



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**  
**CAMPUS I – CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS**  
**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**EVELLYNE MANUELLA AGUIAR SILVA**

**INFLUÊNCIA DOS CONDICIONANTES AMBIENTAIS E USO DO HABITAT POR**  
***Abudefduf saxatilis* (LINNAEUS, 1758) E *Stegastes variabilis* (CASTELNAU, 1855) EM**  
**POÇAS DE MARÉ DE UM RECIFE ARENÍTICO**

CAMPINA GRANDE - PB

2024

EVELLYNE MANUELLA AGUIAR SILVA

**INFLUÊNCIA DOS CONDICIONANTES AMBIENTAIS E USO DO HABITAT POR  
*Abudefduf saxatilis* (LINNAEUS, 1758) E *Stegastes variabilis* (CASTELNAU, 1855) EM  
POÇAS DE MARÉ DE UM RECIFE ARENÍTICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

**Orientador:** Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha

**Coorientador:** Me. Breno Silva Macário

CAMPINA GRANDE - PB

2024

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586i Silva, Evelyne.  
Influência dos condicionantes ambientais e uso do habitat por *Abudefduf saxatilis* (Linnaeus, 1758) e *Stegastes variabilis* (Castelnau, 1855) em poças de maré de um recife arenítico  
[manuscrito] / Evelyne Silva. - 2024.  
29 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2024.

"Orientação : Prof. Dr. Andre Luiz Machado Pessanha, Departamento de Biologia - CCBS".

"Coorientação: Prof. Me. Breno Silva Macário, None".

1. Pomacentridae. 2. Peixe recifal. 3. Fatores preditores. 4. Entremarés. I. Título

21. ed. CDD 578.76

EVELLYNE MANUELLA AGUIAR SILVA

INFLUÊNCIA DOS CONDICIONANTES AMBIENTAIS E USO DO HABITAT POR  
ABUDEFDUF SAXATILIS (LINNAEUS, 1758) E STEGASTES VARIABILIS  
(CASTELNAU, 1855) EM POÇAS DE MARÉ DE UM RECIFE ARENÍTICO.

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação do Curso  
de Ciências Biológicas da Universidade  
Estadual da Paraíba, como requisito  
parcial à obtenção do título de  
Licenciada em Ciências Biológicas

Aprovada em: 19/11/2024.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Gitá Juan Soterorudá Brito** (\*\*\*.099.094-\*\*), em **10/12/2024 12:55:20** com chave **2896c5d2b70f11ef99bb2618257239a1**.
- **Andre Luiz Machado Pessanha** (\*\*\*.529.707-\*\*), em **10/12/2024 15:32:39** com chave **22c9bb9eb72511efa8852618257239a1**.
- **Priscila Rocha Vasconcelos Araujo** (\*\*\*.010.284-\*\*), em **12/12/2024 08:07:12** com chave **3d0fff4ab87911efa31b1a1c3150b54b**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou acesse [https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar\\_documento/](https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/) e informe os dados a seguir.

**Tipo de Documento:** Termo de Aprovação de Projeto Final

**Data da Emissão:** 12/12/2024

**Código de Autenticação:** cbbdca



## AGRADECIMENTOS

A gratidão é um movimento, é uma superação do ego em prol do reconhecimento da humanidade do próximo para conosco. Por isso, a princípio, agradeço ao divino pelo conjunto de fatores que me fez concluir este trabalho, pelos seus mistérios e caminhos tortos que também estão por vir, pela aceitação e pacificação que me é dada ao reconhecer que tudo isso é o fim de algo, e certamente, o início de um ínfimo tudo. Agradeço aos meus pais, que acreditam em mim mais do que eu mesma e me deram apoio e suporte mesmo quando as coisas não estavam fáceis e eu decidi deixar o interior Pernambucano para fazer a graduação na Paraíba. Sou muito grata a toda minha rede de apoio pessoal, amigos próximos e colegas de universidade, seja pelas boas conversas acompanhadas de sorvete com Sarah, que me encham de leveza, pelas risadas e piadas com Kayke, seja pela parceria diária com minha preciosa Flora, que sempre está comigo nos bons e maus momentos, pelos meus amigos de vida mais próximos como Nicolle, Mateus e Zilmara, Por João Neto que está longe mas sempre presente e agradeço em especial a minha terapeuta, Lea, pela escuta repetitiva. Ao meu orientador, André Pessanha, que me recebeu de última hora, acolheu e me forneceu um ambiente de trabalho e pesquisa do qual me orgulho de dizer que faço parte, com colegas maravilhosos como Gitá, Lili e Henrique e a José Carlos por disponibilizar dados para o desenvolvimento do meu TCC. Por fim e não menos importante, o agradecimento vai para meu coorientador, Breno Macário, meu companheiro de trabalho e de vida, que me faz uma pessoa melhor dia após dia, sem ele nada disso seria possível. Obrigada por sua paciência, companheirismo, amor, compreensão e até pelas suas bobices.

*“Por fim, tudo retorna ao mar, — ao Oceanus,  
o rio-oceano, como o fluxo incessante do  
tempo, o princípio e o fim.”*

(Rachel Carson)

## RESUMO

Formações costeiras como os recifes de arenito são caracterizados como ambientes complexos que abrigam uma grande diversidade de espécies e podem ser encontrados por toda a extensão do litoral nordeste do Brasil. Nesses ambientes a dinâmica de maré proporciona a formação de novos habitats, como as poças de maré, que ficam parcialmente expostas na maré baixa, atuando como residência para algumas espécies de peixes, tais como *Abudefduf saxatilis* e *Stegastes variabilis* da família Pomacentridae, coabitantes desses ambientes e que fazem uso dos mesmos recursos. Este trabalho visa compreender a influência das variáveis ambientais e das características do habitat sobre a abundância e biomassa dessas duas espécies. A hipótese testada foi que em poças com maior complexidade estrutural influenciavam os descritores das populações. Um total de 168 poças foram estudadas em um recife arenítico localizado na foz do estuário de Barra de Mamanguape, durante os meses da estação de chuva e de seca do ano de 2018. Para cada poça foram aferidos os parâmetros ambientais (salinidade e temperatura) e de habitat (cobertura, algal e rugosidade). Os resultados mostraram que não houve diferenças na abundância e biomassa de *A. saxatilis* e *S. variabilis* entre as poças de acordo com a complexidade delas, mas sendo observado uma diferença temporal. As principais variáveis preditoras da abundância e biomassa de *A. saxatilis* foram temperatura e profundidade, enquanto para *S. variabilis* destacou-se a profundidade e rugosidade. As características de habitats nas poças de maior complexidade estrutural foram, portanto, capazes de oferecer condições para a coexistência dessas duas espécies antagônicas, ofertando território, subsídios de forrageio e reprodução.

**Palavras-chave:** Pomacentridae; peixe recifal; fatores preditores; entremarés.

## ABSTRACT

Coastal formations such as sandstone reefs are characterized as complex environments that host a large diversity of species and can be found along the entire northeastern coastline of Brazil. In these environments, tidal dynamics create new habitats, such as tide pools, which are partially exposed at low tide, serving as residences for some fish species, such as *Abudefduf saxatilis* and *Stegastes variabilis* from the Pomacentridae family, cohabiting these environments and utilizing the same resources. This study aims to understand the influence of environmental variables and habitat characteristics on the abundance and biomass of these two species. The hypothesis tested was that tide pools with greater structural complexity would influence population descriptors. A total of 168 tide pools were studied in a sandstone reef located at the mouth of the Barra de Mamanguape estuary, during the rainy and dry seasons of 2018. For each pool, environmental parameters (salinity and temperature) and habitat features (algal cover and rugosity) were measured. The results showed that there were no differences in the abundance and biomass of *A. saxatilis* and *S. variabilis* among the pools according to their complexity, but a temporal difference was observed. The main predictor variables for the abundance and biomass of *A. saxatilis* were temperature and depth, while for *S. variabilis*, depth and rugosity were most significant. Therefore, the habitat characteristics in pools with greater structural complexity were able to provide conditions for the coexistence of these two antagonistic species, offering territory, foraging resources, and breeding opportunities.

**Keywords:** Pomacentridae; reef fish; predictor factors; intertidal zone.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2. METODOLOGIA.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1. Área de estudo.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2. Amostragem e procedimentos laboratoriais.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3. Parâmetros ambientais.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4. Análise de dados.....</b>	<b>12</b>
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1. Parâmetros ambientais.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2. Abundância e biomassa.....</b>	<b>16</b>
<b>3.3 Análise do efeito das variáveis ambientais e de complexidade.....</b>	<b>20</b>
<b>4. DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>26</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As formações costeiras são produzidas de acordo com fatores ambientais específicos de cada região, onde a temperatura, salinidade, pH e microclima, podem influenciar os tipos de recife parcialmente expostos da plataforma continental na zona entremarés (Ladd, 2012). Os recifes podem ser formações areníticas influenciadas pela subsequente ação do intemperismo e desgaste de rochas, bem como o acúmulo de sedimentos fluviais, ou se expressam em forma de costões rochosos, ainda em processo de erosão e desgaste marítimo (Baptista, 2021). Pode-se encontrar recifes areníticos por toda extensão do litoral nordeste do Brasil, onde a biodiversidade associada é regulada pelos padrões diários da amplitude da maré (Cunha; Monteiro-Neto; Nottingham, 2007), em que na maré baixa, expõem habitats específicos como as poças de maré.

A dinâmica nas poças permite que estas sejam utilizadas por muitas espécies recifais como refúgio, abrigando peixes jovens e auxiliando no seu desenvolvimento (Saeid; Nasrolahi; Afzali, 2024). Nesses ambientes, o acesso dos predadores às presas menores é limitado pelo interrompimento da conexão com o mar e isolamento, e em contrapartida, os predadores que ali se encontram são capazes de regular a diversidade geral das espécies a partir das interações locais (Metaxas e Scheibling, 1998). A proximidade com a costa, influência das ondas, heterogeneidade e complexidade das poças podem ser fatores determinantes na distribuição e abundância de algumas espécies. No caso da estrutura do habitat, as poças com uma maior complexidade são aquelas onde há um nível maior de interações tróficas e disponibilidade de recursos estruturais no ambiente como a profundidade e rugosidade (Harborne; Mumby; Ferrari, 2012).

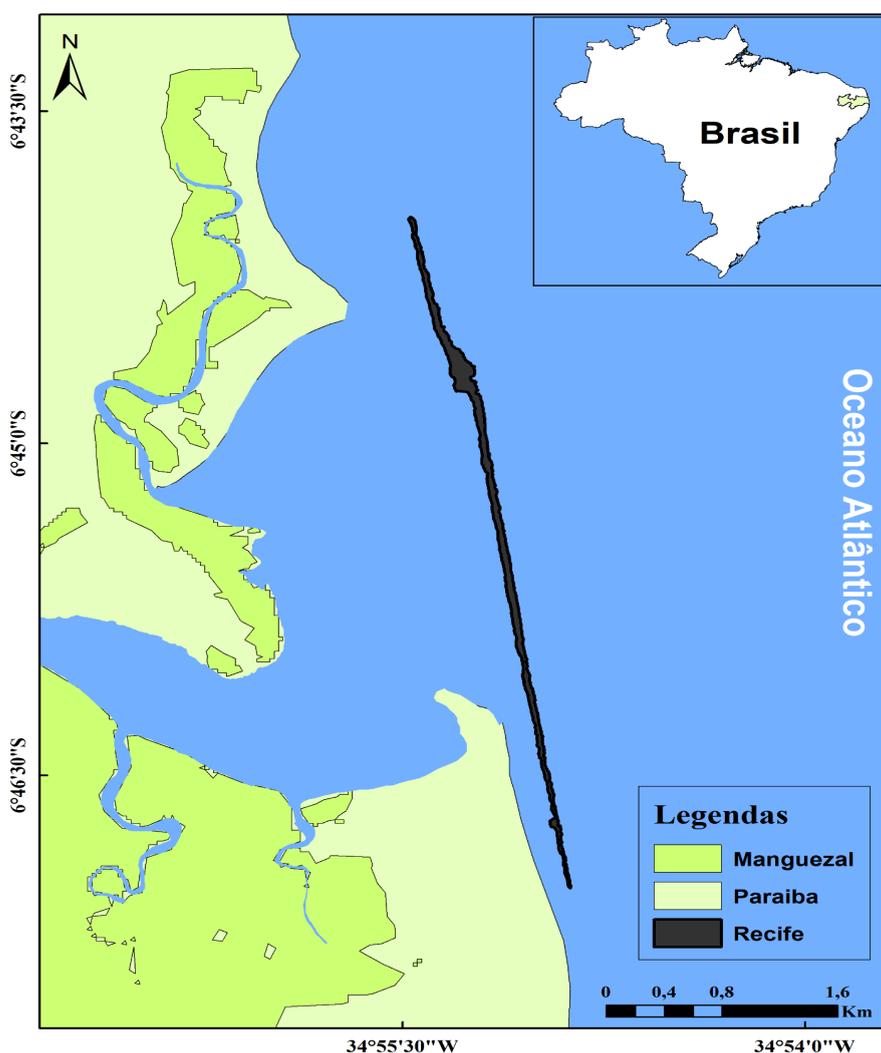
Em habitat de poças de maré pode-se encontrar diferentes guildas tróficas e funcionais de peixes recifais distribuídas, tais como os planctívoros, carnívoros, herbívoros, limpadores e predadores (Ferrari *et al.*, 2018). As duas espécies-alvo da família Pomacentridae, *Stegastes variabilis*, conhecida popularmente como “donzelinha” e *Abudefduf saxatilis*, de nome popular “sargentinho”, se destacam pelo seu padrão de coloração distinto, comportamento e uso de habitat semelhante, sendo generalistas e antagônicas por competirem pelo mesmo espaço e recursos, além de apresentarem ampla distribuição em todo o litoral nordeste do Brasil (Pereira; Feitosa; Chaves, 2014). Ambas as espécies são diurnas e territorialistas e se associam aos ambientes recifais, formando cardumes próximo aos recifes de corais em idade reprodutiva, mantendo-se em coluna d'água e nadando ativamente (Fishelson, 1998).

Apesar dos sistemas de recifes serem considerados altamente produtivos, abrigando vastos recursos naturais e contribuindo com a biodiversidade (Mumby e Steneck, 2008), ainda se faz necessário o desenvolvimento de estudos e práticas voltadas para o entendimento da distribuição de espécies de peixes recifais na zona entremaré, haja visto o papel ecológico que desempenham, manejando o ambiente ao se alimentar das algas, modificando o substrato e servindo de recurso trófico para seus predadores (Ellingsen, 2015). Com isso, este trabalho visa compreender quais variáveis ambientais e do habitat podem ser consideradas determinantes na abundância e biomassa das espécies de soldadinhos (*Abudefduf saxatilis*) e donzelinhas (*Stegastes variabilis*) nas poças de maré em recifes areníticos. A hipótese testada é que tanto variáveis associadas à estrutura do ambiente, como a cobertura algal, profundidade e rugosidade, quanto aquelas relacionadas às características da água, como a salinidade e temperatura, serão importantes para variações nos descritores populacionais (abundância e biomassa), indicando, assim, um efeito conjunto de aspectos espaciais e temporais.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Área de estudo

O recife estudado encontra-se na porção norte do litoral paraibano (Figura 1), especificamente na foz do estuário do rio Mamanguape, onde está instaurada a Área de Proteção Ambiental (APA) de Barra de Mamanguape pelo Decreto Estadual nº 27.893, de 05 de março de 2007, no município de Rio Tinto, Paraíba (CERHPB, 2004).



**Figura 1.** Mapa da área de estudo com indicações do recife arenítico na foz do estuário do rio Mamanguape, PB. Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Na área estudada, os recifes areníticos se intercalam entre o mar e o rio no estuário do Rio Mamanguape, com uma extensão total de aproximadamente 14 km, indo da Praia de Campina no município de Rio Tinto PB, na porção sul, até o município de Baía da Traição

PB, na porção norte, formando o que é popularmente conhecido como “Barra do Rio Mamanguape”. A estrutura do recife que se volta para o mar é caracterizada como uma região altamente turbulenta devido ao impacto das ondas, sofrendo pouca ou nenhuma influência do estuário, denominando-se de setor ou compartimento batido, enquanto a face resguardada das ondas, que se volta para o continente, mantém-se submetida à influência do rio durante as marés baixas, definida como setor ou compartimento protegido (Araújo *et al.*, 2008).

O clima da região é intermediário entre o tropical e o equatorial, sendo quente e úmido (Alvares *et al.*, 2013). Segundo a AESA (2024), a estação chuvosa inicia em março, se estendendo até agosto, com precipitações máximas nos meses de maio, junho e julho. A estação seca acontece na primavera e verão, com padrões de estiagem mais elevados nos meses de outubro a dezembro. A precipitação anual média está entre 1750 e 2000 mm e a temperatura média é de 24-27 °C.

## **2.2. Amostragem e procedimentos laboratoriais**

A amostragem foi realizada em seis excursões, onde três ocorreram durante o período chuvoso (abril, maio e junho de 2018), e três durante o período seco (setembro, outubro e novembro de 2018). Um total de 168 poças de maré foram amostradas, sendo 84 para cada estação. A distribuição se deu em 10 pontos ao longo do recife de arenito. O primeiro ponto foi definido na extremidade sul do recife (coordenada 6°46'48.01"S 34°54'55.08"O), na área onde as ondas cobrem o recife mesmo nas marés baixas. Os pontos seguintes se distanciaram aproximadamente 900 metros um do outro, seguindo para a direção norte e podendo variar até 100 metros a mais ou a menos, tendo sido necessária a variação sempre que a distância de 900 metros coincidia com os locais de abertura do recife. As amostragens foram realizadas no período diurno e durante a maré baixa de sizígia, com amplitude máxima de 0.4 m.

Para anestésiar os peixes, foi administrado 50-100 mg/L de eugenol diretamente em cada poça amostrada com auxílio de uma seringa. Após 10 minutos, os peixes foram capturados com auxílio de rede de aquário e pinças. A utilização da pinça ocorreu principalmente para captura de espécimes de tamanhos consideravelmente menores, que se escondiam nas tocas. Todos os peixes coletados foram fixados em formol a 10% e prontamente levados ao laboratório, onde foram identificados de acordo com as literaturas de Menezes & Figueiredo (1980), Sazima *et al.* (2002), Sazima *et al.* (2009), Rangel *et al.* (2010) e Tornabene *et al.* (2010). Posteriormente, foram averiguadas as medidas do comprimento total (mm) e peso (g) de cada exemplar em laboratório, onde os indivíduos foram

contabilizados para aferir abundância das espécies trabalhadas e a biomassa foi medida com balança de precisão mínima de 0,001g.

### 2.3. Parâmetros ambientais

Os parâmetros ambientais, temperatura e salinidade, foram aferidos em cada poça amostrada utilizando, respectivamente, um refratômetro óptico e termômetro de mercúrio. As medidas espaciais de área e profundidade de cada poça foram estimadas através da topografia batimétrica. Para isso, foram utilizadas duas réguas de 150 cm com marcações a cada 20 cm, ajustadas nas bordas da poça formando um plano cartesiano (X e Y). A profundidade (Z) foi medida com uma régua, demarcada a cada 25 cm de Y e X. Como parâmetros estruturais de complexidade de habitat, foi considerada a rugosidade e a cobertura algal em porcentagem do substrato de cada poça.

A rugosidade de cada poça foi estimada por meio de uma corrente de metal e uma trena. A corrente foi disposta de uma borda para a outra da poça, de modo que tomasse as feições do substrato presente. Em seguida, foi medido com a trena o comprimento da corrente utilizada e a distância entre as bordas. A rugosidade foi obtida pela razão do comprimento da corrente pela largura da poça como demonstrado abaixo (adaptação do modelo de Luckurst & Luckurst, 1978):

$$\text{Rugosidade} = \text{Comprimento da corrente (cm)} \div \text{Largura da poça (cm)}$$

Por fim, as poças de maré foram agrupadas de acordo com sua complexidade, sendo consideradas duas categorias, onde 104 poças categorizadas como estruturadas e 64 poças foram simples. A classificação utilizada neste trabalho foi a mesma utilizada por Alves (2020).

### 2.4. Análise de dados

A priori, a normalidade dos dados foi testada pelo teste de *Shapiro-Wilk* (1960). Posteriormente, foi constatado que os dados não apresentavam distribuição normal, assim foram adotados testes não paramétricos para as análises.

Para testar se houve diferença significativa na abundância e biomassa das espécies de peixes, bem como para as variáveis ambientais entre as estações (chuvosa e seca) e o

agrupamento de poças (simples e estruturadas), foi utilizado o teste de *Mann-Whitney* (1945) adotando um  $\alpha$  de **0,05**. Para o teste de colinearidade entre as variáveis ambientes e de rugosidade o teste de *Spearman* (1904) foi utilizado, esse mesmo teste foi usado para testar a correlação entre abundância e biomassa com as variáveis ambientais e de complexidade. Para testar o efeito das variáveis ambientais e de complexidade sobre a abundância e biomassa das espécies, foram usados os modelos lineares generalizados (GLM) utilizando-se a família de distribuição gaussiana, onde foram incluídas as interações das variáveis consideradas significativas pelo teste de correlação. A seleção do modelo (GLM) se deu com o teste de Qi-quadrado e quando o mesmo não apresentou significância, o critério de seleção foi baseado no princípio de Akaike (AIC). Todas as análises foram conduzidas por meio do software R.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Parâmetros ambientais

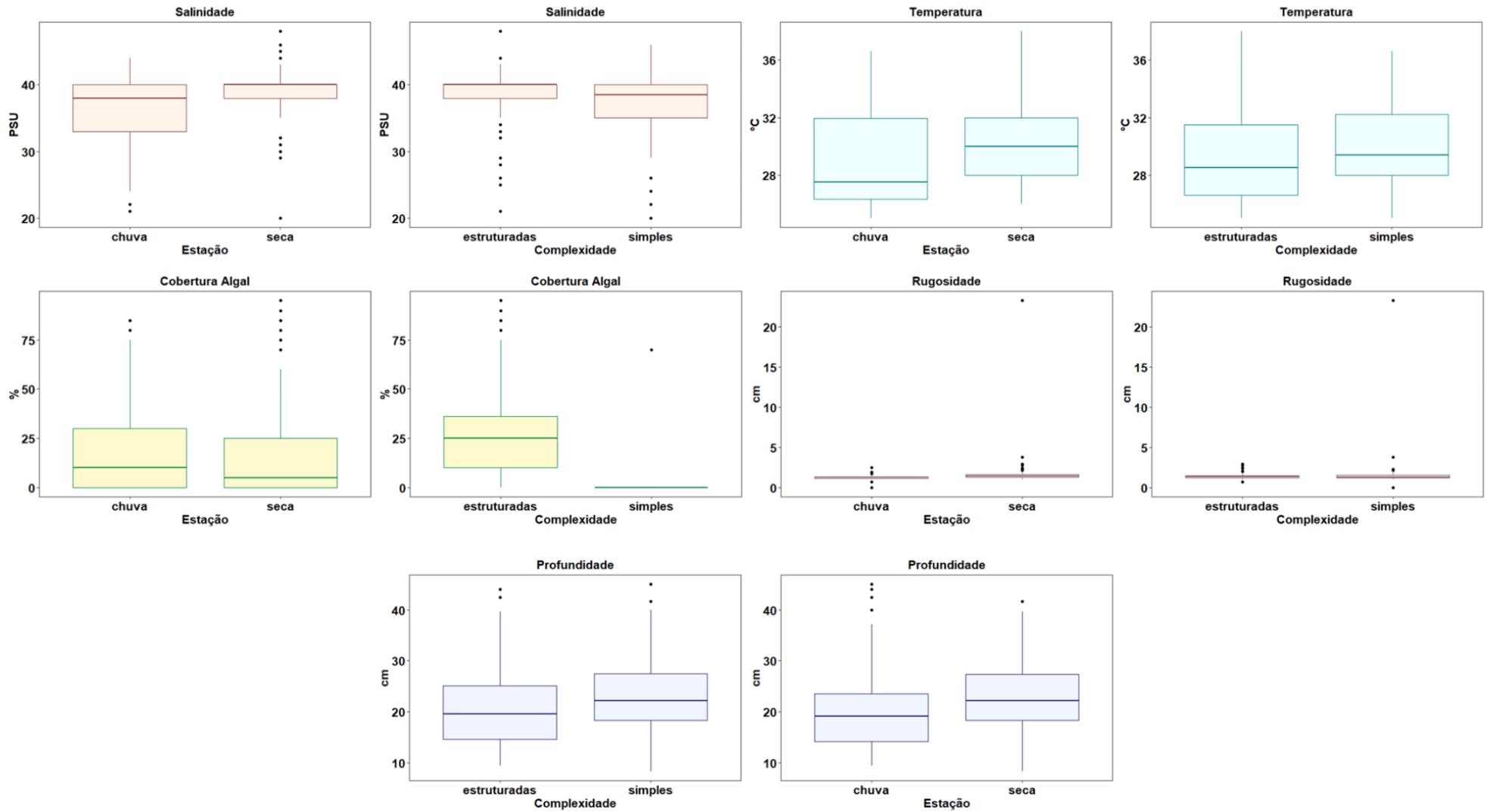
Todas as variáveis ambientais testadas, com exceção de algas, diferiram significativamente de acordo com o teste de Mann-Whitney (Tabela 1). Entre as estações foram observadas as seguintes variações: a salinidade teve média de 36,47 PSU na chuva e 39,05 PSU na seca; a temperatura teve média de 28,84°C na chuva e 30,06°C na seca; a cobertura algal apresentou uma variação entre 19,08% na chuva e 17,12% na seca; a rugosidade das poças variou entre 1,31 cm na chuva e de 1,81 cm na seca; já profundidade variou de 20,52 cm na chuva e de 23 cm na seca.

**Tabela 1** - Resultados do teste de Mann-Whitney para as variáveis ambientais por estação (seca e chuva) e complexidade (estruturada e simples) das poças de maré de um recife arenítico, PB.

Variáveis	Estação		Complexidade	
	W	<i>p</i>	W	<i>p</i>
Salinidade	2592	0,00237	2826	0,09341
Temperatura	2404	0,0003539	3823,5	0,1051
Algas	3893,5	0,2327	124,5	2,2 <sup>-16</sup>
Rugosidade	2138,5	1,051 <sup>-05</sup>	3284,5	0,8883
Profundidade	2734,5	0,01188	4056,5	0,01741

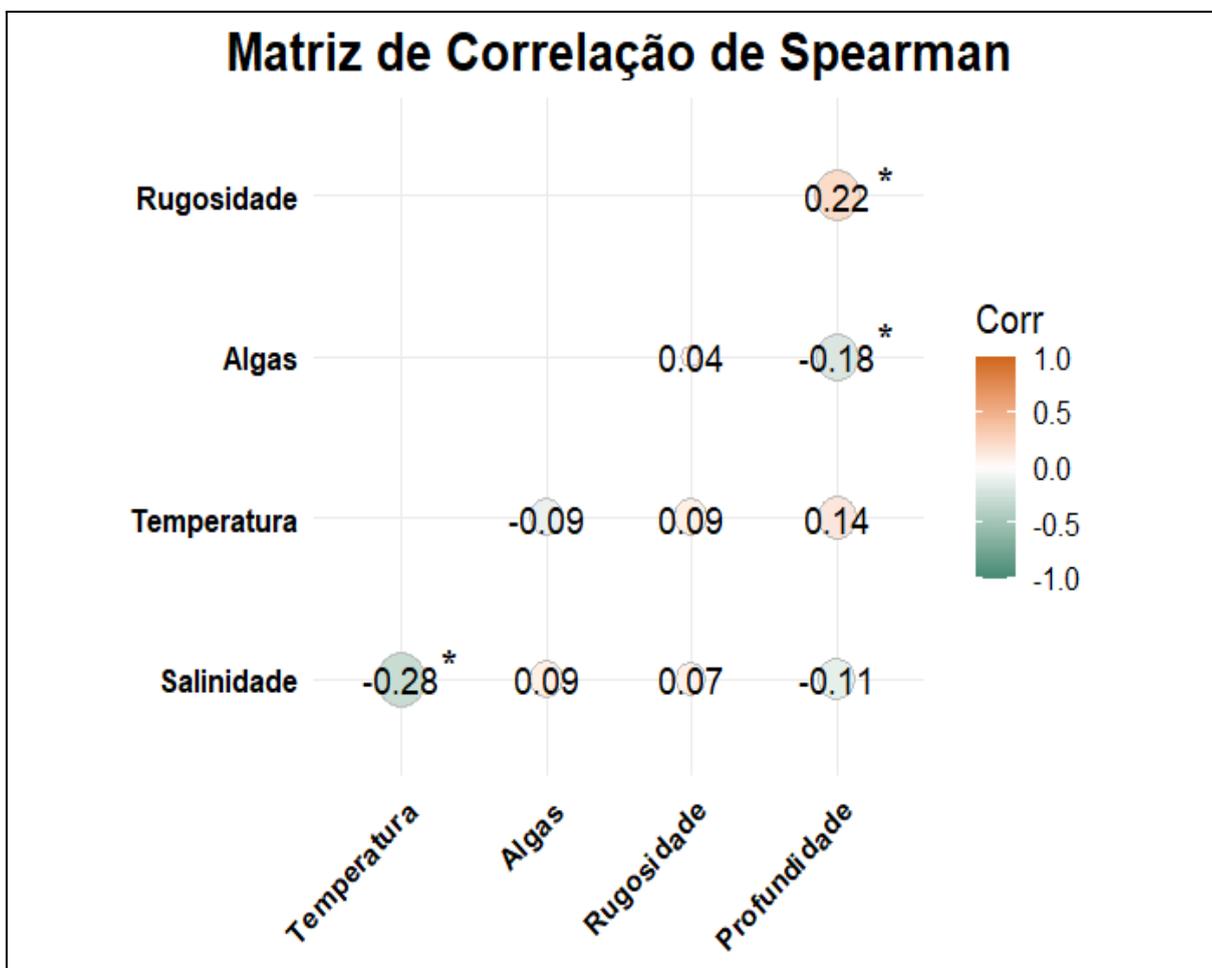
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2024.

Comparando entre poças simples e estruturadas, apenas a cobertura algal e profundidade tiveram variações significativas (Tabela 1). Para a cobertura algal os valores registrados estiveram entre 1,09% nas poças simples e 28,57% em poças estruturadas; a profundidade média registrada foi de 23,35 cm nas poças simples e 20,79 cm em poças estruturadas. As demais variáveis ambientais de salinidade, temperatura e rugosidade tiveram médias respectivas de 36,98 PSU, 29,89 °C e 1,78 cm em poças simples, respectivamente; já nas poças estruturadas esses valores foram de 38,25 PSU, 29,19 °C e 1,43 cm, respectivamente (Figura 2).



**Figura 2.** Boxplot das variáveis ambientais das poças de maré de um recife arenítico, PB, de acordo com a estação (chuva/seca) e complexidade das poças estudadas (estruturada/simples). Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

A correlação de Spearman evidenciou valores significativos, porém fracos, entre salinidade e temperatura, entre cobertura algal e profundidade, e entre profundidade e rugosidade (Figura 3).



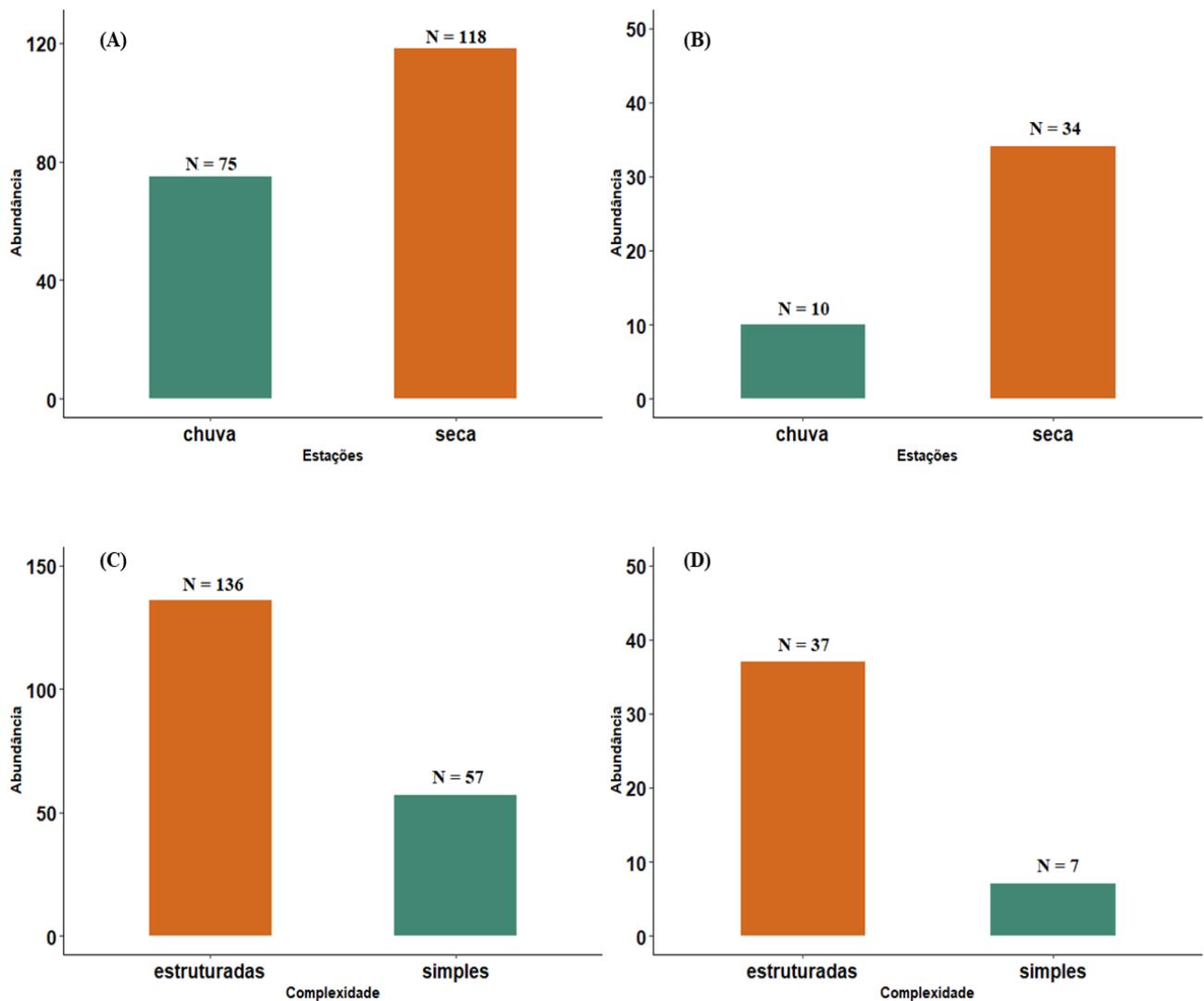
**Figura 3.** Matriz de correlação de Spearman entre as variáveis ambientais (temperatura, salinidade, cobertura algal, rugosidade e profundidade) das poças de maré de um recife arenítico da costa paraibana, sendo os valores destacados significativos. Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

### 3.2. Abundância e biomassa

No estudo, foram avaliadas 84 poças por cada estação de seca/chuva, totalizando 168 poças amostradas. Foram coletados 237 espécimes de peixes, sendo 193 de *A. saxatilis* e 44 *S. variabilis*. Quanto às estações, foram coletados 75 indivíduos de *A. saxatilis* e 10 de *S. variabilis* na chuva, enquanto que na seca foram coletados 118 indivíduos de *A. saxatilis* e 34 de *S. variabilis*. Pelo teste de *Mann-Whitney*, a abundância diferiu significativamente entre as estações para *A. saxatilis* ( $W= 2626$  e  $p < 0,001$ ) e para *S. variabilis* ( $W= 2990,5$  e  $p < 0,05$ ).

A frequência de ocorrência total foi de 23,81% e 13,69% para *A. saxatilis* e *S. variabilis* respectivamente, onde a frequência por estação de *A. saxatilis* foi de 10,71% na

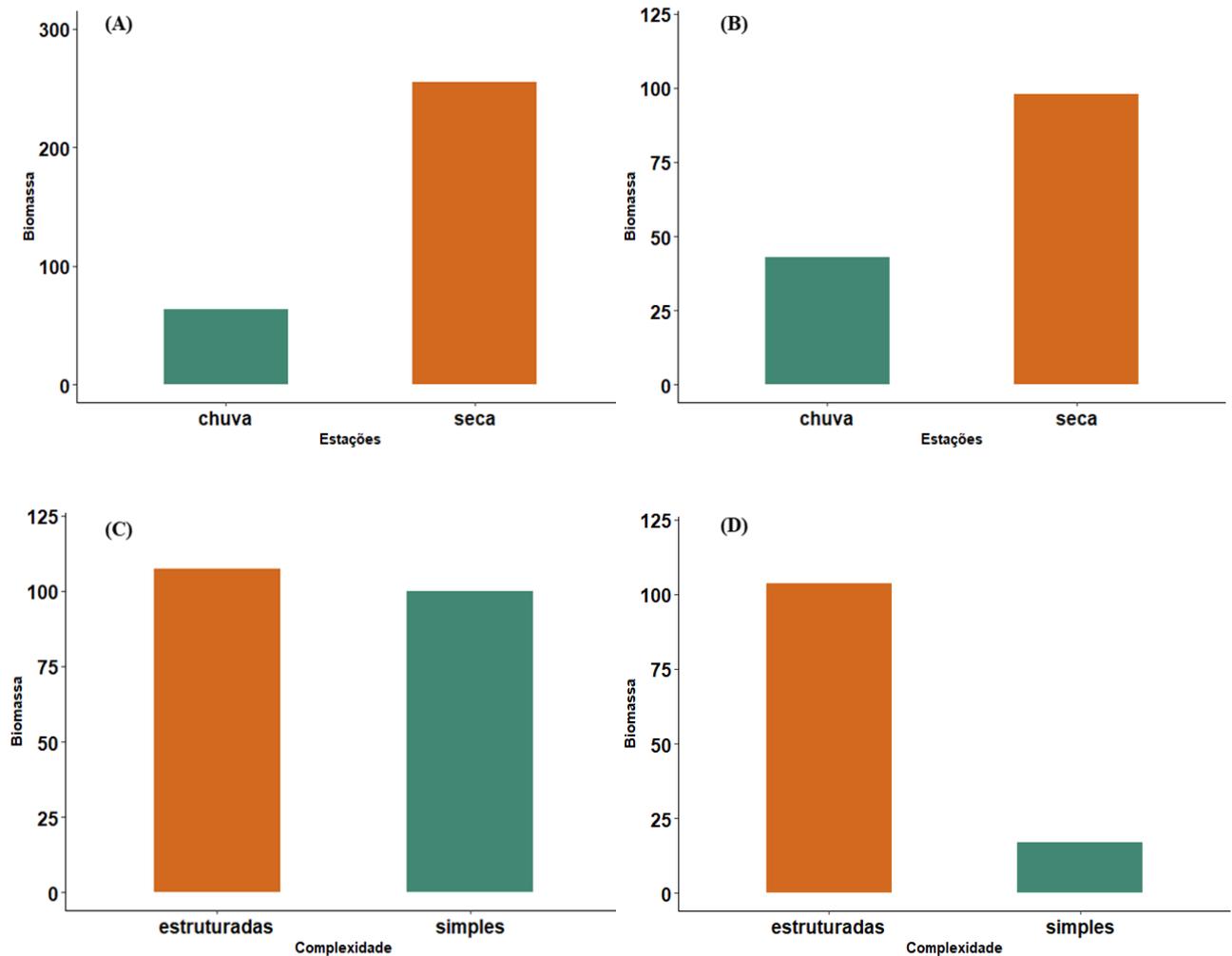
chuva e 36,90% na seca e para *Stegastes variabilis* a frequência foi de 5,95% na chuva e 21,43% na seca. A abundância média foi de 1,15 indivíduos por poça de *A. saxatilis*, com 0,89 na chuva e 1,40 na seca (Figura 4A), enquanto a abundância média de *S. variabilis* foi de 0,26 indivíduos por poça, com 0,12 na chuva e 0,40 na seca (Figura 4B).



**Figura 4.** Valores da abundância das espécies estudadas relacionadas com estação e com complexidade das poças: para (A) e (C) *Abudefduf saxatilis*, (B) e (D) *Stegastes variabilis*. Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Nas poças simples a abundância foi de 57 indivíduos de *A. saxatilis* e 7 indivíduos de *S. variabilis*, enquanto que nas poças estruturadas a abundância total foi de 136 indivíduos de *A. saxatilis* e 37 de *S. variabilis* (Figura 4C e 4D). A abundância média de *A. saxatilis* em poças simples foi de 0,89 enquanto nas poças estruturadas a abundância média foi de 1,31. *S.*

*variabilis* obteve uma abundância em poças simples de 0,11 e nas poças estruturadas foi de 0,35.



**Figura 5.** Valores da biomassa da abundância das espécies estudadas relacionadas com estação e com complexidade das poças: para (A) e (C) *Abudedefduf saxatilis*, (B) e (D) *Stegastes variabilis*. Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

A biomassa também apresentou variações ao longo das estações e entre as poças. Para *A. saxatilis* foi registrada um total de 318,45g de biomassa, com maiores valores sendo registrados no período seco em relação ao período de chuvas (Figura 5A); com relação à complexidade das poças, as maiores biomassas foram registradas nas poças estruturadas (Figura 5C). O teste *Mann-Whitney* apresentou somente diferenças significativas entre as estações ( $W = 2616,5$  e  $p < 0,001$ ), e não encontrou diferenças significativas entre os tipos de poças ( $W = 3275$  e  $p > 0,1$ ). A biomassa total registrada para *S. variabilis* nas poças estudadas foi de 140,86g. A variação da biomassa é semelhante a encontrada para *A. saxatilis*, com

maiores valores durante a seca e nas poças estruturadas (Figura 5B e 5D). Essa variação observada também foi significativa entre as estações ( $W= 3001$  e  $p < 0,01$ ), mas não entre os tipos de poças ( $W= 3575,5$ , e  $p > 0,1$ ).

O teste de colinearidade de Spearman mostrou que para *A. saxatilis*, as variáveis temperatura e profundidade tiveram correlação significativa com a abundância e biomassa (Tabela 2). Para *S. variabilis* apenas a profundidade apresentou correlação significativa com a abundância, a profundidade e rugosidade tiveram correlação significativa com a biomassa. Apesar dessas variáveis terem apresentado o valor de  $p$  significativo, todas as correlações para ambas as espécies foram fracas (Tabela 2).

**Tabela 2** - Valores de correlação de Spearman entre as variáveis ambientais e de habitat; legendas:  $p$  = significância estatística da correlação; ns = não significativo, \* <0,05, \*\* <0,005, \*\*\* <0,0005.

Variáveis ambientais	<i>Abudefduf saxatilis</i>				<i>Stegastes variabilis</i>			
	Abundância		Biomassa		Abundância		Biomassa	
	<i>rho</i>	<i>p</i>	<i>rho</i>	<i>p</i>	<i>rho</i>	<i>p</i>	<i>rho</i>	<i>p</i>
Salinidade	0,01	ns	0,01	ns	0,03	ns	0,02	ns
Temperatura	<b>0,21</b>	**	<b>0,21</b>	**	0,02	ns	0,02	ns
Algas	-0,01	ns	-0,02	ns	0,10	ns	0,10	ns
Rugosidade	0,09	ns	0,10	ns	0,09	ns	<b>0,20</b>	**
Profundidade	<b>0,22</b>	**	<b>0,23</b>	**	<b>0,21</b>	**	<b>0,21</b>	**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

### 3.3 Análise do efeito das variáveis ambientais e de complexidade

Os resultados do GLM apontaram que algumas variáveis ambientais e de complexidade do habitat podem exercer efeito sobre a abundância e biomassa de *A. saxatilis* e *S. variabilis* (Tabela 3).

Para a abundância de *A. saxatilis*, foram testados 5 modelos, sendo selecionado o modelo 2, o qual continha as seguintes variáveis: cobertura algal, temperatura, profundidade e a interação de profundidade e temperatura. Nesse modelo, todas as variáveis, exceto cobertura algal, foram significativas, com a interação de profundidade e temperatura singularmente de efeito negativo e temperatura e profundidade tiveram efeito positivo. Embora a variável de cobertura algal não tenha sido significativa, havia a sinalização de que a mesma estava próxima de ser um valor significativo positivo. Quanto ao efeito na biomassa de *A. saxatilis*, foram feitos testes em 2 modelos. O modelo 1 detinha as variáveis salinidade, temperatura, cobertura algal, rugosidade e profundidade, onde nenhuma delas obteve valores estatisticamente considerados significativos. Tendo em vista esse resultado, foi então testado em seguida

apenas o modelo nulo, com um valor de intercepto significativo. Posteriormente, os modelos foram analisados no teste Qui-quadrado, onde nenhum foi considerado significativo, sendo selecionado o modelo 2, nulo, ao aplicar o princípio de AIC.

**Tabela 3** - Valores dos resultados do teste de modelo linear generalizado para as variáveis biomassa e abundância; *p*-value = significância estatística do efeito da variável; ns = não significativo, \* <0,05, \*\* <0,005, \*\*\* <0,0005.

Variável	Espécie	Nº de modelos testados	Modelo selecionado	AIC	Variáveis do modelo	Estimativa	<i>p</i>
Abundância	<i>Abudefduf saxatilis</i>	4	Modelo 2	956,5071	Intercepto	-24,54204	**
					Temperatura	0,85298	**
					Alga	0,02439	ns
					Profundidade	0,81850	*
					Profundidade *temperatura	-0,02748	*
Biomassa	<i>Abudefduf saxatilis</i>	2	Modelo 2	1232,410	Intercepto	1,8955	**
Abundância	<i>Stegastes variabilis</i>	3	Modelo 2	412,96	Intercepto	-0,006795	ns
					Profundidade	0,012347	ns
Biomassa	<i>Stegastes variabilis</i>	3	Modelo 2	911,9256	Intercepto	0,48770	ns
					Algas	0,01938	ns

Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Para verificar o efeito das variáveis ambientais na abundância de *S. variabilis*, 3 modelos foram testados. O primeiro modelo contendo as variáveis de salinidade, temperatura, cobertura algal, rugosidade e profundidade apresentou como única variável próxima de uma significância positiva a profundidade. Já o modelo 2 foi testado apenas com a variável profundidade, contudo, neste teste ela não foi estatisticamente considerada significativa. O modelo 3 foi nulo, não considerando as variáveis supracitadas, resultando num intercepto significativo. Ao aplicar o teste de Qui-quadrado, nenhum dos modelos foi considerado significativo, sendo necessário aplicar o princípio de AIC. o qual apontou o modelo 2 como o mais explicativo.

Para a influência das variáveis ambientais sobre a biomassa de *S. variabilis*, três modelos foram testados. No modelo 1 estavam contidas as variáveis salinidade, temperatura, cobertura algal, rugosidade e profundidade, onde apenas a porcentagem de cobertura das poças por algas foi positivamente significativa. Com isso, o modelo 2 testou apenas a variável cobertura algal, contudo, a mesma não foi significativa isoladamente. Então, por fim, foi testado o modelo 3, nulo. Para a seleção do modelo, o teste Qui-quadrado apresentou o modelo 3 com o valor mais próximo de ser significativo, entretanto, ao utilizar o princípio de AIC, o modelo selecionado que melhor explica a causa e efeito é o 2.

#### 4. DISCUSSÃO

A abundância e biomassa de *A. saxatilis* e *S. variabilis* apresentaram relações positivas com a estrutura do habitat das poças nos recifes de arenito, com maiores valores totais sendo registrados nas poças estruturadas. Vários autores têm destacado a alta abundância dessas espécies em poças de maré em diferentes tipos de recifes costeiros no Brasil (Cunha *et al.*, 2007; Santana e Guedes, 2019; Mendonça *et al.*, 2019), onde muitas vezes essa alta abundância é associada com as características do ambiente. A heterogeneidade de habitats, criada pela maior cobertura algal e profundidade em nosso estudo, foram capazes de oferecer condições para a coexistência dessas duas espécies antagônicas, sendo importantes, portanto, para que as espécies tenham acesso aos locais de forrageamento e refúgio nas poças (Macieira e Joyeux, 2011). Estudos da dieta indicam a estratégia generalista das espécies e o hábito de se alimentar junto ao substrato, consumindo algas e macroinvertebrados bentônicos (Griffiths *et al.*, 2006), servindo de fonte de alimento e energia, promovendo o crescimento, visto que os indivíduos encontrados nas poças estudadas estão majoritariamente em fase jovem. Além disso, essas espécies são extremamente territorialistas, utilizando assim uma maior rugosidade das poças, e o aumento de cavidades e refúgios para defesa contra os predadores (Harborne *et al.*, 2011). Segundo Santana e Guedes (2020) o comportamento de defesa do território pelas espécies de *Stegastes* em poças de maré é o principal fator influente da sua elevada taxa de abundância relativa nesse ambiente intertidal.

Os resultados do nosso estudo apontaram que a temperatura e a profundidade foram os principais fatores preditores para a abundância de *A. saxatilis*. No caso das poças que apresentaram temperaturas elevadas, podem haver duas consequências para a biota em geral das poças: 1) causar estresse térmico na biota em geral, ou 2) o benefício de afugentar predadores ou outros peixes, pois são menos adaptados a esse tipo de estresse (Aguilar-Medrano e Barber, 2016). Adicionalmente, o aumento da temperatura promove o crescimento de organismos fotossintetizantes (algas) que servem como fonte de alimento (Smith *et al.*, 2018), garantindo, assim, mais recursos alimentares disponíveis e refúgios nas poças. No caso da profundidade, o aumento dessa variável ocasiona uma maior volume de água nas poças, que garante um ambiente com maior estabilidade dos fatores ambientais, principalmente com menores variações de salinidade e temperatura (Cunha *et al.*, 2007). Segundo Macieira & Joyeux (2011), poças de maré com maior volume de água também disponibilizam mais microhabitats, sendo a correlação de profundidade e rugosidade positiva

uma evidência da disponibilidade de um maior número de territórios e recursos para serem explorados pelas espécies.

O GLM corrobora essas alegações anteriores para a abundância, mas é necessário ressaltar o efeito negativo quando a profundidade está em conjunto com a temperatura, sendo provável que a disponibilidade de amplitude de coluna d'água em poças mais quentes afete a produção primária, aumentando o desenvolvimento de algas de superfície, que recebem mais nutrientes advindos dos minerais circundantes e da matéria orgânica que se decompõe com mais rapidez nas temperaturas elevadas, causando sombreamento nos organismos de substrato e alterando a qualidade do ambiente (Dudgeon *et al.*, 2010; Talling, 2012), o que possivelmente é desfavorável ao forrageio e desenvolvimento de *A. saxatilis* nas poças de maré. Nenhuma das variáveis mensuradas no estudo foram significativas estatisticamente para causar efeito na biomassa, sendo o modelo nulo selecionado com intercepto significativo, ressaltando que outras variáveis não incluídas na pesquisa podem ser importantes para compreender o crescimento e desenvolvimento da espécie em poças, como a distância entre a poça e o mar e a contabilização do número de refúgios por poça.

A variação temporal apresentou resultados significativos tanto para abundância quanto para a biomassa. Observou-se por Fishelson (1970) que *A. saxatilis* dispersava-se na época seca dos recifes de corais submersos, e posteriormente, Adélir-Alves *et al.* (2016), relata que o pico de abundância de *A. saxatilis* em poças de recifes rochosos na costa do Brasil ocorre durante o período de seca. Tais observações podem estar relacionadas, onde a espécie apresenta o comportamento de se dispersar para ambientes adjacentes, agregando-se ao longo das poças de maré durante a seca e utilizando-as como áreas de recrutamento onde a temperatura é mais elevada, o que está significativamente relacionado com sua abundância. Apesar disso, ainda não está claro se há um recrutamento dos juvenis que estão em habitats próximos aos recifes para as poças de maré ou se a maior densidade nas poças é mantida pela imigração frequente de peixes juvenis que estão na zona costeira, e assim utilizam as poças como área de berçário (Mendonça *et al.*, 2019). Quanto à *S. variabilis*, o aumento da abundância e biomassa durante a estiagem (período de seca), pode ser associado com o período reprodutivo da espécie. Em um estudo da biologia reprodutiva de seu congênera *Stegastes fuscus*, que também foi realizado em poças de maré no Nordeste do Brasil, foi percebido que, durante a seca, as características ambientais dos arrecifes são mais favoráveis para maturação das gônadas, corte, construção de ninhos, desova e sobrevivência da prole dessa espécie (Gurgel *et al.*, 2013).

## 5. CONCLUSÃO

Tendo em vista os resultados encontrados nesta pesquisa, é possível concluir que a variação temporal (estação) foi o principal fator influenciando a distribuição das espécies *Abudefduf saxatilis* e *Stegastes variabilis* nas poças de maré em recifes areníticos. As variáveis preditoras dos descritores de população, temperatura e profundidade, se correlacionam com outras variáveis não consideradas significativas estatisticamente, como a cobertura algal, o que sugere que a complexidade está interligada com a abundância e biomassa desses animais de maneira indireta. Faz-se necessário aprofundar e inserir novas variáveis ambientais e de complexidade, bem como aumentar a amostra de poças simples para que a análise posterior aponte novos caminhos ao entendimento acerca da distribuição das espécies em poças de maré.

## 6. REFERÊNCIAS

- AGUILAR-MEDRANO, R.; BARBER, P. H. Ecomorphological diversification in reef fish of the genus *Abudefduf* (Perciformes, Pomacentridae). **Zoomorphology**, v. 135, p. 103-114, 2016.
- ADELIR-ALVES, J. *et al.*,(2016). Foraging behavior of the sergeant major (*Abudefduf saxatilis*) in a subtropical rocky reef, Brazil. In: *Frontiers in Marine Science*. Resumo em evento: XIX Iberian Symposium on Marine Biology Studies, 2016. doi: <10.3389/conf.FMARS.2016.05.0011>.
- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, J. C. A. **Influência da Complexidade do Habitat na Estrutura das Assembleias e na Dieta dos Peixes em Poças de Maré em um Recife de Arenito, Paraíba**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Faculdade de ciências Biológicas, Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, p. 49. 2020.
- ARAKAKI, S.; TOKESHI, M. Analysis of spatial niche structure in coexisting tidepool fishes: null models based on multi-scale experiments. **Journal of Animal Ecology**, v. 80, n. 1, p. 137-147, 2011.
- BEGOT, T. O. *et al.* Rockpool ichthyofauna of Amazon coastal zone: spatial and environmental effects on species distribution. **Marine and Freshwater Research**, v. 68, n. 6, p. 1137-1143, 2016.
- CORREIA, M., D.; SOVIERZOSKI, H., H. **Ecosystemas marinhos: recifes, praias e manguezais**. Maceió: Edufal, 2005.
- CUNHA, F. E. A., MONTEIRO-NETO C., NOTTINGHAM M. C. Temporal and spatial variations in tidepool fish assemblages of the northeast coast of Brazil. **Biota Neotrop**. 7: 111-118, 2007.
- CULLITY, Kristen. Associations Among Species Richness and Physical Variables in Nahant, MA Tide Pools. **Journal of Marine Ecology @ Clark University**, v. 1, n. 2, p. 31-39, 2012.
- DE CARVALHO BAPTISTA, E. M. Caracterização e importância ecológica e econômica dos recifes da zona costeira do estado do Piauí. **Geografia: Publicações Avulsas**, v. 3, n. 2, p. 225-250, 2021.

DE SANTANA, Camila Brito; GUEDES, Ana Paula Penha. Distribuição e abundância de duas espécies de peixes-donzelas (Actinopterygii, Pomacentridae) em poças de maré de Salvador, Bahia. **Revista Ouricuri**, v. 10, n. 2, p. 035-047, 2020.

DIAS, M. *et al.* Intertidal pools as alternative nursery habitats for coastal fishes. **Marine Biology Research**, v. 12, n. 4, p. 331-344, 2016.

DUDGEON, S. R. *et al.* Phase shifts and stable states on coral reefs. **Marine Ecology Progress Series**, v. 413, p. 201-216, 2010.

ELLINGSEN, Kari E. *et al.* The role of a dominant predator in shaping biodiversity over space and time in a marine ecosystem. **Journal of Animal Ecology**, v. 84, n. 5, p. 1242-1252, 2015.

FERRARI, Renata *et al.* Habitat structural complexity metrics improve predictions of fish abundance and distribution. **Ecography**, v. 41, n. 7, p. 1077-1091, 2018.

FERREIRA, C. E. L.; GONÇALVES, J. E. A.; COUTINHO, R. Community structure of fishes and habitat complexity on a tropical rocky shore. **Environmental biology of fishes**, v. 61, p. 353-369, 2001.

FISHELSON, L. Behaviour and ecology of a population of *Abudefduf saxatilis* (Pomacentridae, Teleostei) at Eilat (Red Sea). **Animal Behaviour**, v. 18, p. 225–237, 1970.

FISHELSON, L. Behaviour, socio-ecology and sexuality in damselfishes (Pomacentridae). **Italian Journal of Zoology**, v. 65, n. S1, p. 387-398, 1998.

GURGEL, L. L. *et al.* Estrutura Populacional e Período Reprodutivo do Peixe Donzela *Stegastes fuscus* (CUVIER, 1830) das Poças de Maré da Praia de Búzios, Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 1, 2015.

HARBORNE, Alastair R. *et al.* Biotic and multi-scale abiotic controls of habitat quality: their effect on coral-reef fishes. **Marine Ecology Progress Series**, v. 437, p. 201-214, 2011.

HARBORNE, Alastair R.; MUMBY, Peter J.; FERRARI, Renata. The effectiveness of different meso-scale rugosity metrics for predicting intra-habitat variation in coral-reef fish assemblages. **Environmental Biology of Fishes**, v. 94, p. 431-442, 2012.

GIBSON, R. N. Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. **Netherlands Journal of Sea Research**, v. 32, n. 2, p. 191-206, 1994.

GRIFFITHS, S. P.; DAVIS, A. R. WEST, R. J. Role of habitat complexity in structuring temperate rockpool ichthyofaunas. **Mar Ecol Prog Ser**, v. 313, p. 227-230, 2006.

GROSS, T. F.; WERNER, F. E. Residual circulations due to bottom roughness variability under tidal flows. **Journal of physical oceanography**, v. 24, n. 7, p. 1494-1502, 1994.

LADD, Harry S. Types of coral reefs and their distribution. **Biology and geology of coral reefs**, v. 4, 2012.

LARA, E. N.; GONZÁLEZ, E. A. The relationship between reef fish community structure and environmental variables in the southern Mexican Caribbean. **Journal of Fish Biology**, v. 53, p. 209-221, 1998.

MACIEIRA, Raphael M.; JOYEUX, Jean-Christophe. Distribution patterns of tidepool fishes on a tropical flat reef. **Fishery Bulletin**, v. 109, n. 3, 2011.

MEAGER, J. J.; WILLIAMSON, I.; KING, C. R. Factors affecting the distribution, abundance and diversity of fishes of small, soft-substrata tidal pools within Moreton Bay, Australia. **Hydrobiologia**, v. 537, p. 71-80, 2005.

MEDEIROS, P. R.; ROSA, R. S.; FRANCINI-FILHO, R. B. Dynamics of fish assemblages on a continuous rocky reef and adjacent unconsolidated habitats at Fernando de Noronha Archipelago, tropical western Atlantic. **Neotropical Ichthyology**, v. 9, p. 869-879, 2011.

MENDONÇA, V. *et al.* Do marine fish juveniles use intertidal tide pools as feeding grounds?. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 225, p. 106255, 2019.

METAXAS, Anna; SCHEIBLING, Robert Eric. Community structure and organization of tidepools. **Marine Ecology Progress Series**, v. 98, p. 187-198, 1998.

MUMBY, P. J.; STENECK, R. S. Coral reef management and conservation in light of rapidly evolving ecological paradigms. **Trends in ecology & evolution**, v. 23, n. 10, p. 555-563, 2008.

NEVES, L. M. *et al.* The farther the better: effects of multiple environmental variables on reef fish assemblages along a distance gradient from river influences. **PloS one**, v. 11, n. 12, p. e0166679, 2016.

PARSONS, D. F. *et al.* Effects of habitat on fish abundance and species composition on temperate rocky reefs. **Marine Ecology Progress Series**, v. 561, p. 155-171, 2016.

PEREIRA, P. H. C.; FEITOSA, J. L. L.; CHAVES, L. C. T. **Guia da Biodiversidade Marinha da APA Costa dos Corais**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2014.

PEREIRA, P. H. C. *et al.* The influence of multiple factors upon reef fish abundance and species richness in a tropical coral complex. **Ichthyological Research**, v. 61, p. 375-384, 2014.

ROJAS, J. M.; OJEDA, F. P. Spatial distribution of intertidal fishes: a pattern dependent on body size and predation risk?. **Environmental Biology of Fishes**, v. 87, p. 175-185, 2010.

SAEID, S.; NASROLAHI, A.; AFZALI, A. Incorporating rock pools in coastal infrastructure, an eco-engineered approach to enhance biodiversity. **Marine and Freshwater Research**, v. 75, n. 4, p. NULL-NULL, 2024.

SMITH, S. J. *et al.* Physical tidepool characteristics affect age-and size-class distributions and site fidelity in tidepool sculpin (*Oligocottus maculosus*). **Canadian Journal of Zoology**, v. 96, n. 12, p. 1326-1335, 2018.

TALLING, J. F. Temperature Increase — An Uncertain Stimulant of Algal Growth and Primary Production in Fresh Waters. **Freshwater Reviews**, v. 5 (2), p. 73–84, 2012.

WALKER, B. K.; JORDAN, L. K. B.; SPIELER, R. E. Relationship of reef fish assemblages and topographic complexity on southeastern Florida coral reef habitats. **Journal of Coastal Research**, n. 10053, p. 39-48, 2009.

YOUNG, M.; CARR, M. H. Application of species distribution models to explain and predict the distribution, abundance and assemblage structure of nearshore temperate reef fishes. **Diversity and Distributions**, v. 21, n. 12, p. 1428-1440, 2015.