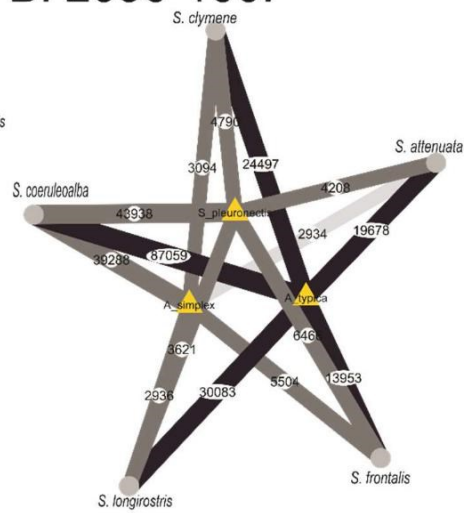
Figura 14- Rede de interações cetáceos e helmintos em diferentes intervalos de tempos e diferentes intensidades de emissões gasosas que afetariam as mudanças climáticas nos cenários imagem RPC60 e RPC85 nos intervalos de **Imagem A. RPC60:2040-50; Imagem B. RPC60:2090 – 100; Imagem C. RPC85:2040-50; Imagem D. RPC85:2090-100.**

RPC60

A. 2040-50:



B. 2090-100:

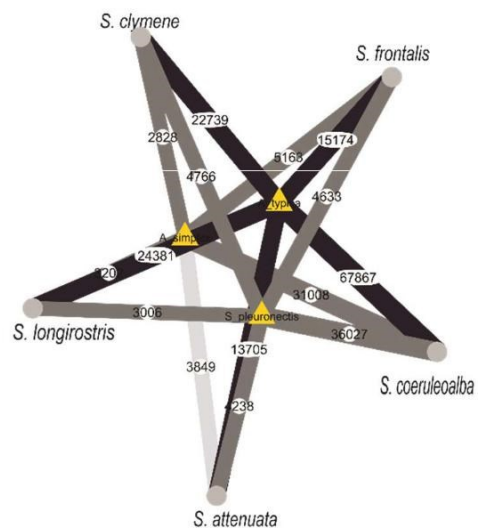


Legenda

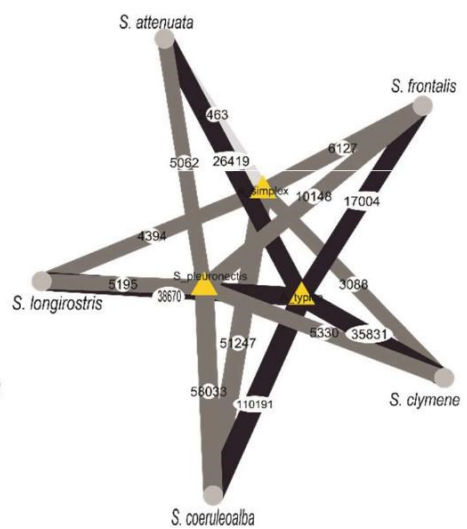


RPC85

C. 2040-50:



D. 2090-100:



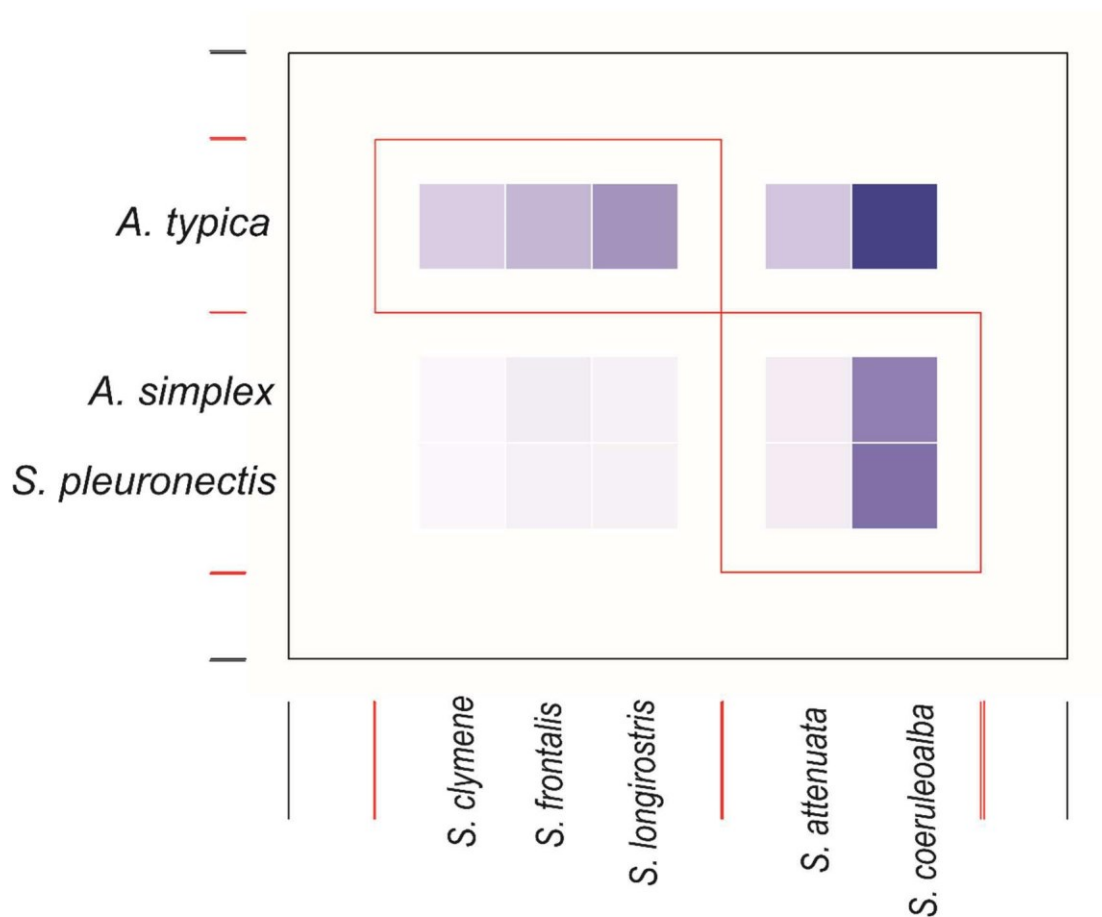
Fonte: Compilação da autora.

3.4 Módulos

Podemos visualizar comunidade dentro da rede parasita-hospedeiro calculando sua modularidade, ou seja, a importância da ocorrência do parasito em determinado hospedeiro onde quadrados mais escuros indicam mais interações observadas e as caixas vermelhas delineiam alta conectividade.

Figura 15- Matriz de adjacência da rede de interação hospedeiro - parasito, organizada em módulos de importância da ocorrência do parasito em determinada espécie *Stenella* no atual cenário.

Presente:

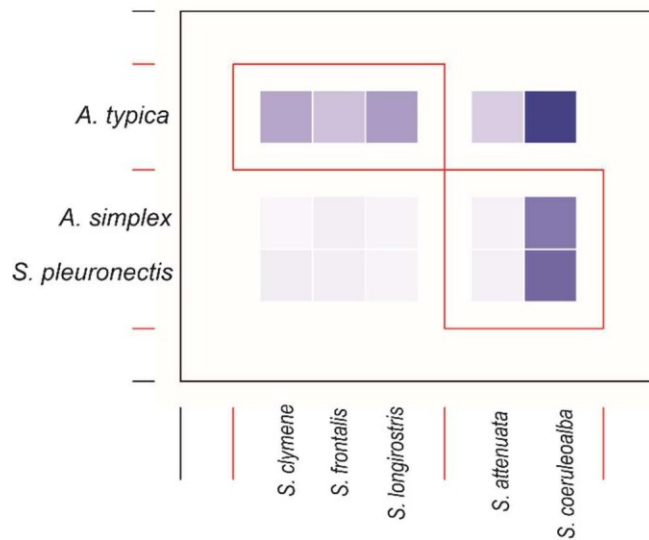


Fonte: Compilação da autora.

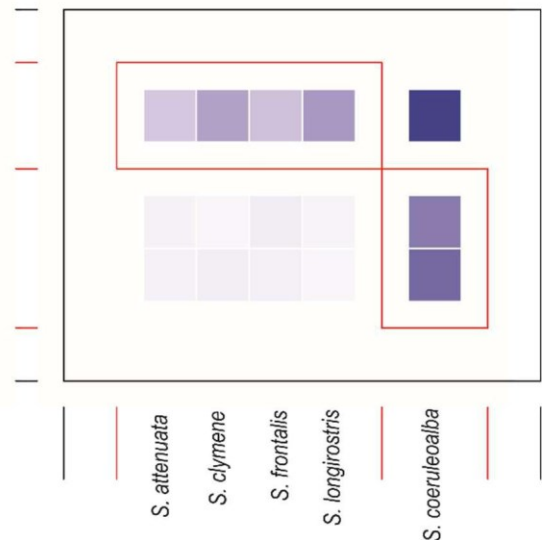
Figura 16- Matriz de adjacência da rede de interação hospedeiro - parasito, organizada em módulos de para o intervalo de 2040 – 50: **Imagem A. cenários RPC26 e RPC60 e Imagem B. cenários RPC45 e RPC85.**

2040 - 50:

A. RPC26 e RPC60



B. RPC45 e RPC85

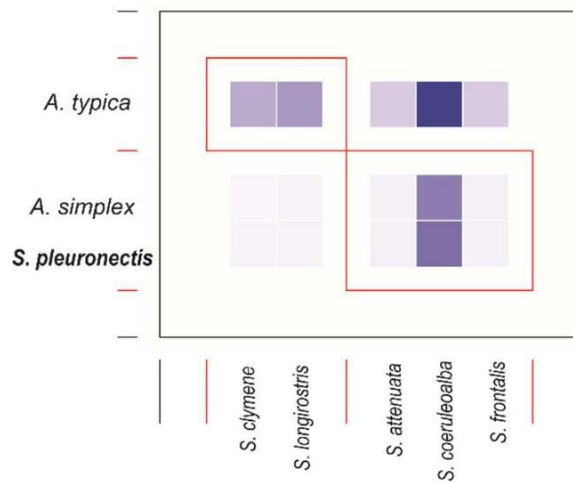


Fonte: Compilação da autora.

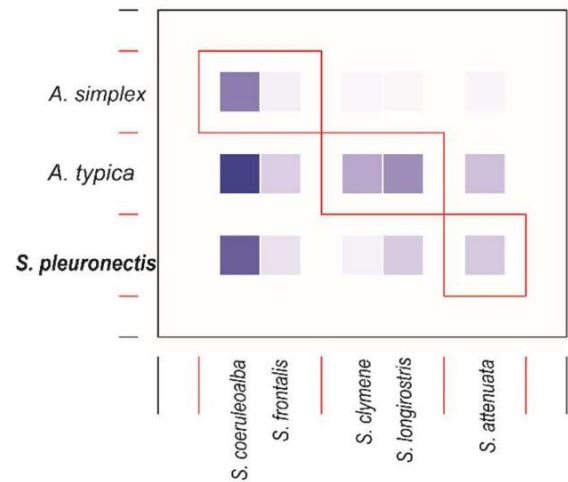
Figura 17- Matriz de adjacência da rede de interação hospedeiro - parasito, organizada em módulos de para o intervalo de 2090 – 100: **Imagem A. cenário RPC26; Imagem B. cenário RPC45; C. cenário RPC60; D. RPC85.**

2090 - 100:

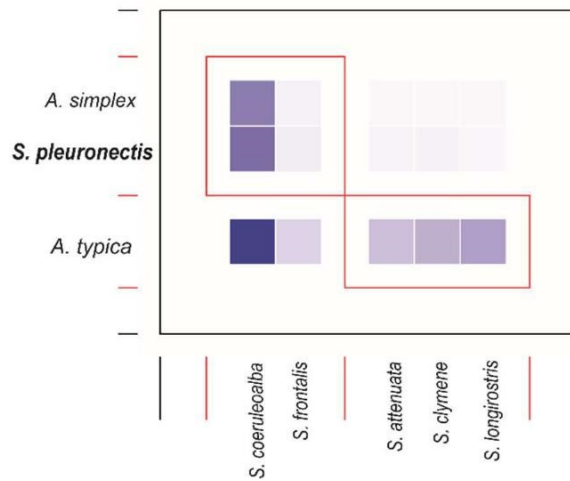
A. RPC26



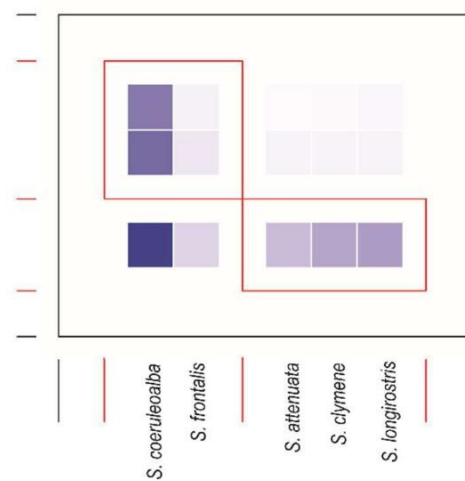
B. RPC45



C. RPC60



D. RPC85



Fonte: Compilação da autora.

No cenário ambiental atual, os golfinhos *S. clymene*, *S. frontalis* e *S. longirostris* são mais susceptíveis a *Anisakis typica* e *S. attenuata* e *S. coeruleoalba* mais suscetível a *Anisakis simplex* e *Scolex pleuronectis*, embora *S. coeruleoalba* interage fortemente a *A. typica* (Fig.15). Nos módulos referentes ao intervalo de 2040 a 2050, nos diferentes cenários de mudanças climáticas, o cenário RPC26 apresenta uma composição idêntica ao cenário RPC60 e similar ao presente, no futuro é projetado um aumento da intensidade de interação de *S. clymene*, *S. frontalis* e *S. longirostris* com *Anisakis typica*. No cenário mais drástico de emissões gasosas, RPC85, temos uma ínfima variação com o cenário mediano de emissões RPC45, ambos os casos tornando *S. attenuata* mais suscetível ao *Anisakis typica* (Fig.16).

No intervalo de 2090 a 2100, no cenário RPC26, *S. clymene* e *S. longirostris* se mantêm fortemente conectados com *Anisakis typica*. No entanto, *S. frontalis* neste cenário é mais suscetível a *Anisakis simplex* e *Scolex pleuronectis* e *S. coeruleoalba* mantém sua forte interação com *A. typica* mesmo que também possua uma interação significativa com as outras espécies que possuem maior conectividade. No cenário RPC45, observamos novas mudanças, *A. simplex* está mais conectado com *S. frontalis* e *S. coeruleoalba*, embora este mantenha sua forte interação com *A. typica*. *A. typica* no entanto está mais conectada com os golfinhos *S. clymene* e *S. longirostris* com uma interação média e, por fim, *S. pleuronectis* conecta-se apenas com *S. attenuata* com uma leve interação. No cenário RPC60 as interações voltam ao mais frequentemente visto com interação de *S. clymene*, *S. attenuata* e *S. longirostris* com *Anisakis typica* e *S. coeruleoalba* e sua forte interação com *A. typica* embora seja conectado a *A. simplex* e *S. pleuronectis* com *S. frontalis*. No cenário RPC85 a única mudança se deve ao leve aumento de tonalidade na relação entre *A. typica* e *S. clymene* indicando aumento sucinto de interação (Fig. 17).

4. Discussão

Com os resultados apresentados, é possível observar que temperatura média é a variável que mais influencia a presença das espécies estudadas, seguida respectivamente da amplitude de temperatura, amplitude de salinidade e salinidade média. Isso indica que mudanças na temperatura terão um grande efeito potencial na distribuição e a sobrevivência da vida em diferentes cenários de mudanças globais, e Sunday et al. (2012) aponta que o aquecimento global tem como resposta biológica a redistribuição da vida na Terra. Em concordância, Perry (2005) concluiu que os peixes responderam aos aumentos na temperatura do mar alterando a latitude média, profundidade ou ambos. Visto que os cetáceos apresentados se alimentam essencialmente de lulas e peixes, a resposta adaptativa das presas pode afetar diretamente a presença e resposta do predador, neste caso, os golfinhos.

Contudo, embora os golfinhos sejam animais pulmonados e precisem vir à superfície para respirar, impossibilitando sua alteração de profundidade, eles têm a capacidade de nadar rapidamente e por longas distâncias, o que pode permitir que eles se ajustem às mudanças na distribuição de suas presas, incluindo a mudança de latitudes. Walther et al. (2002) traz que a perda e fragmentação de habitats, somada à capacidade de dispersão das espécies, podem tornar novas áreas localizadas longe das distribuições atuais climaticamente adequadas com o aquecimento. Isso sugere que a mudança na distribuição das presas pode ter um impacto significativo na ecologia desses animais, e destaca a importância de entender como os fatores ambientais influenciam a distribuição das espécies e as interações ecológicas em uma comunidade.

Sobre os parasitos, o *Scolex pleuronectis* é encontrado na cavidade abdominal, pâncreas, estômago, intestino, ceco pilórico, mesentério e nos ductos hepatobiliares. Ao atingir os mesentérios e gordura da área anogenital o *S. pleuronectis* pode se tornar *Monorygma* e/ou *Phyllobothrium* (CARVALHO et al., 2010; FERNANDEZ et al. 2003). O ciclo de vida dos Cestoda normalmente é complexo e envolve dois ou até quatro hospedeiros (EIRAS et al., 2016), elevando a importância dos ajustes dos hospedeiros às mudanças na distribuição de suas presas para a continuação da espécie destes cestódeos em cetáceos.

Os nematóides pertencentes à família Anisakidae são considerados possivelmente os parasitas mais comuns em mamíferos marinhos e têm sido associados a danos no sistema gástrico. A transmissão ocorre quando se consome peixes, lulas e crustáceos infectados com as larvas desses parasitas anisakuídeos (Iñiguez, et. al, 2011). O mesmo acontece com humanos, existem muitos registros de zoonoses relacionadas a parasitoses transmitidas ao homem pelo consumo de peixes crus ou mal-cozidos, podendo gerar infecções gastrointestinais (PELLEGRINI et al., 2005; EIRAS et al., 2016), tornando estes parasitas um problema zoonótico e de grande importância para saúde pública. Raga *et al.* (2009) indicam que em certos casos os helmintos podem ser a principal causa de mortalidade nas populações de hospedeiros.

Em todas as redes de interações a espécie *A. typica* obteve maior frequência de infecções nos cetáceos legitimando Pilosof, et al. (2014) que trazia que a prevalência de um parasita em uma espécie pode depender da prevalência deste parasita em outras espécies da comunidade. A espécie *S. attenuata* interage com *A. typica* em diversos momentos, podendo dobrar sua interação em cenários de maiores emissões gasosas no fim do século. O mesmo ocorre com a espécie *S. coeruleoalba* em um cenário de máximas emissões gasosas (RPC85), em que suas interações com *A. typica* se encontram quase duplicadas. Para a espécie *S. clymene*, não é necessário esperar muito pois o cenário mais próximo e mais brando de emissões gasosas, RPC26 em 2040 a 2050, possui o dobro de interações que possui no presente. Tudo isso respalda os trabalhos de Marcogliese (2001, 2008) que relatou a sensibilidade de parasitas aquáticos em relação à mudança de temperatura, que quando elevada, eleva com si a taxa de transmissão e na virulência de alguns parasitas.

Raga et al. (2009) afirmam que os cetáceos são hospedeiros de uma fauna específica de parasitas transmitidos troficamente, e ciclos de vida com espécies intermediárias são mais limitados, com isso, sabendo a distribuição do parasita sabe-se mais ao certo a presença ou ausência do hospedeiro. Por este raciocínio, é de considerável vantagem saber que os hospedeiros definitivos e intermediários/paratênicos de *A. typica* são encontrados principalmente ao longo da costa atlântica do Brasil, Uruguai e Argentina, costa atlântica da Flórida e mar do

Caribe, costa atlântica de Portugal e Marrocos, costa somali do Oceano Índico, mar Mediterrâneo oriental próximo a Creta e Chipre, e costa mediterrânea central do norte da África e em peixes da China, Tailândia, Indonésia, Japão e Taiwan, ampliando sua distribuição geográfica (Para ver a revisão da distribuição, Iñiguez, et. al, 2011).

Ademais, a correlação crescente entre *S. attenuata* e *S. clymene* em condições de alterações climáticas máximas, sugere que essas espécies se aproximaram e podem estar se ajustando às mudanças ambientais em conjunto com aumento gradual de temperatura. Segundo Walther et al. (2002), na medida em que a dispersão e disponibilidade de recursos permite, espera-se que as espécies acompanhem a mudança de clima e mudando suas distribuições e que espécies não nativas cruzem fronteiras e se tornem novos elementos da biota. Os resultados também demonstram que *S. attenuata* e *S. longirostris* possuem uma grande correlação espacial em todas as projeções apresentadas e com isso é possível inferir que os parasitas que interagem com ambas as espécies em conjunto ou separadamente podem sofrer alterações semelhantes uma vez que a relação hospedeiro-parasito é bastante específica e pode ser afetada pelas mudanças nas características ecológicas dos hospedeiros. Para Portner (2007), esta seria uma boa avaliação de limites térmicos das espécies membros e de sua capacidade de lidar com as mudanças de temperatura, compreendendo as influências climáticas nos ecossistemas.

Outras espécies e interações apresentadas nas figuras podem não apresentar uma grande alteração, mas segundo Walther et al. (2002), os fatores que afetam a distribuição das espécies interagem de maneiras complexas, e correlações simples com a temperatura mudanças nem sempre são observadas, por isso, fenologia talvez seja uma alternativa para rastrear mudanças na ecologia de espécies em resposta às mudanças climáticas. De acordo com Cohen et al. (2018) há uma relação entre relações evolutivas e tamanho corporal das espécies que influenciam os eventos sazonais biológicos, ou seja, a intensidade das mudanças fenológicas. Isto pode gerar um descompasso nas interações que possuem tamanhos corporais distintos, como hospedeiros e parasitas.

Em suma, os resultados apresentados neste texto destacam a importância da temperatura média como a variável que mais influencia a presença das espécies

estudadas, indicando que as mudanças climáticas, especialmente o aquecimento global, podem ter um grande impacto na distribuição e sobrevivência dessas espécies. A resposta adaptativa das presas dos cetáceos às mudanças na distribuição somado à necessidade de hospedeiros intermediários para diversas espécies de parasitos concluírem seus ciclos de vida resulta na necessidade de ajustes às mudanças na distribuição de suas presas para perpetuação destas infecções.

Além disso, a distribuição dos parasitas nas espécies de cetáceos estudadas está correlacionada, indicando que as mudanças nas características ecológicas dos hospedeiros também podem afetar a distribuição dos parasitas. Essa interação parasita-hospedeiro é específica e pode ser influenciada por fatores ambientais, como a temperatura. É importante ressaltar que a distribuição das espécies e suas interações são complexas e podem não apresentar correlações simples com a temperatura. Portanto, além do monitoramento da temperatura, a fenologia e as relações evolutivas entre as espécies também devem ser consideradas ao avaliar os efeitos das mudanças climáticas nas interações ecológicas.

Em conclusão, compreender como os fatores ambientais, destacando a temperatura, influenciam a distribuição das espécies e suas interações é crucial para entender o impacto das mudanças climáticas na ecologia e na saúde desses animais, bem como em suas interações com parasitas e outros organismos. Devemos avaliar outras espécies modelos, parasitas e hospedeiros para obter um entendimento mais amplo acerca dos impactos das mudanças climáticas na rede de interação parasita-hospedeiro e com isso poder agir de forma eficaz para reter ou evitar estes acontecimentos. Com isso, cabe elevar o número de pesquisas e publicações acerca da temática abordada, assim como elevar o número de registros de parasitas para que novas descobertas sejam feitas sobre o assunto.

REFERÊNCIAS

ALLOUCHE, O.; TSOAR, A.; KADMON, R. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). **Journal of Applied Ecology**, v. 43, n. 6, p. 1223–1232, 12 set. 2006.

ASSIS, J. et al. Bio-ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling. **Global Ecology and Biogeography**, v. 27, n. 3, p. 277–284, 29 mar. 2018.

CARVALHO, V. L. et al. Metazoan parasites of cetaceans off the northeastern coast of Brazil. **Veterinary Parasitology**, v. 173, p. 116–122, 2010.

COHEN, J. M.; LAJEUNESSE, M. J.; ROHR, J. R. A global synthesis of animal phenological responses to climate change /631/158/2165/2457 /631/158/2039 /129 /141 /139 letter. **Nature Climate Change**, v. 8, n. 3, p. 224–228, 1 mar. 2018.

CHIARELLO, Adriano G. et al. Mamíferos ameaçados de extinção no Brasil. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**, v. 2, p. 680-880, 2008.

EIRAS, J.; Velloso, A.; Pereira Jr, J.; **Parasitos de Peixes Marinhos da América do Sul**. Eds.,. 2016.

FERNÁNDEZ, M., AGUSTÍ, C., AZNAR, F., & RAGA, J. (2003). Gastrointestinal helminths of Risso's dolphin *Grampus griseus* from the Western Mediterranean. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 55, p. 73–76. doi:10.3354/dao055073

FERNÁNDEZ, I. C.; MORALES, N. S.; BACA-GONZÁLEZ, V. MaxEnt's parameter configuration and small samples: are we paying attention to recommendations? A systematic review. 2017.

FIELDING, A. H.; BELL, J. F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. **Environmental Conservation**, v. 24, n. 1, p. 38–49, mar. 1997.

FORNEY, K. A. Environmental Models of Cetacean Abundance: Reducing Uncertainty in Population Trends. **Conservation Biology**, v.15, n. 5, p. 1271 - 1286, out. 2000.

GUISAN, A.; THUILLER, W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. **Ecology Letters**, v. 8, p. 993–1009, 2005.

GBIF - **Global Biodiversity Information Facility** & Ocean Biodiversity Information System (OBIS)- GBIF.org (2023), GBIF Home Page. Disponível em: <https://www.gbif.org>

IÑIGUEZ, A. M., Carvalho, V. L., Motta, M. R. A., Pinheiro, D. C. S. N., & Vicente, A. C. P. (2011). Genetic analysis of *Anisakis typica* (Nematoda: Anisakidae) from cetaceans of the northeast coast of Brazil: New data on its definitive hosts. **Veterinary Parasitology**, 178(3-4), 293–299. doi:10.1016/j.vetpar.2011.01.001

MARCOGLIESE, D. J.; CONE, D. K. Food webs: a plea for parasites. **Trends in Ecology & Evolution**, p. 320–325, ago. 1997.

MARCOGLIESE, D. J. Implications of climate change for parasitism of animals in the aquatic environment. **Canadian Journal of Zoology**, v. 79, n. 8, p. 1331–1352, 2001.

MARCOGLIESE, D. J. Parasites: Small Players with Crucial Roles in the Ecological Theater. **EcoHealth**, v. 1, n. 2, p. 151–164, 1 jun. 2004.

MARCOGLIESE, D. J. The impact of climate change on the parasites and infectious diseases of aquatic animals. **International Office of Epizootics**, 2008.

MUSCARELLA, R. et al. ENMeval: An R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for MAXENT ecological niche models, 2014.

NEGRÃO, D. S. G.; LÖWENBERG-NETO, P. Selecting predictors in correlative species distribution modeling in South America. **Oecologia Australis**. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2018.

PASSADORE, C. et al. Modelling Dolphin Distribution to Inform Future Spatial Conservation Decisions in a Marine Protected Area. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, 1 dez. 2018.

PEARSON, R. G. et al. ORIGINAL ARTICLE: Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. **Journal of Biogeography**, v. 34, n. 1, p. 102–117, 27 set. 2006.

PEARSON, R. G. Species' Distribution Modeling for Conservation Educators and Practitioners. in **Conservation**, v. 3, p. 54–89, 2010.

PERRY, A. L.; Low, P. J.; Ellis, J. R.; Reynolds, J. D. Climate change and distribution shifts in marine fishes. **Science**, v. 308, p.1912-5, 2005. doi: 10.1126/science.1111322.

PELLEGRINI, M., Occhini, R., Tordini, G., Vindigni, C., Russo, S., Marzocca, G. Acute abdomen due to small bowel anisakiasis. **Digestive and Liver Disease**. v. 37, p. 65–67, 2005.

PETITPIERRE, B., Broennimann, O., Kueffer, C., Daehler, C., & Guisan, A. 2017. Selecting predictors to maximize the transferability of species distribution models: lessons from cross continental plant invasions. **Global Ecology and Biogeography**, 26(3), 275–287. DOI: 10.1111/geb.12530

PORTNER, H. O. & Knust, R. Climate change affects marine fishes through the oxygen limitation of thermal tolerance. **Science** 315, 95–97 (2007).

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**, v. 190, n. 3–4, p. 231–259, jan. 2006.

PILOSOF, S.; Fortuna M. A.; Cosson, J. F.; Galan, M. & Guegan, J. F. (2014). Host-parasite network structure is associated with community-level immunogenetic diversity. **Nature Communications**, 5(1), 1-9.

POULIN, R. Phylogeny, ecology, and the richness of parasite communities in vertebrates. **Ecol. Monog.**, 65: 283-302, 1995.

POULIN, R. Richness, nestedness, and randomness in parasite infracommunity structure. **Oecologia**, 105: 545-51, 1996.

POULIN, R.; MOURITSEN, K. N. Climate change, parasitism and the structure of intertidal ecosystems. **Journal of Helminthology**, v. 80, n. 2, p. 183–191, 22 jun. 2006.

RAGA, J. A. et al. Parasites. **Encyclopedia of Marine Mammals**, p. 821–830, 1 jan. 2009.

REDFERN, J. V. et al. Techniques for cetacean–habitat modeling. **Marine Ecology Progress Series**, v. 310, p. 271–295, 3 abr. 2006.

REIS, N. R. et al. **Mamíferos do Brasil**. Londrina: N. R. dos Reis, 2006. 437p

RICHARDS, C. L.; CARSTENS, B. C.; LACEY KNOWLES, L. Distribution modelling and statistical phylogeography: an integrative framework for generating and testing alternative biogeographical hypotheses. **Journal of Biogeography**, v. 34, n. 11, p. 1833–1845, nov. 2007.

SCOTT CHAMBERLAIN; KARTHIK RAM; TED HART. Interface to Species Occurrence Data Sources. **R Package**, Version 0.8.0 [online]. 2018.

SUNDAY, J. M.; BATES, A. E.; DULVY, N. K. Thermal tolerance and the global redistribution of animals. **Nature Climate Change**, v. 2, n. 9, p. 686–690, set. 2012.

SWETS, J. A. Measuring the Accuracy of Diagnostic Systems. **Science**, v. 240, n. 4857, p. 1285–1293, 1988.

TYBERGHEIN, L. et al. Bio-ORACLE: a global environmental dataset for marine species distribution modelling. **Global Ecology and Biogeography**, v. 21, n. 2, p. 272–281, fev. 2012.

WALTHER, G. R. et al. Ecological responses to recent climate change. **Nature**, 28 mar. 2002.

WISZ, M. S. et al. Effects of sample size on the performance of species distribution models. **Diversity and Distributions**, v. 14, n. 5, p. 763–773, set. 2008.

WoRMS Editorial Board (2023). **World Register of Marine Species**. Checklist dataset <https://doi.org/10.14284/170> accessed via GBIF.org

ZURELL, D.; ENGLER, J. O. Ecological niche modelling. In: Effects of Climate Change on Birds. [s.l.] **Oxford University Press**, 2019. p. 60–73.