

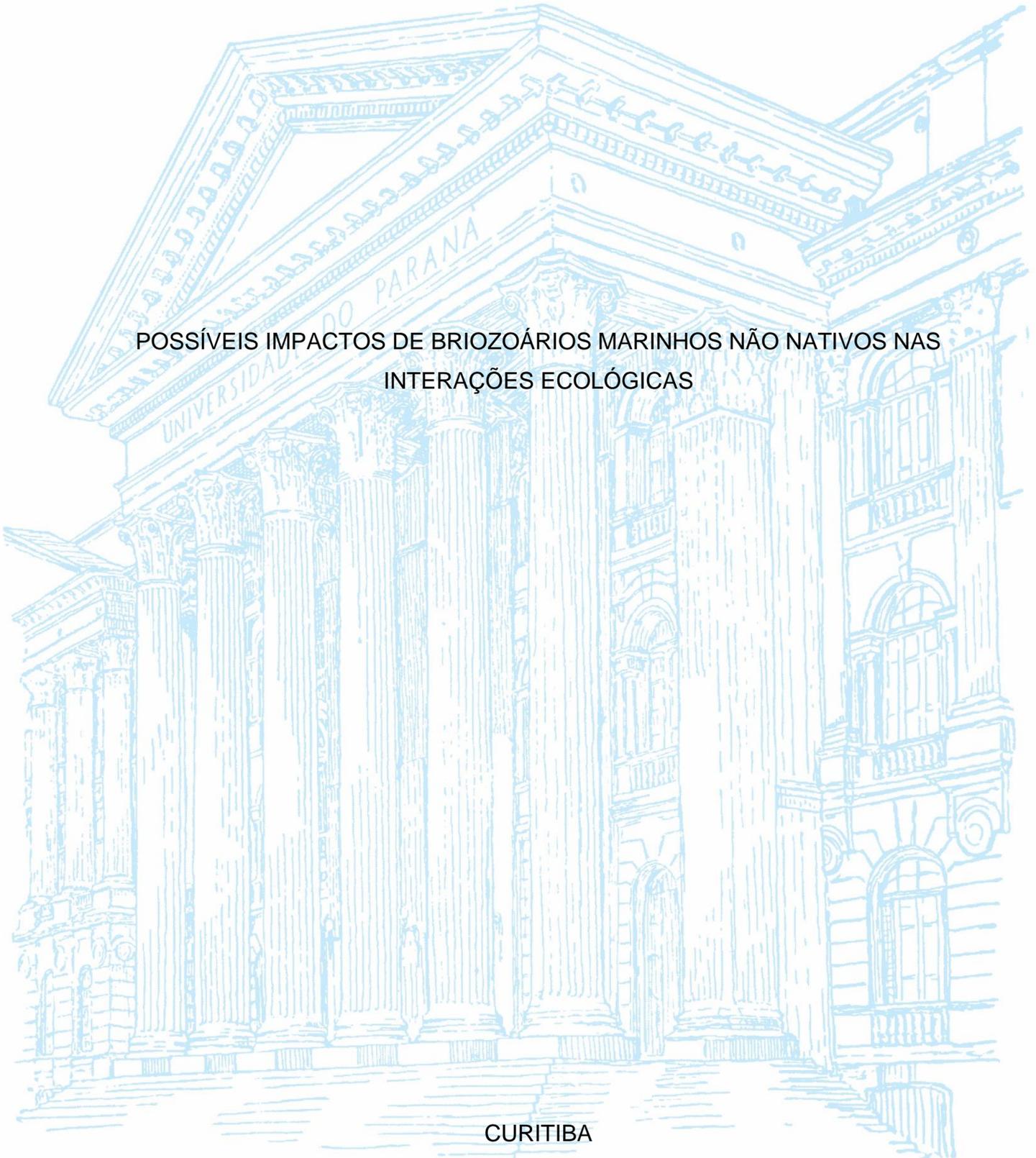
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

POLLYANA DE BRITO

POSSÍVEIS IMPACTOS DE BRIOZOÁRIOS MARINHOS NÃO NATIVOS NAS  
INTERAÇÕES ECOLÓGICAS

CURITIBA

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

POLLYANA DE BRITO

POSSÍVEIS IMPACTOS DE BRIOZOÁRIOS MARINHOS NÃO NATIVOS NAS  
INTERAÇÕES ECOLÓGICAS

Monografia apresentada ao curso de Ciências Biológicas em Curitiba, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosana Moreira da Rocha

Coorientador: Dr. Leandro Manzoni Vieira

CURITIBA

2023

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

POLLYANA DE BRITO

### **POSSÍVEIS IMPACTOS DE BRIOZOÁRIOS MARINHOS NÃO NATIVOS NAS INTERAÇÕES ECOLÓGICAS**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Rosana Moreira rocha

Orientadora – Universidade Federal do Paraná

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Maria Angélica Haddad

Universidade Federal do Paraná

---

Dr<sup>a</sup> Ana Carolina Sousa de Almeida

Universidade Federal da Bahia

Curitiba, 20 de fevereiro de 2023.

Dedico este trabalho ao Nyanko, meu gato, pois eu não chegaria aqui sem todo o suporte emocional que ele me proporciona.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gostaria de agradecer a mim mesma, pois só eu e as vozes da minha cabeça sabemos o que passamos para conseguir finalizar este trabalho.

Aos meus pais, Sonia e Carlos Brito, por sempre me darem suporte e acolhimento, sendo fundamentais na minha jornada.

À Maria Eduarda Gruba, por sempre se preocupar comigo, me ouvir falando por horas sobre briozoários, mesmo que até hoje ela não compreenda 100% o que eles realmente são, e por ser a melhor amiga que eu poderia ter.

À Jessica G. Neiva, por ser meu ombro amigo em todos os momentos, ser a minha melhor companhia, principalmente quando eu precisava esquecer dos problemas sempre era a primeira a aparecer na minha porta para não me deixar sozinha.

Ao Gabriel Santinelli, por acolher e compreender as minhas crises, me ajudar em tudo que estava ao seu alcance, me proporcionar os melhores tours por mensagens de vídeos, e sempre estar comigo nos momentos tristes e felizes.

À Julia Maria J. Serenato, por me acompanhar em toda a trajetória da monografia, me incentivando mesmo quando eu ainda não tinha um projeto, por me proporcionar risadas, e por ser a melhor companheira de laboratório.

A todos os meus amigos que sempre me apoiaram, compreenderam meus sumiços frequentes, e fazem minha vida muito mais feliz, principalmente a Debora, Isabela, João, e as meninas do Goong Family, Amanda, Andressa, Beatriz, Juli e Vitória.

À minha orientadora Dr<sup>a</sup> Rosana M. Rocha, por toda a paciência e disposição de me auxiliar, mesmo eu não sendo a orientanda mais presente, e por compreender as minhas particularidades e mesmo assim não desistir de mim.

Ao Dr<sup>o</sup> Leandro M. Vieira, por me ajudar no direcionamento da temática do trabalho, e por ser uma inspiração acadêmica para mim.

A todos e todas que de alguma forma me auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

Os briozoários marinhos, pertencentes à comunidade bioincrustante, são um ótimo modelo de organismo para análise de impactos de espécies invasoras nas interações ecológicas dessas comunidades, devido a diversos fatores, como seu crescimento rápido e capacidade de fixação em diversos tipos de substrato. Essas características também podem contribuir para esses animais terem uma alta taxa de espécies consideradas invasoras, ao redor do mundo. Nesse trabalho investigou-se, através de revisão bibliográfica, como as interações biológicas com briozoários invasores podem impactar a dinâmica ecológica do ambiente onde estão fixados. Foram analisados 103 artigos, dos quais 31 tratavam de interações interespecíficas com briozoários introduzidos. Nos ambientes estudados, os substratos que prevaleceram foram os artificiais, principalmente placas de PVC, e dos naturais, a maioria foi biótico (organismos vivos), principalmente briozoários. Foram registradas 25 espécies de briozoários focais, interagindo com 201 espécies distribuídas em 3 reinos, Plantae, Chromista, e Animalia, sendo com este último a maior frequência de interações. As 244 interações interespecíficas encontradas, foram distribuídas em 5 tipos: competição, facilitação, mutualismo, predação e simbiose, sendo que esta última foi a mais frequente, principalmente quando a interação era de epibiose, com um briozoário sendo o basibionte. Devido às diferenças de complexidade e formas das colônias, briozoários incrustantes interagiriam mais com organismos sésseis, e briozoários eretos com organismos vágéis. As interações entre os briozoários e outras espécies introduzidas tiveram em sua maioria efeito positivo, sendo essas interações possíveis facilitações “*meltown*”. As interações com espécies nativas foram as mais frequentes, com impactos positivos às nativas, principalmente porque os briozoários criam diferentes habitats para elas. Isso pode significar que esses briozoários já estão bem estabelecidos nas regiões, criando uma relação mais estável com as espécies nativas. Assim os impactos podem ser positivos nas interações de pequena escala, porém deve ser averiguado se podem ocasionar em impactos diferentes com as espécies que não interagem com os briozoários introduzidos.

**Palavras-chave:** Bryozoa. Bioinvasão. Interações intraespecíficas. Associação.

## ABSTRACT

Marine bryozoans, belonging to the biofouling community, are an excellent organism model for analyzing the impacts of invasive species on the ecological interactions of these communities, due to several factors, such as their rapid growth and capacity for fixation to different types of substrates. These characteristics may also contribute to these animals having a high rate of species considered invasive around the world. This article investigated, through a bibliographic review, how biological interactions with invasive bryozoans can impact the ecological dynamics of the environment where they are fixed. A total of 103 articles were analyzed, of which 31 dealt with interspecific interactions with introduced bryozoans. In the studied environments, the substrates that prevailed were the artificial ones, mainly PVC plates, and of the natural ones, the majority was biotic (living organisms), mainly bryozoans. 25 species of focal bryozoans were recorded, interacting with 201 species distributed in 3 kingdoms, Plantae, Chromista, and Animalia, with the latter having the highest frequency of interactions. The 244 interspecific interactions found were distributed into 5 types: competition, facilitation, mutualism, predation and symbiosis, the latter being the most frequent, especially when the interaction was epibiosis, with a bryozoan being the basibiont. Due to the differences in complexity and colony shapes, encrusting bryozoans would interact more with sessile organisms, and erect bryozoans with vagile organisms. Interactions between bryozoans and other introduced species had mostly positive effects, with these interactions being possible “meltdown” facilitations. Interactions with native species were the most frequent, with positive impacts on native species, mainly because bryozoans created different habitats for them. This could mean that these bryozoans are already well established in the regions, creating a more stable relationship with native species. Thus, these impacts can be positive in small-scale interactions, but it must be investigated whether they can cause different impacts with species that do not interact with introduced bryozoans.

**Key-words:** Bryozoa. Bioinvasion. Intraspecific interactions. Association.

## SUMARIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO .....	13
2.2 ANÁLISES.....	15
<b>3 RESULTADOS.....</b>	<b>16</b>
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Há diferentes tipos de estratégias de colonização em organismos aquáticos, devido à grande abundância e diversidade de espécies nesses ambientes, além das diferentes condições ecológicas encontradas (RAILKIN, 2003). A bioincrustação, incluindo bactérias, algas e/ou invertebrados sésseis, é a comunidade que se fixa sobre substratos imersos em água, naturais ou artificiais (GAMA; PEREIRA; COUTINHO, 2009). Os substratos naturais podem ser divididos em duas categorias, os abióticos, como rochas, e os bióticos, ou seja, organismos vivos, como algas e cirripédios, cuja superfície é usualmente habitada por epibiontes. Os substratos artificiais são qualquer material de origem humana, que possibilite a incrustação, como plástico, metal, cordas, âncoras, pilares de concreto ou madeira, e cascos de navios (GAMA; PEREIRA; COUTINHO, 2009; RAILKIN, 2003)

O fenômeno de transferência de organismos marinhos entre diferentes regiões oceânicas ocorre naturalmente nas dinâmicas ecológicas (ANIL *et al.*, 2002; RUIZ *et al.*, 1997), porém desde os primórdios das navegações, o homem se tornou o principal vetor dessas transferências (BAX *et al.*, 2003; RUIZ *et al.*, 1997). Invertebrados bioincrustantes podem ser transportados para diferentes regiões do globo, em sua forma adulta e/ou larval, pela água de lastro ou incrustando em cascos de navios, por exemplo (BAX *et al.*, 2003). Com o aumento da globalização e do comércio internacional, o número de embarcações nos oceanos só cresceu. De acordo com o último relatório anual da Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD), cerca de 80% das mercadorias mundiais são transportadas por via marítima, com tendência dessa porcentagem aumentar em países desenvolvidos. Sendo esses fatores correlacionados, quanto maior o transporte marítimo, mais organismos marinhos são transportados, acidentalmente ou não, para áreas onde podem encontrar condições favoráveis para a sua sobrevivência (LOPES *et al.*, 2009).

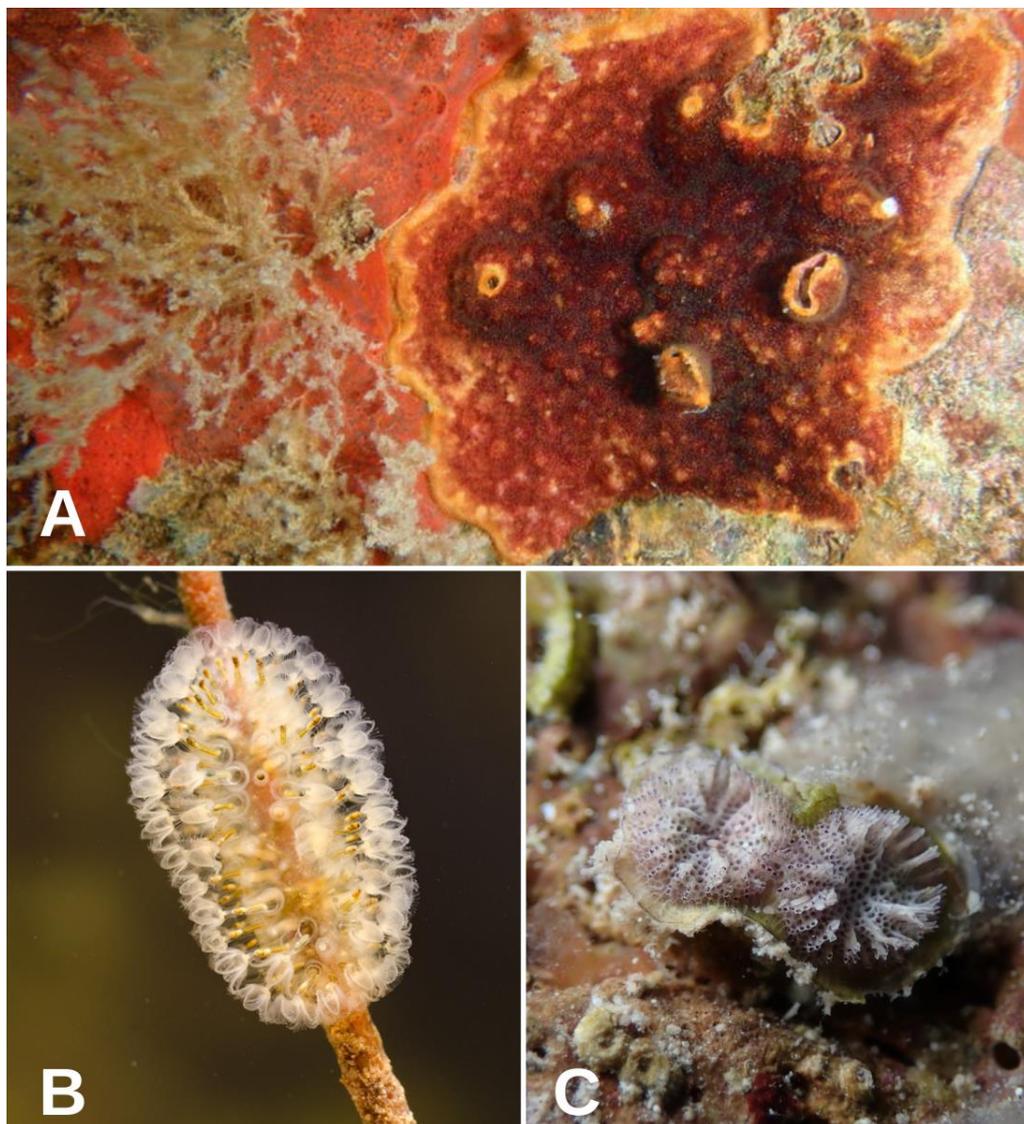
Espécies introduzidas em um local no qual não é nativa, são conhecidas como espécies exóticas, sendo os termos espécie não indígena (NIS - *non-indigenous species*) e espécie não nativa (NNS - *non-native species*) os mais comumente usados na literatura de língua inglesa para se referir a essas espécies. Quando esta espécie exótica consegue estabelecer populações autossuficientes e passa a expandir sua distribuição e a ocupar novas áreas, ela é considerada invasora (BLACKBURN *et al.*, 2011). Essas invasões podem causar alterações

ambientais negativas, pois uma NIS é capaz de modificar interações ecológicas entre espécies nativas, desequilibrando esse ecossistema, resultando em uma perda de biodiversidade, por exemplo. Há também os impactos negativos sociais e econômicos para a região em que ocorreu a introdução (ANIL *et al.*, 2002; BAX *et al.*, 2003; (GAMA; PEREIRA; COUTINHO, 2009; RUIZ *et al.*, 1997). As espécies marinhas incrustantes, das quais há registro de introdução, estão distribuídos entre os mais diversos filos taxonômicos, sendo um dos principais o filo Bryozoa (GORDON; MAWATARI, 1992). Há diversos registros de espécies marinhas não nativas, ao redor do mundo, que de alguma forma comprometeram o ambiente em que se instalaram, muitas encobrem áreas quilométricas, inviabilizando as relações ecológicas desses habitats, como é o caso da alga verde, *Caulerpa taxifolia*, em algumas regiões da França e Itália (BAX *et al.*, 2003). No caso de briozoários há registros de densas de briozoários podem encobrindo navios, dificultando a passagem da água, ou até acelerando a corrosão de cascos quando associadas com bactérias corrosivas, causando prejuízos financeiros (GORDON; MAWATARI, 1992).

O filo Bryozoa (do grego bryon, “musgo”; e zoon, “animal”) é composto por animais invertebrados, filtradores, coloniais e aquáticos, em sua maioria marinhos (GORDON; MAWATARI, 1992; VIEIRA; ALMEIDA, 2023). São majoritariamente sésseis, com poucas exceções de vida livre. (RYLAND, 2005; SCHWAHA, 2021). Os indivíduos (zoóides) são interconectados, formando as colônias, que podem apresentar forma variada, geralmente ereta ou incrustante (HAGEMAN *et al.*, 1998, KUKLINSKI, 2016; RUPERT *et al.*, 2004). A composição do esqueleto difere entre os briozoários de acordo com a sua classe e ordem taxonômica. Há espécies que possuem parede corporal totalmente gelatinosa ou quitinosa, e outras que a camada externa, conhecida como zoécio, é totalmente calcificada (BRUSCA *et al.*, 2016; RYLAND, 2005).

Os briozoários são divididos em três classes (Figura 1): Gymnolaemata Allmann, 1856 (majoritariamente marinhos), Phylactolaemata Allmann, 1856 (exclusivamente dulcícolas) e Stenolaemata Borg, 1926 (exclusivamente marinhos). Atualmente, Gymnolaemata é a classe mais diversa, por devido à extinção de espécies, das classes Phylactolaemata e Stenolaemata (ALMEIDA, 2018; RYLAND, 2005). De acordo com o *World Register of Marine Species – WoRMS*, há cerca de 22.000 espécies registradas, e aceitas, de briozoários, sendo aproximadamente,

6.500 espécies viventes, e 15.500 fósseis. O número real de espécies tanto vivente quanto fóssil é possivelmente bem superior aos registrados. O registro fóssil dos briozoários é extenso, sendo o mais antigo confirmado, datado do período Ordoviciano inferior, cerca de 485 milhões de anos atrás, na China (MA *et al*, 2015).



**Figura 1** – Exemplo de espécies das 3 classes do filo Bryozoa. (A) Classe Gymnolaemata, *Schizoporella errata*. Foto: Leandro M. Vieira. (B) Classe Phylactolaemata, *Cristatella mucedo*. Foto: Jan Hamrsky; (C) Classe Stenolaemata, *Patinella radiata*. Foto: Sonja Huc.

Podem ser encontrados em todos os tipos de ecossistemas aquáticos, água doce, salgada ou salobra (ALMEIDA, 2018; RYLAND, 2005; SCHWAHA, 2021). São amplamente distribuídos geograficamente, já tendo sido documentados em todos os continentes, tanto as espécies dulcícolas quanto as marinhas, e estão presentes em todos os oceanos, inclusive nos glaciais. E a distribuição batimétrica dos briozoários

varia da zona entremarres à plataforma continental rasa e ainda à zona abissal (RYLAND 1970).

Muitos briozoários têm alta tolerância à variação ambiental, como à variação de salinidade. Possuem crescimento rápido e capacidade de se fixarem em diversos tipos de substratos, independentemente da sua rigidez (moles ou duros) e origem (natural ou artificial) (MIRANDA *et al.*, 2018). Essas são algumas das explicações de porque as espécies de Bryozoa são consideradas com maior potencial de se tornarem invasoras (GORDON; MAWATARI, 1992; MIRANDA *et al.*, 2018). Exemplificando esse alto potencial de invasão, muitos briozoários considerados invasores já foram registradas em diferentes regiões ao redor do mundo, sendo transportadas em massas de algas flutuantes (*kelp rafts*), como *Watersipora subatra*, na Alemanha (KUHLENKAMP; KIND, 2013), e *Membranipora membranacea*, na Antártica (AVILA *et al.*, 2020). A capacidade de sobreviver a esses transportes facilita a invasão, chegando ao ponto de afetar negativamente as dinâmicas ecológicas desses ecossistemas.

Interações ecológicas interespecíficas ocorrem nos mais variados ecossistemas, assim não seria diferente com os animais marinhos bioincrustantes. Há vários tipos de interações registradas nessas comunidades, nas quais pelo menos um dos indivíduos participantes é considerado um NIS (BAX *et al.*, 2003, FLOERL *et al.*, 2004; NANDAKUMAR *et al.*, 1993; SIMBERLOFF; VON HOLLE, 1999). As interações interespecíficas envolvendo briozoários, independente do status deles ser introduzido, nativo ou criptogênico, vêm sendo estudadas pela importância de melhor compreender as interações nessas comunidades incrustantes, e principalmente devido aos impactos ambientais e econômicos que as NIS podem causar (LIU *et al.*, 2017; MIRANDA *et al.*, 2018; RUIZ *et al.*, 1997).

Briozoários invasores podem impactar negativamente ecossistemas naturais, como a *Membraniporopsis tubigera*, invasora para o Brasil e Uruguai, podem causar *blooms* que chegam a recobrir 3 km de praia, criando aglomerados de até 30 cm de altura (LÓPEZ GAPPA *et al.*, 2010). Além de impactar negativamente o turismo e a economia das regiões, esse fenômeno desequilibra o ecossistema dessas praias, e esses aglomerados densos podem sufocar organismos que estiverem sob eles (LÓPEZ GAPPA *et al.*, 2010). Saier e Chapman (2004), constataram que o briozoário invasor *Membranipora membranacea* afeta negativamente espécies nativas de algas, e as dinâmicas dessas populações, no

Canadá. A *M. membranacea* incrusta as lâminas das algas, causando deformações, pelo aumento do peso, diminuição da fotossíntese e da liberação de esporos, assim as comunidades nativas de algas tendem a diminuir, facilitando a proliferação de espécies não nativas competidoras, segundo as autoras.

Devido a isso, esse trabalho tem como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre interações ecológicas interespecíficas envolvendo briozoários não nativos, a fim de averiguar como eles impactam o ambiente onde se estabelecem. A partir disso os objetivos específicos seriam:

1. Avaliar a divergência de interações ecológicas entre briozoários, considerando a forma de crescimento das colônias, incrustante ou eretas;
2. Verificar quais os grupos taxonômicos que mais interagiram com briozoários não nativos, a se há diferença para briozoários eretos e incrustantes;
3. Constatar a predominância do status das espécies de interação, sendo nativas, criptogênicas, ou não nativas;
4. Averiguar se há registros de possíveis impactos negativos ao ambiente, com relação as interações registradas;
5. Identificar onde está concentrado, geograficamente, os estudos referentes a essas questões sobre os impactos dos briozoários não nativos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

As análises bibliográficas foram realizadas com pesquisa de artigos em bases de dados disponíveis na internet. As bases de dados utilizadas foram: Researchgate, Scopus, Google Acadêmico, e PubMed. As palavras chaves buscadas nesses agregadores foram: *Bryozoa*, AND (*non-indigenous species* (NIS), OR *non-native species* (NNS), OR *invasive bryozoa*, OR *exotic bryozoa*, OR *alien bryozoa*) AND (*meltown invasion*, OR *positive interactions*, OR *ecology interactions*, OR *competition*). Foi determinado que as pesquisas de bibliografia seriam realizadas na língua inglesa, devido ao maior número de publicações nesse idioma.

Com as bases de dados estabelecidas e as palavras-chaves escolhidas, os artigos passaram por filtragens com base no critério de que o artigo devia tratar, ou citar interações ecológicas interespecíficas, nas quais pelo menos uma das espécies envolvidas fosse um briozoário introduzido ou invasor no local do estudo. Artigos que não se adequaram a esse critério não foram analisados. As referências citadas nos artigos encontrados também passaram por análise, sendo selecionadas com base na pertinência com a temática.

Um artigo, ao ser selecionado, foi lido e planilhado no Excel. As informações foram compiladas de acordo com 26 variáveis (Tabela 1). As primeiras variáveis são as informações básicas sobre o artigo, ou seja, referência e título do artigo, ano e país da publicação. As variáveis subsequentes tratam sobre a natureza da pesquisa, como o tipo do artigo, se foi experimental ou observacional; qual o ambiente que foi realizado, se foi uma marina, golfo ou baía, por exemplo; qual o substrato analisado, natural ou artificial; o tipo do substrato analisado, boia, casco de barco ou rocha, por exemplo; a propriedade do estudo, se foi observada a abundância, reprodução, ou cobertura, por exemplo; e qual a unidade de medida utilizada para essa propriedade.

A identificação das espécies envolvidas na interação é muito importante, sendo caracterizada pelas variáveis reino, filo, classe, ordem, e a espécie, tanto do briozoário envolvido, tanto como da outra espécie na interação. O status delas na região onde ocorreu a interação também foi anotado (introduzida (NIS), para a espécie focal, e ainda se introduzida, nativa ou criptogênica, para a segunda espécie). Para o briozoário focal, a forma da colônia foi classificada como

incrustante ou ereta, para averiguar se há implicações nas interações. Para a segunda espécie foi registrada a forma de vida, se é sésil ou vágil.

As outras variáveis referem-se à interação documentada no artigo analisado, isto é, qual a interação registrada entre as duas espécies envolvidas (ex: facilitação, competição); os mecanismos dessa interação ecológica (ex: crescimento excessivo da colônia e recobrimento da colônia vizinha - *overgrowth*; sombreamento, criação de substrato - *bioengineering*) e se o impacto dessa associação é negativo ou positivo, para o briozoário focal, e para a outra espécie na interação.

**Tabela 2:** Variáveis utilizadas para planilhar os artigos analisados.

Informações sobre o artigo	Natureza da pesquisa	Briozoário focal	Espécies não focais
Título	Tipo do estudo	Classe	Reino
Ano	Ambiente	Ordem	Filo
País da pesquisa	Substrato	Família	Ordem
	Tipo de substrato	Espécie	Espécie
	Propriedade do estudo	Forma da colônia	Forma de vida
	Unidade de medida	Interação ecológica	Status da espécie
		Mecanismo da interação	Impacto da interação ecológica
		Impacto da interação ecológica	

Todas os nomes das espécies foram checados na plataforma *Word register of marine species – WoRMS*, para averiguar se o nome descrito no artigo ainda era válido, caso contrário a nomenclatura aceita foi utilizada. As hierarquias filogenéticas de todas as espécies citadas no presente trabalho foram utilizadas de acordo com as disponíveis nesta plataforma.

Informações não obtidas no artigo analisado, porém encontradas em outra literatura, como o status de invasão de uma espécie para a região estudada, foram utilizadas. Porém caso a informação não tenha sido encontrada utilizou-se N/A (*not applicable/no answer*).

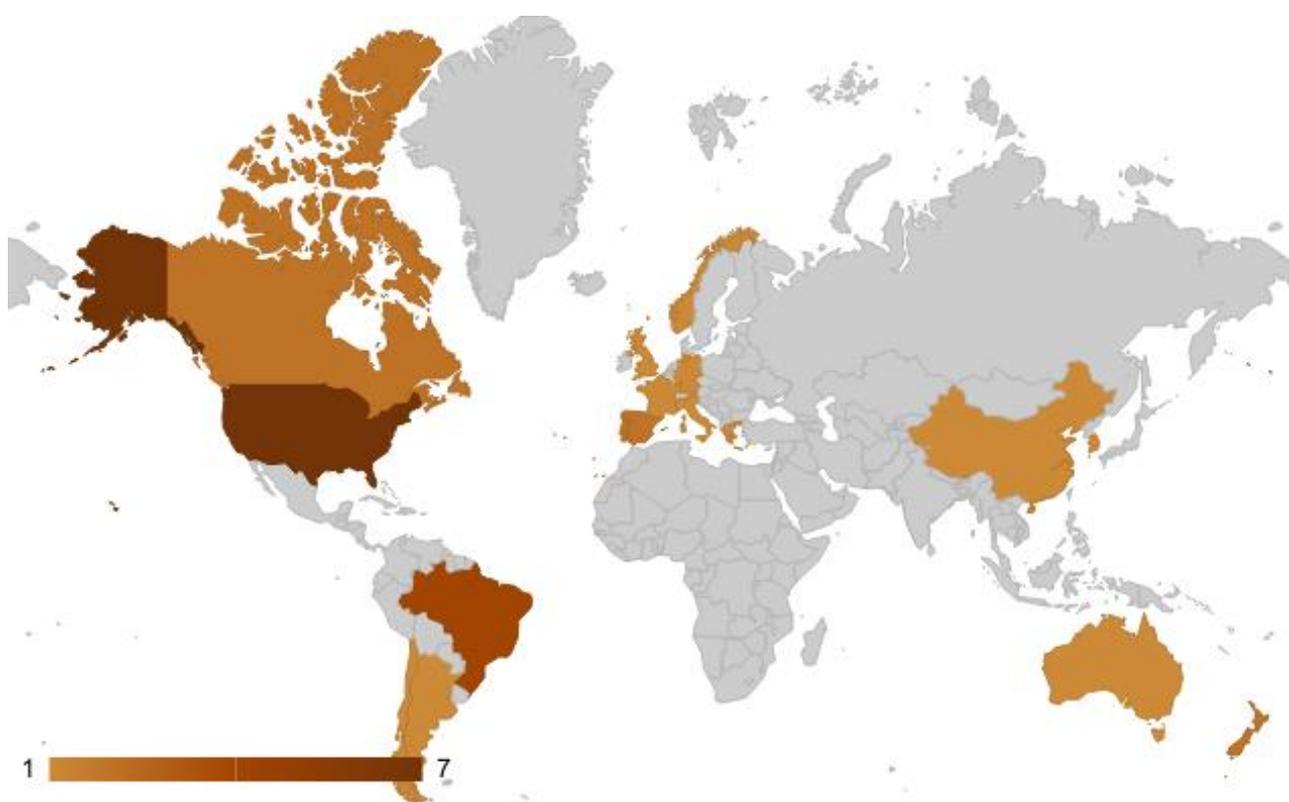
Dados como impactos com relação ao *status* das espécies e forma de vida, foram avaliados.

## 2.2 ANÁLISES

A partir dos dados planilhados foram realizadas as análises estatísticas, no Excel. Foram gerados gráficos a fim de exemplificar as distribuições geográficas dos artigos analisados, e as relações entre a forma da colônia do briozoário introduzido com os tipos de táxons qual foram registradas interações, e se essa forma é significativa para a seleção do tipo de interação.

### 3 RESULTADOS

De acordo com o critério estabelecido foram encontrados e analisados inicialmente 103 artigos, sendo que somente 31 destes tratavam de interações interespecíficas com briozoários introduzidos. Essas pesquisas estão distribuídas entre 17 países e a Antártica (Figura 2). Os Estados Unidos da América foi o país com maior número de artigos - 7, seguido do Brasil, com 4, Canada, Espanha, Nova Zelândia e Portugal, com 2, e Alemanha, Antártica, Argentina, Austrália, Chile, China, Coreia do Sul, França, Grécia, Itália, Irlanda do Norte e Noruega, com 1 artigo.



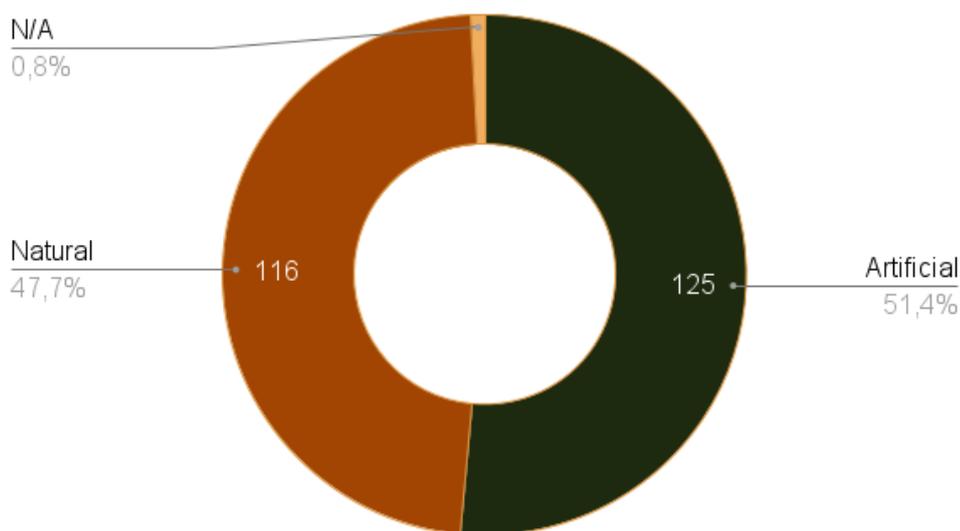
\*Exceto Antártica.

**Figura 2** – Distribuição geográfica dos estudos, com indicação do número de artigos encontrados tratando de interações ecológicas com um briozoário introduzido.

Em relação à natureza das pesquisas realizadas nos artigos, 4 trataram de uma pesquisa observacional, sendo o restante, pesquisas experimentais.

Os ambientes estudados foram portos, marinas, baías, estuários e outros ambientes litorâneos não especificados nos artigos. Nesses ambientes, vários substratos foram analisados; dos artificiais, que abrangem 51,4% dos registros, os principais foram placas de PVC (de pesquisas experimentais), substratos duros (ex.

estruturas de concreto e boias), e barcos, principalmente nos cascos. Dos naturais, que foram 47,7% dos registros (Figura 3), poucos foram abióticos (rochas), a maioria foi biótico (organismos vivos), principalmente briozoários, mas houve registros sobre algas e crustáceos (cirrípédios). Somente 0,8% dos substratos, em que houve uma interação registrada, não foi possível identificar.



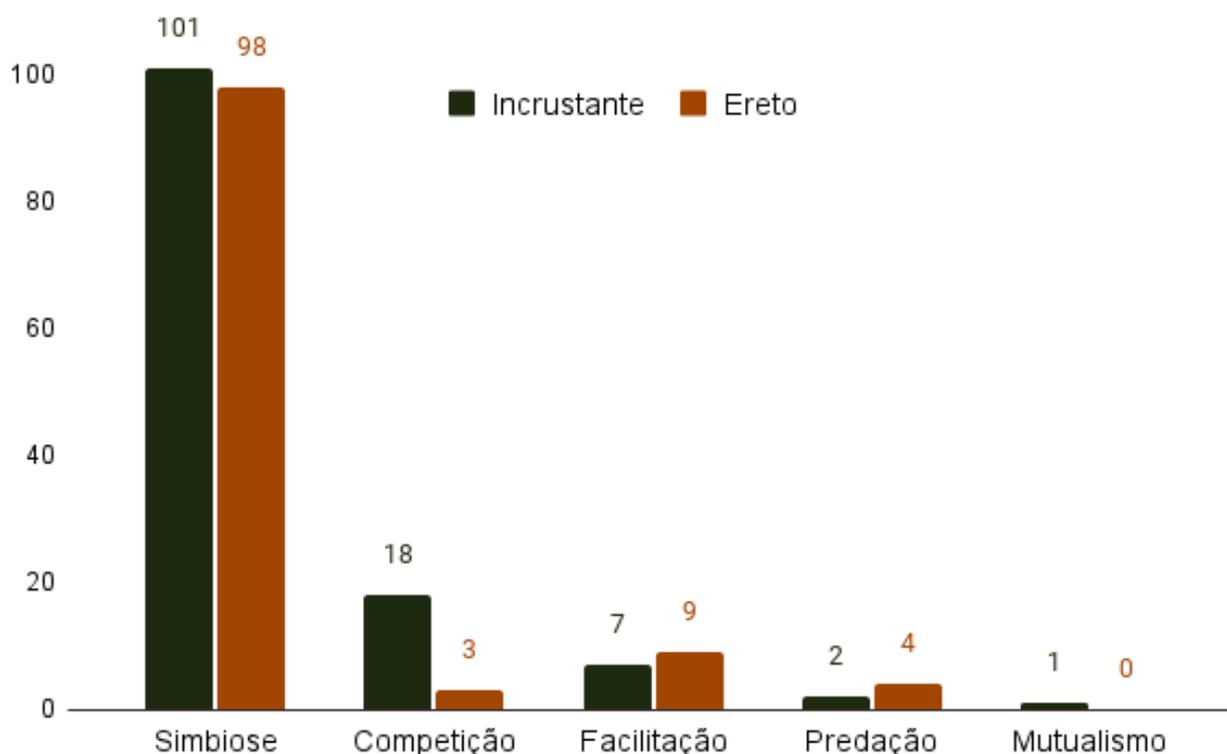
**Figura 3** – Origem dos substratos, artificial ou natural, em que foram observadas interações interespecíficas com briozoários introduzidos. N/A - *not applicable/no answer*

Os táxons de briozoários introduzidos focais envolvidos nas relações interespecíficas estudadas foram 25 espécies, distribuídas entre 2 ordens, Cheilostomatida e Ctenostomatida, e 14 famílias (Tabela 2). As duas formas de colônia, incrustantes e eretas, foram relatadas. Já as espécies não-focais envolvidas nas interações foram 201, distribuídas entre 3 reinos: Plantae com 1 filo (Rhodophyta), 2 ordens (Halymeniales e Corallinales) e 2 espécies; Chromista com 1 filo (Ochrophyta), 3 ordens (Bryopsidales, Fucales e Laminariales) e 11 espécies; e Animalia com 8 filos (Annelida, Arthropoda, Bryozoa, Chordata, Cnidaria, Echinodermata, Mollusca e Porifera), 49 ordens e 188 espécies.

**Tabela 2:** Lista de briozoários introduzidos focais, com registros de interações interespecíficas, e a forma de crescimento da colônia.

Táxon	Forma da colônia	Número de interações registradas
<b>Ctenostomatida</b>		
Buskiidae		
<i>Buskia nitens</i> Alder, 1857	Incrustante	1
Nolellidae		
<i>Anguinella palmata</i> Van Beneden, 1845	Ereta	1
Vesiculariidae		
<i>Amathia distans</i> Busk, 1886	Ereta	2
<i>Amathia gracilis</i> (Leidy, 1855)	Ereta	3
<i>Amathia verticillata</i> (delle Chiaje, 1822)	Ereta	17
<b>Cheilostomatida</b>		
Bugulidae		
<i>Bugula neritina</i> (Linnaeus, 1758)	Ereta	71
<i>Bugulina stolonifera</i> (Ryland, 1960)	Ereta	1
Candidae		
<i>Tricellaria inopinata</i> d'Hondt & Occhipinti Ambrogi, 1985	Ereta	13
Catenicellidae		
<i>Catenicella paradoxa</i> Rosso, 2009	Ereta	2
Cryptosulidae		
<i>Cryptosula pallasiana</i> (Moll, 1803)	Incrustante	2
Electridae		
<i>Conopeum reticulum</i> (Linnaeus, 1767)	Incrustante	2
<i>Conopeum seurati</i> (Canu, 1928)	Incrustante	7
Membraniporidae		
<i>Biflustra irregularata</i> (Liu, 1991)	Incrustante	1
<i>Biflustra puelcha</i> (d'Orbigny, 1842)	Incrustante	1
<i>Membranipora membranacea</i> (Linnaeus, 1767)	Incrustante	12
Phidoloporidae		
<i>Triphyllozoon arcuatum</i> (MacGillivray, 1889)	Ereta	2
Savignyellidae		
<i>Savignyella lafontii</i> (Audouin, 1826)	Ereta	1
Schizoporellidae		
<i>Schizoporella errata</i> (Waters, 1878)	Incrustante	36
<i>Schizoporella japonica</i> Ortmann, 1890	Incrustante	1
<i>Schizoporella unicornis</i> (Johnston in Wood, 1844)	Incrustante	2
Sinoflustridae		
<i>Membraniporopsis tubigera</i> (Osburn, 1940)	Ereta	1
Watersiporidae		
<i>Watersipora arcuata</i> Banta, 1969	Incrustante	1
<i>Watersipora</i> sp.	Incrustante	2
<i>Watersipora subatra</i> (Ortmann, 1890)	Incrustante	3
<i>Watersipora subtorquata</i> (d'Orbigny, 1852)	Incrustante	58

A quantidade de interações interespecíficas registradas foi de 244, classificados em cinco tipos de interações: competição, facilitação, mutualismo, predação e simbiose, sendo que esta última foi a mais frequente (Figura 4). O mecanismo de interação mais frequente foi a epibiose, seguida de sobreposição, alimentação, e inibição, respectivamente.

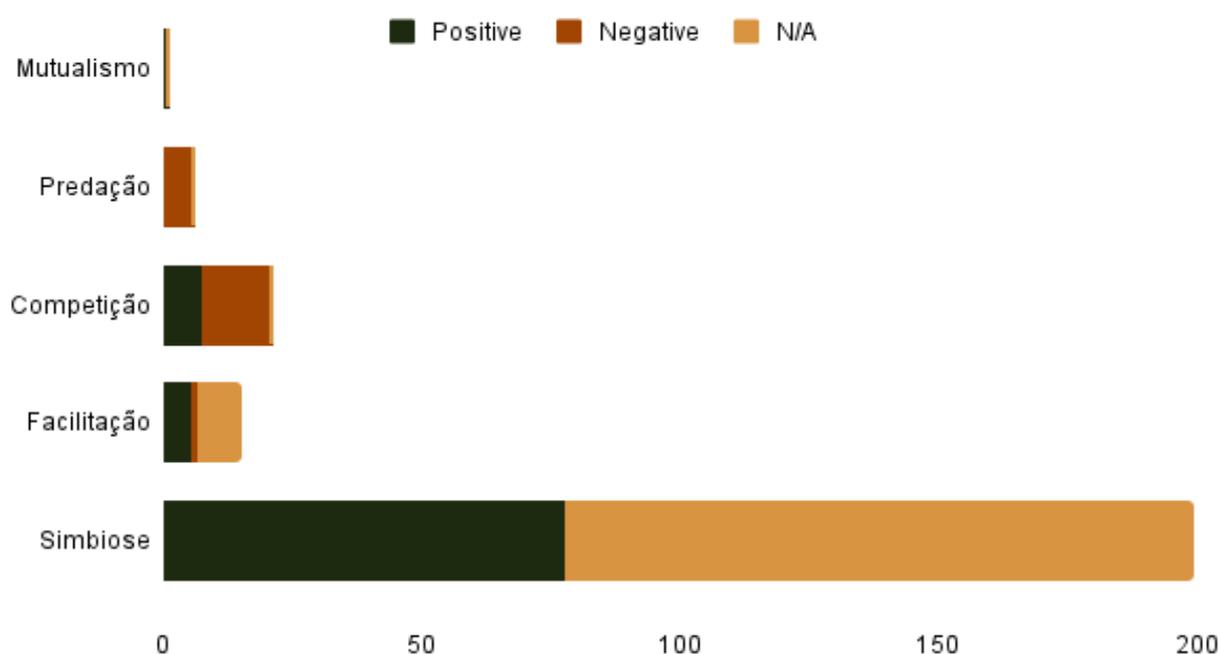


**Figura 4** – Frequência dos tipos de interação interespecíficas registradas de acordo com a forma de crescimento (ereto ou incrustante) dos briozoários introduzidos focais.

As espécies de briozoários introduzidos com maior número de registros foram *Bugula neritina*, com 71 interações, *Watersipora subtorquata* com 58 e *Schizoporella errata* com 36. Para a grande maioria das espécies apenas uma ou duas interações foram relatadas. O táxon que mais interagiu com os briozoários introduzidos focais foi a ordem Amphipoda, com 36 interações.

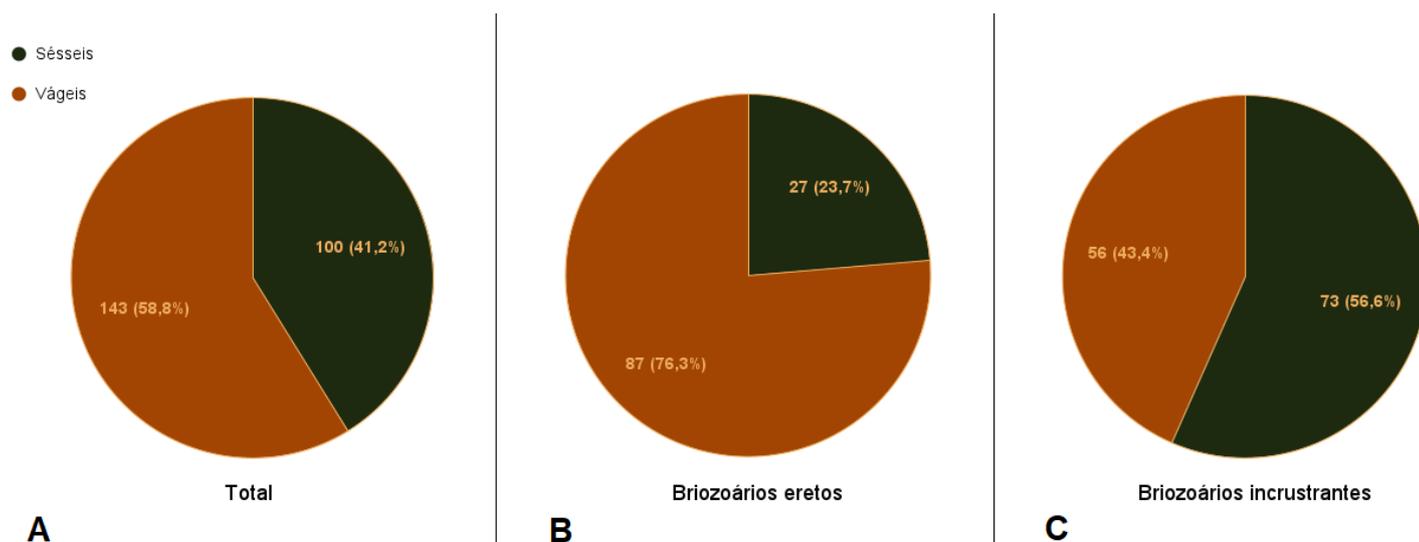
Em relação a forma da colônia do briozoário introduzido focal, dos 244 registros, 129 foram de espécies incrustantes e 114 de eretas. Com os dados coletados, a relevância dessas formas de colônia em relação às diferentes interações não parece ser significativa, com exceção da competição, três vezes mais frequentemente observada quando o briozoário focal é incrustante (Figura 4).

Referente aos impactos observados para os briozoários introduzidos focais, em sua maioria não foi possível constatar se o impacto foi positivo ou negativo, principalmente para as interações de simbiose e facilitação, estes foram consideradas como sem resposta (N/A - *not applicable/no answer*). Para as interações de impacto positivo, prevaleceu a simbiose, seguida de competição, facilitação e mutualismo. Para as interações de impacto negativo, competição, predação e facilitação foram as mais observadas, sucessivamente (Figura 5).



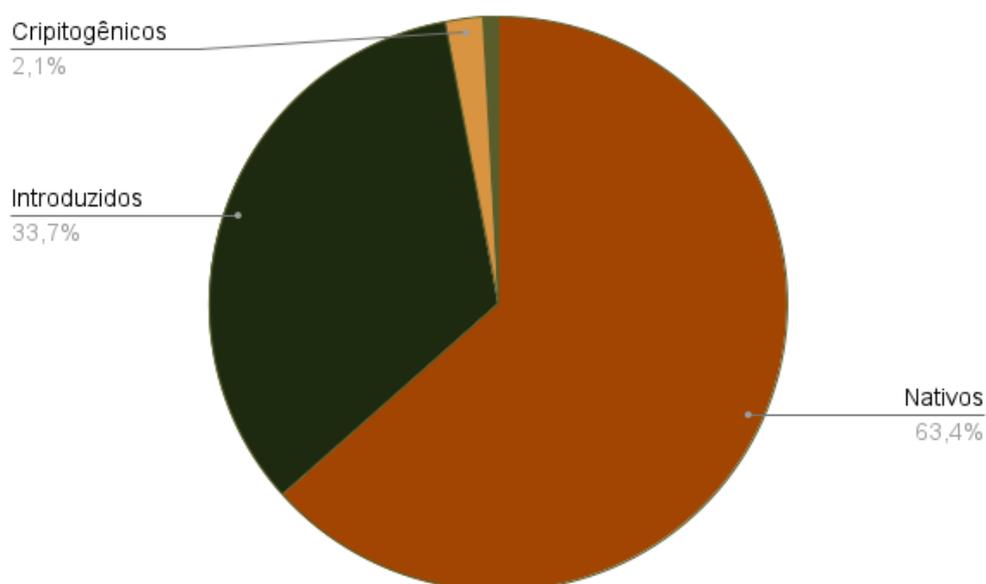
**Figura 5** – Número de registros do tipo de impacto observado para os briozoários introduzidos focais de acordo com a natureza da interação. N/A - *not applicable/no answer*

Ao comparar as diferentes formas das colônias de Bryozoa com a forma de vida (*séssil* ou *vágil*) da segunda espécie na interação, observamos que briozoários eretos interagem muito mais com a comunidade *vágil*, divergindo dos briozoários incrustantes que interagem mais com a comunidade *séssil* (Figura 6).



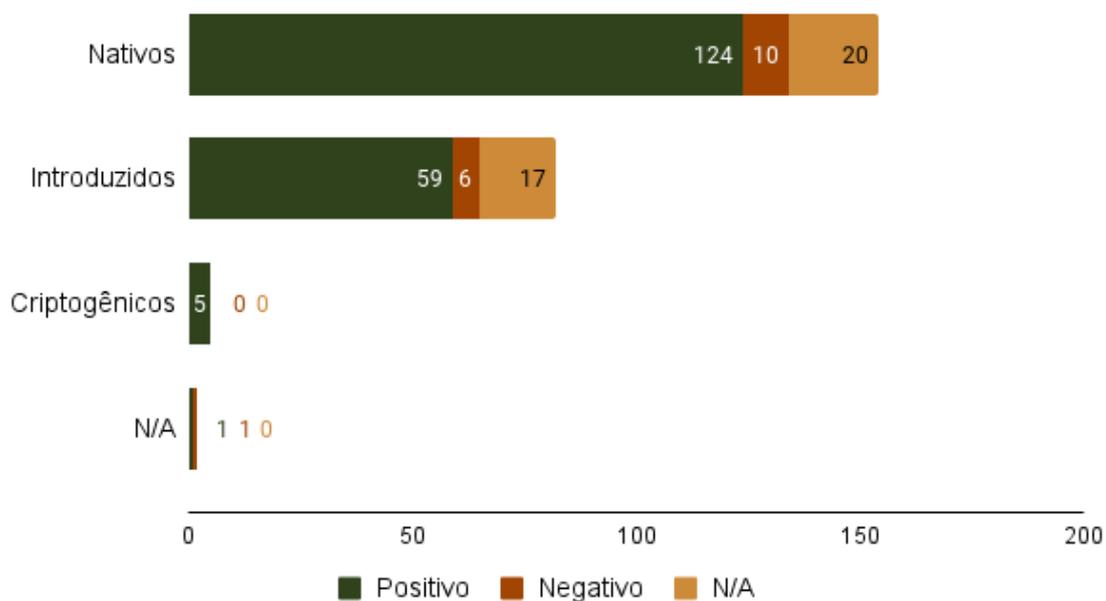
**Figura 6** – Porcentagem de interações dos briozoários focais com espécies sésseis e vágeis. (A) total de interações independente da forma de crescimento do briozoário focal; (B) quantificação das interações dos briozoários focais eretos com as diferentes formas de vida; (C) quantificação das interações dos briozoários focais incrustantes com as diferentes formas de vida.

As 201 espécies que interagiram com briozoários, abrangeram todos os possíveis *status* para as regiões analisadas nos artigos, sendo que as nativas foram mais presentes que introduzidas (Figura 7).



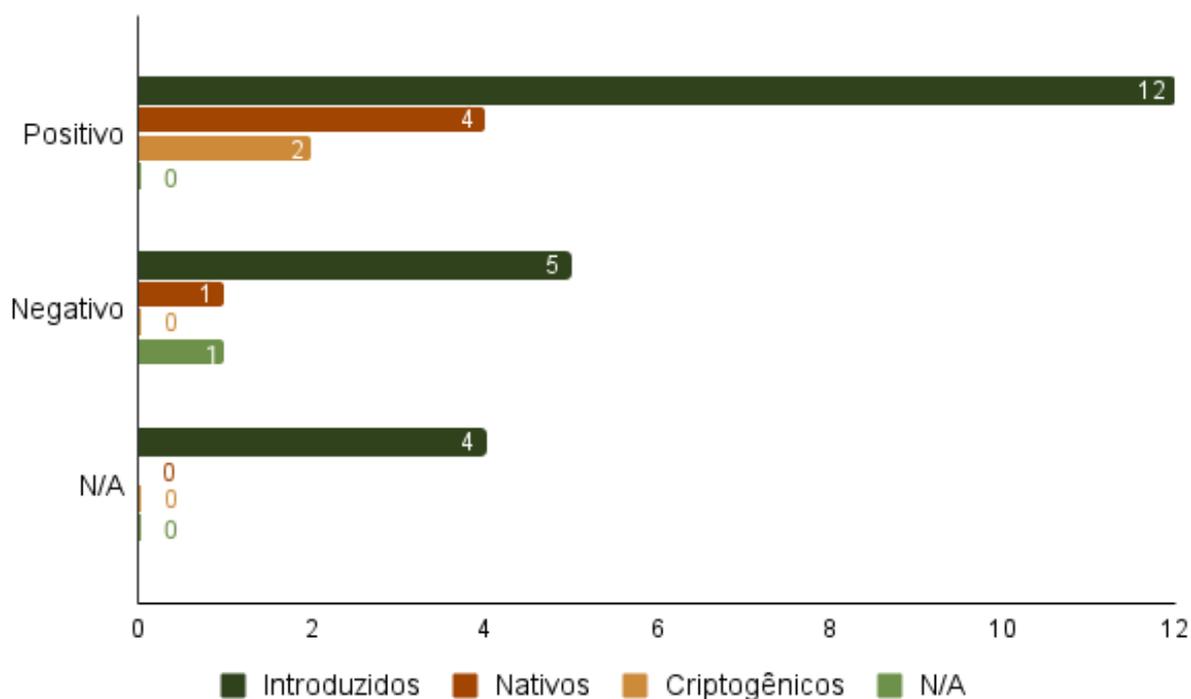
**Figura 7** – Porcentagem dos *status* de bioinvasão das segundas espécies das interações.

Os resultados demonstram que os impactos positivos para a segunda espécie da interação com os briozoários introduzidos focais prevaleceram, independente do *status* de bioinvasão da segunda espécie (Figura 8)



**Figura 8** – Número de registros do tipo de impacto observado para as segundas espécies nas interações com briozoários introduzidos focais, com relação ao status delas. N/A - *not applicable/no answer*.

Houve 29 registros de interações na qual um briozoário não focal da interação. Foram 19 espécies não focais de briozoários, dentre esses, 12 eram introduzidos, 4 nativos e 2 criptogênicas e 1 N/A. Os impactos nos briozoários não focais, foram em sua maioria positivos (18 registros contra 7 negativos e 4 N/A, Figura 9), principalmente quando a espécie não focal também era introduzida.



**Figura 9** – Número de registros de impactos positivos e negativos na segunda espécie de briozoário nas interações entre duas espécies de briozoários. N/A - *not applicable/no answer*.

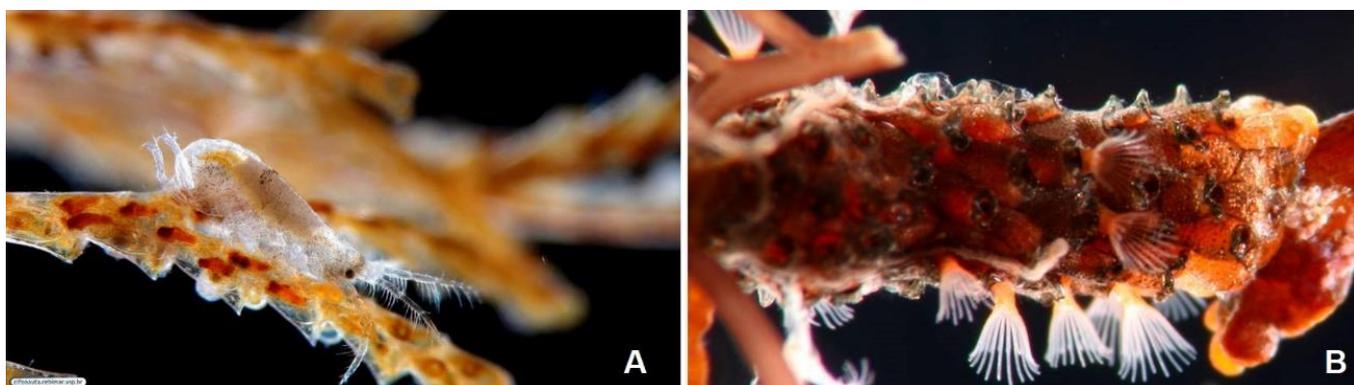
## 4 DISCUSSÃO

Briozoários marinhos são estudados desde o século XVIII, possivelmente devido às grandes navegações desse período, as quais possibilitaram o contato com novas espécies. Outro fator seria o fato de os cascos dos barcos proporcionarem um substrato “limpo”, no qual a comunidade incrustante poderia iniciar uma nova colonização, sendo os briozoários um dos primeiros e principais representantes da comunidade bioincrustante e que se tornaram abundantes nestes cascos (GORDON; MAWATARI, 1992; RAILKIN, 2005). Devido a isso, tradicionalmente a maioria dos estudos sobre esse táxon são oriundos da Europa, por isso a maioria dos países europeus que possuem costa, foram representados na análise de distribuição geográfica dos artigos analisados neste trabalho. Porém, os Estados Unidos da América (EUA) e Brasil, respectivamente, tiveram a maior quantidade de artigos por país. Como os EUA é o segundo país que mais publica artigos do mundo (WHITE, 2019), é coerente estar em primeiro lugar, mas também é um país que possui um extenso litoral em dois oceanos, o Atlântico e Pacífico, além de ser uma das principais economias atuais, conseqüentemente há muita circulação de navios em seus portos, e como as embarcações marinhas são um dos principais vetores de introduções, várias pesquisas sobre espécies NIS são realizadas nesses países. Já o Brasil, mesmo sendo um país com uma extensa costa marinha, não possui uma tradição histórica de pesquisas focadas em briozoários, porém nas últimas duas décadas houve um aumento no levantamento taxonômico desse filo no país incluindo espécies introduzidas (ALMEIDA, 2018; VIEIRA *et al.*, 2008). Com esses resultados conseguimos averiguar que há uma desigualdade na distribuição dos trabalhos, já que houve regiões que não foram contempladas, como o continente Africano. Conseqüentemente há poucos registros de interações interespecíficas com briozoários introduzidos nas costas africanas.

Os resultados referentes aos tipos de substratos em que os briozoários introduzidos foram encontrados convergem com a literatura. Os briozoários, devido a serem animais sésseis, estabelecem-se majoritariamente em substratos duros (RAILKIN, 2005), sendo que as espécies de forma de crescimento incrustantes, tendem a ocorrer mais em substratos efêmeros, como algas (MCKYNNY; JACKSON, 1991). Em relação ao ambiente, a incrustação ocorreu predominantemente em substratos artificiais de portos e marinas. Esses substratos como facilitadores da bioincrustação de espécies introduzidas, vem sendo

amplamente estudados (CANGUSSU *et al.*, 2010; TYRRELL; BYERS, 2007; GIANGRANDE *et al.*, 2021), principalmente devido a muitas espécies introduzidas, principalmente briozoários, serem tolerantes a diferentes composições químicas desses substratos, diferentemente de espécies nativas (FLOERL *et al.*; PIOLA; JOHNSTON, 2009). Cascos de embarcações são o principal substrato para briozoários não-nativos, facilitando as invasões e dispersões dessas espécies (MIRANDA *et al.*, 2018).

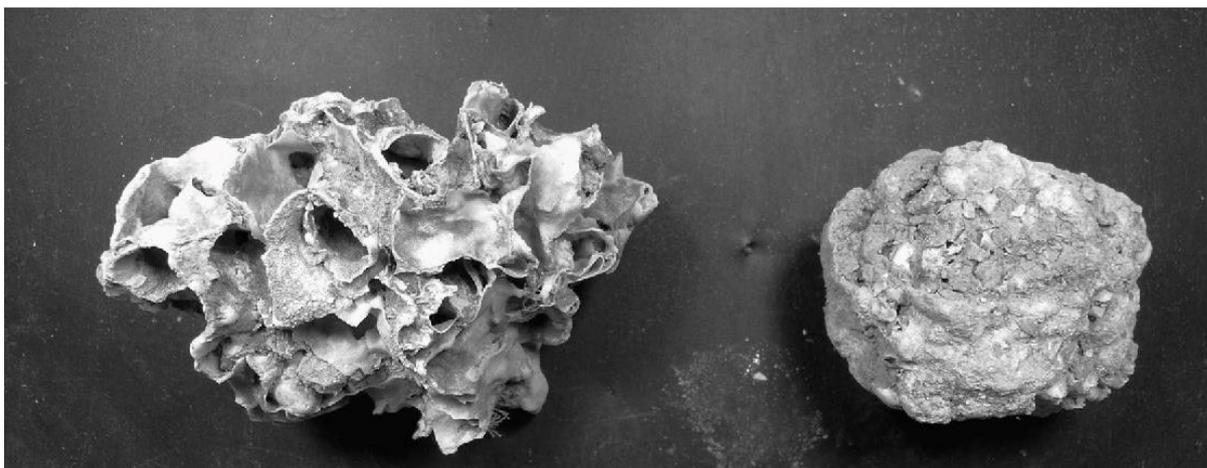
Há diversas interações que podem ocorrer entre briozoários e os mais diferentes organismos, sendo que o mecanismo mais frequente é a epibiose, independente da forma de vida do epibionte ser sésil ou vágil. Esta ocorre principalmente em ambientes aquáticos, e consiste na associação entre um organismo substrato (basibionte) e um organismo colonizador (epibionte) (GAMA; PEREIRA; COUTINHO, 2009; HARDER, 2008). Briozoários eretos, em sua maioria, são basibiontes para organismos de vida livre, e epibiontes sobre os sésseis, ao contrário dos de vida incrustante que, geralmente são basibiontes ou epibiontes de organismos sésseis (Figura 10). Isso se dá principalmente pelas diferenças de complexidade das colônias, já que as eretas são dificilmente incrustadas por outros organismos, assim animais vageis se aproveitam da tridimensionalidade para se camuflarem, por exemplo. Diferente dos incrustantes, que formam estruturas relativamente mais planas, favorecem a incrustação de outros animais sobre eles, além de que, de acordo com os registros desde trabalho, e com a literatura, esses briozoários incrustam algas em maior quantidade do que os eretos, contribuindo para essas diferenças de relações.



**Figura 10** – Interações interespecíficas com briozoários, com mecanismo de epibiose; (A) Briozoário ereto, *Bugula neritina*, como basibionte, para um crustáceo epibionte; (B) Briozoário incrustante, *Watersipora subtorquata*, como epibionte sobre uma *Rhodophyta* (basibionte). FONTE: Leandro M. Vieira, banco de imagens, Cifonauta.

Briozoários podem ser considerados engenheiros de ecossistemas (SANTAGATA *et al.*, 2018; WOOD *et al.*, 2012), ou seja, são organismos que criam, modificam e mantêm habitats (GUTIÉRREZ *et al.*, 2003). Uma das formas em que esses animais criam esses habitats é pelo crescimento multilamelar da colônia, geralmente em torno de uma concha de molusco, formando briolitos (KLICPERA, *et al.*, 2013). Um grande conjunto de briolitos pode constituir recifes de briozoários (ZABIN *et al.*, 2010). Essa estrutura cria um habitat para outras espécies, modificando o ambiente, o que pode gerar impactos negativos ao ecossistema, caso o briozoário seja introduzido. De acordo com Zabin *et al.* (2010), briolitos da espécie *Schizoporella errata*, briozoário de forma incrustante e esqueleto calcário, introduzido para a Califórnia (Figura 11), facilitam a introdução de espécies não-nativas, pois criam um substrato rígido, que é raro na região. Assim, espécies que normalmente não se estabeleceriam ali encontram nos Briolitos um habitat, como as espécies invasoras, a anêmona *Diadumene leucolena*, predadora de larvas de ostras, e o gastrópode *Urosalpinx cinerea*, conhecido como broca de ostras do Atlântico, o qual também é um predador voraz em muitas regiões do globo. Essas espécies são só um dos exemplos, segundo os autores, que podem comprometer as espécies nativas da região. Interações como estas são positivas para as espécies introduzidas que estão interagindo, e podem ser consideradas uma invasão “*meltown*” (SIMBERLOFF; VON HOLLE, 1999), na qual uma espécie não nativa facilita a introdução de outra espécie também não nativa, em um ambiente.

Nos resultados obtidos no presente trabalho, as interações entre os briozoários e outras espécies introduzidas, abrangem cerca de 33% das interações, em sua maioria com efeito positivo. Essas interações podem ser uma facilitação “*meltown*”, porém na maioria dos artigos analisados a interação era descrita de forma breve, em sua maioria só havia o relato de um briozoário incrustando um molusco, por exemplo. Desta forma, não há como inferir com exatidão qual interação estava ocorrendo e esses casos foram classificados como simbiose com mecanismo de epibiose. Como foram incluídos na tabela artigos que apenas reportavam a interação entre espécies, sem estudo aprofundado o impacto ao briozoário, nessas interações, também não pode ser inferido e, devido a isso, uma grande parte dos impactos foram registrados como N/A.



**Figura 11** – Formas de Briolitos, de *Schizoporella errata*, encontrados por Zabin et al (2010) na Baía de São Francisco, California, EUA.

Competição foi um tipo de interação mais bem caracterizada nos artigos, principalmente entre briozoários incrustantes, quando o mecanismo utilizado é o de crescimento sobre seus competidores (*overgrown*). Esse modo de competição ocorre muito nos ambientes marinhos, entre animais incrustantes, por espaço (RUSS, 1982). Há espécies de briozoários incrustantes que são consideradas altamente invasoras em diversos lugares, como as do gênero *Watersipora*. Esse complexo de espécies é um vasto objeto de estudo, devido a algumas espécies terem alta resistência à tinta antiincrustação (FLOERL, *et al.*, 2004) e à poluição por cobre, podendo até se beneficiar com a alta concentração deste metal (MACKENZIE *et al.*, 2012), incrustarem os mais diversos substratos, artificiais e naturais (GORDON; MAWATARI, 1992), terem a capacidade de autofecundação, facilitando o transporte de longas distâncias (COHEN, 2011), e serem competidoras agressivas, inibindo outras espécies (GORDON; MAWATARI, 1992), ou as sobrepondo fisicamente (LIU *et al.*, 2017). Floerl *et al.* (2004), demonstrou que essa resistência às tintas antiincrustantes, faz com que *Watersipora subtorquada*, espécie invasora, fosse a única a conseguir incrustar sobre um substrato pintado, criando um ambiente não tóxico para o recrutamento de outras espécies, também exóticas, sobre as colônias. Segundos os autores, essa interação também pode ser considerada uma facilitação, por invasão “*meltdown*”.

Pederson & Peterson (2002), realizaram um levantamento da fauna de vida livre associada com o briozoário *Bugula neritina*, introduzido para o Golfo do México, e encontraram um total de 69 táxons diferentes vivendo neste briozoário, tanto de invertebrados e vertebrados, principalmente juvenis de peixes. Todas as espécies encontradas são consideradas nativas para a região. Nesse ambiente *B. neritina*, um

briozoário ereto, forma emaranhados que podem ficar flutuando sobre a coluna d'água, ou incrustados no fundo, facilitando a colonização por diferentes táxons. Essa interação, mesmo sendo positiva para os epibiontes, indiretamente afeta a associação destes com espécies de algas nativas, já que estas seriam o substrato naturalmente utilizado e que vem sendo substituído por briozoários. Além desse impacto, esses aglomerados de *Bugula*, podem flutuar por quilômetros, o que pode causar introduções das espécies epibiontes em outras regiões.

As análises do presente trabalho demonstram que a associação de briozoários introduzidos, com espécies nativas, abrangeu aproximadamente 63% das interações registradas, sendo que a maioria foi considerada de impacto positiva para as nativas, já que muitas utilizaram briozoários de abrigos contra predadores, e de berçários para juvenis, ou seja, conseqüentemente essas associações aumentaram o impacto populacional de muitas espécies nativas. Essa situação pode ser explicada por duas hipóteses: a) o briozoário introduzido já estar bem estabelecido na região, assim já criou uma relação mais intrínseca com a comunidade nativa; b) a maioria das espécies nativas que interagem com briozoários introduzidos são generalistas, para o substrato.

Além da interação com os mais diferentes táxons, também foi observada a interação entre briozoários de diferentes espécies, principalmente entre colônias eretas como epibiontes de colônias incrustantes, resultando em uma interação positiva para as eretas. Como poucas espécies eram nativas, não foi possível averiguar se existe efetivamente mais impacto positivo do que negativo para espécies nativas. Já para as introduzidas há mais registros positivos do que negativos, podendo haver um viés de facilitação entre briozoários.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou que briozoários não nativos impactam as relações interespecíficas da região onde se estabelecem, pois criam diferentes ambientes que facilitam o recrutamento de diversas espécies, independente do status ser nativa ou introduzida. Além de que a forma de crescimento do briozoário influencia as espécies com que mais interage, assim briozoários incrustantes e eretos, influenciam de maneira diferente as comunidades.

Mesmo que a maioria das interações tenham apresentado efeitos positivos, as análises ocorreram somente entre as duas espécies que interagiram diretamente com contato físico, assim possivelmente muitos outros táxons podem ter sido afetados indiretamente, com grande possibilidade de um efeito negativo, já que os briozoários têm a capacidade de modificar os ecossistemas onde se estabelecem.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Recomenda-se a realização de trabalhos futuros testando o impacto dessas interações em médio e longo prazo, principalmente os indiretos, isso é, nas espécies que não interagem fisicamente briozoários introduzidos. A autora do presente trabalho, incentiva mais estudos sobre briozoários, independente da natureza da pesquisa, principalmente em regiões mais negligenciadas em pesquisas sobre esse táxon, pois briozoários são ótimos modelos para as mais diversas pesquisas, tanto taxonômicas quanto ecológicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. C. S. Taxonomia dos briozoários marinhos do estado da Bahia. 2018. 514 f. Tese (Doutor em Biologia Animal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.
- ANIL, A.C.; VENKAT, K.; SAWANT, S.S.; DILEEPKUMAR, M.; DHARGALKAR, V.K.; RAMAIAH, N.; HARKANTRA, S.N.; ANSARI Z.A. Marine bioinvasion: Concern for ecology and shipping. **Current Science**, v. 83, n. 3, p. 214-218, 2002.
- BAX, N. et al. Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity. **Marine Policy**, v. 27, n. 4, p. 313–323, 2003.
- BLACKBURN, T. M.; PYŠEK, P.; BACHER, S.; CARLTON, J. T.; DUNCAN, R. P.; JAROŠÍK, V.; WILSON, J. R. U.; RICHARDSON, D. M. A proposed unified framework for biological invasions. **Trends in ecology & evolution**, v. 26, n. 7, p. 333-339, 2011.
- BOCK, P.E. Bryozoans (Phylum Bryozoa). In: Shepherd SA, Thomas IM (Eds.) **Marine Invertebrates of Southern Australia Part 1**. Adelaide, South Australian Government. p. 319-394. 1982.
- CANGUSSU, L. C.; ALTVATER, L.; HADDAD, M. A.; CABRAL, A. C.; HEYSE, H. L.; ROCHA, R. M. Substrate type as a selective tool against colonization by non-native sessile invertebrates. **Brazilian Journal of oceanography**, v. 58, p. 219-231, 2010.
- FLOERL, O; POOL, T. K.; INGLIS, G. J. Positive interactions between nonindigenous species facilitate transport by human vectors. **Ecological Applications**, v. 14, n. 6, p. 1724-1736, 2004.
- GAMA, B. A. P.; PEREIRA, R. C.; COUTINHO, R. Bioincrustacao marinha. In: Pereira RC, Soares-Gomes A. **Biologia Marinha**. nº2. p. 299–318 Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2009. 443-72.
- GIANGRANDE, A.; ARDUINI, D.; BORGHESE, J.; DEL PASQUA, M.; LEZZI, M.; PETROCELLI, A.; CECERE, E.; LONGO, L.; PIERRI, C. Macrobenthic success of non-indigenous species related to substrate features in the Mar Grande of Taranto, Italy (Mediterranean Sea). **BioInvasions Record**, v. 10, n. 2, 2021
- GORDON, D. P.; MAWATARI, S. F. Atlas of marine-fouling Bryozoa of New Zealand ports and harbours. **Miscellaneous publication New Zealand Oceanographic Institute**, v. 107, n. 1, p. 1–52, 1992.
- GUTIÉRREZ, J. L.; JONES, C. G.; STRAYER, D. L.; IRIBARNE, O. O. Mollusks as ecosystem engineers: the role of shell production in aquatic habitats. **Oikos**, v. 101, n. 1, p. 79-90, 2003.
- HAGEMAN, S. J.; BOCK, P. E.; BONE, Y.; MCGOWRAN, B. Bryozoan growth habits: classification and analysis. **Journal of Paleontology**, v. 72, n. 3, p. 418-436, 1998.

HARDER, T. Marine Epibiosis: Concepts, Ecological Consequences and Host Defence. In: Springer Series on Biofilms. **Springer**, p. 1-13, 2008.

HAYWARD, P. J. The Cheilostomata (Bryozoa) of the deep sea. **Galathea Rep**, v. 15, p. 21-68, 1981.

KLICPERA, A.; TAYLOR, P. D.; WESTPHAL, H. Bryoliths constructed by bryozoans in symbiotic associations with hermit crabs in a tropical heterozoan carbonate system, Golfe d'Arguin, Mauritania. **Marine Biodiversity**, v. 43, p. 429-444, 2013.

KUHLENKAMP, R.; KIND, B. Arrival of the invasive *Watersipora subtorquata* (Bryozoa) at Helgoland (Germany, North Sea) on floating macroalgae (*Himanthalia*). **Marine Biodiversity Records**, v. 6, p. e73, 2013.

KUKLINSKI, P. Moss animals, Bryozoa. In: Schories, D & Kohlberg G (eds.). **Marine Wildlife, King George Island, Antarctica**. Dirk Schories Publications, 2016.

LIU, H.; ZÁGORŠEK, K.; WANG, S.; MA, S.; TAYLOR, P. D. Interactions between *Cryptosula* and *Watersipora* (Bryozoa: Cheilostomata) on a ship's hull in Qingdao Harbour (South Yellow Sea) after five and a half years of immersion. **Chinese Journal of Oceanology and Limnology**, v. 35, n. 5, p. 1179-1188, 2017.

LOPES, R. M. (Org) Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil. 2009. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

LÓPEZ GAPPA, J.; CARRANZA, A.; GIANUCA, N. M.; SCARABINO, F. *Membraniporopsis tubigera*, an invasive bryozoan in sandy beaches of southern Brazil and Uruguay. **Biological Invasions**, v. 12, p. 977-982, 2010.

MA, J.; TAYLOR, P. D.; XIA, F.; ZHAN, R. The oldest known bryozoan: *Prophyllodictya* (Cryptostomata) from the lower Tremadocian (Lower Ordovician) of Liujiachang, south-western Hubei, central China. **Palaeontology**, v. 58, n. 5, p. 925-934, 2015.

MCKINNEY, F. K.; JACKSON, J. B. C. **Bryozoan evolution**. University of Chicago Press, 1991.

NANDAKUMAR, K.; TANAKA, M.; KIKUCHI, T. Interspecific competition among fouling organisms in Tomioka Bay, Japan. **Marine Ecology-Progress Series**, v. 94, p. 43-43, 1993.

PIOLA, R. F.; JOHNSTON, E. L. Comparing differential tolerance of native and non-indigenous marine species to metal pollution using novel assay techniques. **Environmental Pollution**, v. 157, n. 10, p. 2853-2864, 2009.

RAILKIN, A. **Marine biofouling: colonization processes and defenses**. CRC press, 2003.

ROSSO, A.; DI GERONIMO, I. Deep-sea Pleistocene bryozoa of southern Italy. **Geobios**, v. 31, n. 3, p. 303-317, 1998.

RUIZ, G. M.; CARLTON, J. T.; GROSHOLZ, E. D.; HINES, A. H. Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent, and consequences. **American zoologist**, v. 37, n. 6, p. 621-632, 1997.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. Zoologia dos Invertebrados: Uma Abordagem Funcional-evolutiva. São Paulo: Roca, 2005. 1145 p.

RYLAND, J. S. Bryozoa: an introductory overview. **Denisia**, v. 16, n. 28, p. 9–20, 2005.

RYLAND, J. S. Bryozoans. London: **Hutchinson University Library**, p. 175, 1970.

RYLAND, J. S.; BISHOP, J. D. D.; DE BLAUWE, H.; EL NAGAR, A.; MINCHIN, D.; WOOD, C. A.; YUNNIE, A. L. E. Alien species of *Bugula* (Bryozoa) along the Atlantic coasts of Europe. **Aquatic Invasions**, v. 6, n. 1, p. 17–31, 2011.

SANTAGATA, S.; ADE, V.; MAHON, A. R.; WISOCKI, P. A.; HALANYCH, K. M. Compositional differences in the habitat-forming bryozoan communities of the Antarctic shelf. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 6, p. 116, 2018.

SAIER, B.; CHAPMAN, A. S. Crusts of the alien bryozoan *Membranipora membranacea* can negatively impact spore output from native kelps (*Laminaria longicruris*). **De Gruyter**. v. 47, n. 4, p. 265-271. 2004.

SCHWAHA, T. Phylum Bryozoa. In Handbook of Zoology. Berlin, Boston: **De Gruyter**. 2021.

SELLHEIM, K.; STACHOWICZ, J. J.; COATES, R. C. Effects of a nonnative habitat-forming species on mobile and sessile epifaunal communities. **Marine Ecology Progress Series**, v. 398, p. 69-80, 2010

SIMBERLOFF, D.; VON HOLLE, B. Positive interactions of nonindigenous species: invasional meltdown?. **Biological invasions**, v. 1, p. 21-32, 1999.

TYRRELL, M. C.; BYERS, J. E. Do artificial substrates favor nonindigenous fouling species over native species?. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 342, n. 1, p. 54-60, 2007.

UNCTAD (2021). Review of Maritime Transport 2021. United Nations publication, Nova York, USA.

VIEIRA, L. M. Briozoário. Banco de imagens: Cifonauta. Disponível em: ><http://cifonauta.cebimar.usp.br/media/5690/>< Acesso em: 10 de fevereiro de 2023.

VIEIRA, L. M. Briozoário. Banco de imagens: Cifonauta. Disponível em: ><http://cifonauta.cebimar.usp.br/media/9902/>< Acesso em: 10 de fevereiro de 2023.

VIEIRA, L. M.; ALMEIDA, A. C. S. Bryozoa. In **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. PNUD. 2023. Disponível em:

<<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/157416>>. Acesso em: 15 de janeiro 2023.

VIEIRA, L. M.; MIGOTTO, A. E.; WINSTON, J. E. Synopsis and annotated checklist of Recent marine Bryozoa from Brazil. **Zootaxa**, v. 1810, n. 1, p. 1-39, 2008.

WHITE, K. Publications Output: US Trends and International Comparisons. Science & Engineering Indicators 2020. NSB-2020-6. **National Science Foundation**, 2019.

WOOD, A. L.; PROBERT, P. K.; ROWDEN, A. A.; SMITH, A. M. Complex habitat generated by marine bryozoans: a review of its distribution, structure, diversity, threats and conservation. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 22, n. 4, p. 547-563, 2012.