

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
CURSO DE BACHARELADO EM BIOLOGIA

---

Regras de Montagem: Do estado da arte a vegetação de afloramentos  
rochosos na Serra da Jiboia

Aluno: Vinícius Queiroz de Matos  
Orientador: Guilherme de Oliveira  
Co-orientadora: Alessandra Nasser Caiafa

CRUZ DAS ALMAS  
2019

VINÍCIUS QUEIROZ DE MATOS

Regras de Montagem: Do estado da arte a vegetação de afloramentos  
rochosos na Serra da Jiboia

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal do  
Recôncavo da Bahia, como parte das  
exigências do Curso de Graduação de  
Bacharelado em Biologia, para  
obtenção do título de Bacharel em  
Biologia.

CRUZ DAS ALMAS

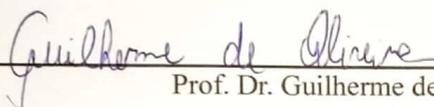
BAHIA-BRASIL

2019

Vinícius Queiroz de Matos

“REGRAS DE MONTAGEM: DO ESTADO DA ARTE A VEGETAÇÃO  
DE AFLORAMENTOS ROCHOSOS DA SERRA DA JIBÓIA”,

BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. Guilherme de Oliveira  
(orientador)

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)



---

Prof. Dr. Gustavo Luis Schacht  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB/NEIM)



---

Prof. Dr. Márcio Lacerda Lopes Martins  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

CRUZ DAS ALMAS

DEZEMBRO-2019

## AGRADECIMENTOS

Agradecer à Deus por toda bondade e misericórdia, por ter me dado forças e me sustentado nos momentos mais difíceis, sei que sem ele nada seria possível. À minha mãe, farol da minha vida, em que sempre me guiei e tomei como exemplo para ser quem eu sou, mesmo que não tenha me tornado metade do que ela é. “Dani”, todo esse esforço é para a senhora.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, seus professores, servidores e técnicos, pela dedicação e espaços que me foram proporcionados, nos quais obtive conhecimentos e experiências únicas.

Ao prof. Dr. Guilherme de Oliveira, por me acolher no Laboratório de Biologia da Conservação e por toda paciência e atenção. À prof. Dra. Alessandra Nasser Caiafa por ter me guiado praticamente durante toda minha jornada, desde introdução a ecologia, o PET Mata Atlântica e até depois disso. Pró devo muito a senhora, obrigado por toda confiança depositada em mim e por mostrar muitas vezes que eu era capaz mesmo quando nem eu acreditava.

À toda minha família, amigos e a todos da residência Trio Elétrico que juntos foram o alicerce para construir esse sonho. Não poderia deixar de citar especificamente minhas irmãs, não de sangue, mas de alma, “Cissa” e “Ruh”. Foram várias brigas, muitas risadas e um laço que nunca será desfeito, amo vocês! Muito obrigado a todos, de coração.

## RESUMO

A ecologia é um ramo da ciência que investiga os organismos, suas relações entre si e o meio em que vivem. Uma das maiores questões no estudo da ecologia de comunidades é como elas são formadas e se neste processo de formação, as espécies que ali se estabelecem chegaram simplesmente ao acaso ou se elas estão submetidas a alguma regra, nesse caso as regras de montagem. Um dos meios utilizados para aferições empíricas da regra de montagem é o modelo nulo. A sua utilização é uma importante ferramenta para evidenciar se comunidades possuem, ou não, as regras de montagem. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo geral elucidar o estado da arte sobre regras de montagem e testar essas regras por meio do uso modelos nulos na vegetação de afloramentos rochosos da Serra da Jiboia. Dessa forma, foi realizado uma cienciometria buscando na coleção de dados internacionais do site ISI - *Web of Science*, o uso da seguinte palavra chave: “*assembly rule*”. Os artigos encontrados foram separados em duas categorias, uma global e uma para o Brasil e os trabalhos foram quantificados em diferentes tópicos. Observamos que as regras de montagem em comunidades é uma área ainda com interesse de investigação, tanto globalmente, quanto nacionalmente e existe uma tendência para estudos de regras de montagem em ecossistemas florestais com comunidades vegetais. Por fim, os trabalhos práticos são a maioria em relação aos teóricos e ferramentais. Para avaliar os padrões de co-ocorrência de espécies nas comunidades vegetais dos afloramentos rochosos utilizamos quatro índices: o *Checker*, o *C-score*, o *V-ratio* e o *COMBO*. Não foram encontrados resultados significativos para os índices *C-score* e *V-ratio*. O *Checker* se mostrou significativo apenas para três simulações, porém essas são vulneráveis ao falso positivo. Já o índice *COMBO* se mostrou significativo, o que nos permite afirmar que a síntese dessas comunidades é guiada por combinações de espécies, possivelmente devido à grande influência de espécies facilitadoras em locais com condições adversas.

**Palavras Chaves:** Modelo nulo, vegetação sobre rocha, co-ocorrência de espécies, formação das comunidades.

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	8
2. JUSTIFICATIVA.....	10
3. OBJETIVO GERAL .....	11
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
4. REFERÊNCIAS.....	11

## **CAPÍTULO I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E ESTADO DA ARTE DA REGRA DE MONTAGEM**

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS .....	17
2.1 OBJETIVO GERAL .....	17
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO .....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	17
4. RESULTADOS.....	18
4.1 RESULTADOS GLOBAIS .....	18
4.2 RESULTADOS PARA O BRASIL .....	24
5. DISCUSSÃO .....	29
6. CONCLUSÃO.....	30
7. REFERÊNCIAS.....	31

## **CAPÍTULO II – AVALIAÇÃO DA TEORIA DA REGRA DE MONTAGEM EM COMUNIDADE DE AFLORAMENTO ROCHOSO DA SERRA DA JIBOIA**

1. INTRODUÇÃO .....	35
2. OBJETIVOS .....	38
2.1 OBJETIVO GERAL .....	38
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	39
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	39
3.1 ÁREA DE ESTUDO .....	39
3.2 COLETA DE DADOS.....	42
3.3 TESTES REALIZADOS.....	42
4. RESULTADOS.....	43
5. DISCUSSÃO .....	45
6. CONCLUSÃO.....	46
7. REFERÊNCIAS.....	47
8. APÊNDICES.....	50
8.1 LISTA DE ESPÉCIES.....	50
8.2 MATRIZ DE PRESENÇA/AUSÊNCIA .....	51

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A ecologia é um ramo da ciência que investiga os organismos, suas relações entre si e o meio em que vivem, e foi definida assim pelo cientista alemão Ernst Haeckel, em 1866 (Luttge & Scarano 2004). Dentro deste vasto campo de pesquisa da ciência, temos inúmeras teorias que funcionam como ferramentas utilizadas para o melhor entendimento da constante interação dos seres vivos e o meio abiótico que os cercam.

Assim surge, neste cenário, a ecologia de comunidades, sendo que toda pesquisa que se dedica ao estudo de mais de uma espécie e como elas se relacionam, está dentro do escopo de ecologia de comunidades (Weiher & Keddy 1999). Porém, a complexidade no entendimento das comunidades de organismos exige constantemente novas abordagens para elucidar algumas lacunas de conhecimento.

Uma das maiores questões no estudo da ecologia de comunidades é como elas são formadas e se neste processo de formação as espécies que ali se estabelecem chegaram simplesmente ao acaso ou se elas estão submetidas a alguma regra limitadora (Gotzenberger *et al.* 2012). Para tentar responder essa questão, a teoria das regras de montagem das espécies em uma comunidade aparece como uma hipótese que objetiva explicar a composição de espécies de uma comunidade.

Em 1975, ao perceber padrões de distribuição de aves frugívoras em um arquipélago, Diamond introduziu o termo regra de montagem (do inglês *assembly rule*) (Gotzenberger *et al.* 2012). Essa regra é definida como padrões de relações interespecíficos de competição que são responsáveis por uma distribuição não aleatória de espécies em uma dada comunidade (Diamond 1975).

Foi levantado um grande debate acerca da definição do termo por vários autores (Connor & Simberloff 1979; Keddy 1992; Wilson 1999). Recentemente, podemos afirmar que regra de montagem é qualquer limitação que interfira na presença ou ausência das espécies em uma determinada comunidade (Azeria *et al.* 2012). Segundo

esses mesmo autores, essa limitação pode ser referente a fatores abióticos ou a bióticos.

Um dos meios utilizados para aferições empíricas da regra de montagem é o modelo nulo, sendo utilizado no processo de consolidação da regra de montagem como nos trabalhos de Pielou e Pielou (1968), Diamond (1975) Connor e Simberloff (1979). Os modelos nulos são construídos a partir de matrizes de presença e ausência das espécies em uma determinada comunidade. Essas matrizes são aleatorizadas e após essa aleatorização é observado a frequência em que o padrão encontrado na natureza se repete. Esse resultado indica se aquele padrão é inerente ao acaso (i.e., não existe nenhum fator de limitação da composição da comunidade) ou se ele segue regras de montagem (e.g., competição entre as espécies) (Gotelli 2000). Diferentemente de outros modelos estatísticos (e.g., modelos de teste de hipóteses), os modelos nulos se caracterizam por excluir o mecanismo a ser testado à medida que se aleatoriza as matrizes de presença e ausência. Essas aleatorizações irão determinar se o padrão observado é resultado de alguma regra de montagem, e caso esse padrão se diferencie do padrão aleatorizado, ou se não possui essas regras de montagem, caso o padrão observado não se diferencie do padrão aleatorizado (Gotelli 2001). Mesmo tendo se mostrado muitas vezes inconsistentes (Gotelli & Graves 1996; Wheier *et al.* 2008; Weiher & Keddy 1999), ainda é a melhor forma para se trabalhar com os padrões de ocorrência de espécies (Ulrich & Gotelli 2007; Ulrich & Gotelli 2010). Segundo Wilson (1995), para que se obtenham resultados satisfatórios, é essencial a escolha do modelo mais apropriado, selecionando as características particulares para cada comunidade em estudo, especificamente.

Sendo assim, a utilização dos modelos nulos é uma importante ferramenta para evidenciar se comunidades possuem, ou não, regras montagem, que resultam na sua composição de espécies. Dessa forma, neste trabalho irá se testar essa hipótese em comunidades vegetais de afloramentos rochosos na Serra da Jiboia.

Os afloramentos rochosos possuem comunidades vegetais com características únicas que as fazem sobreviver em um ambiente pobre em nutrientes, com pouca, ou até nenhuma, camada de solo, muita insolação e também com uma enorme variação

de temperatura entre o dia e a noite (Oliveira & Godoy 2007). Esses fatores torna a região um interessante objeto de estudo dentro da ecologia de comunidades vegetais.

A região da Serra da Jiboia encontra-se nos limites dos municípios de Santa Terezinha, Castro Alves, Elísio Medrado, São Miguel das Matas e Varzedo, no estado da Bahia. A Vegetação da Serra da Jiboia apresenta características e espécies peculiares dada a sua proximidade com a vegetação de Caatinga, especialmente em sua porção norte. Duas distintas fisionomias de vegetação destacam-se na paisagem, as formações florestais de Mata Atlântica e vegetação sobre afloramentos de rocha. Os afloramentos de Rocha mais proeminentes ocorrem nas localidades do Morro da Pioneira, local do presente estudo, Pelada e Pedra da Miningida. Essa vegetação caracteriza-se por possuir uma vegetação disposta em ilhas predominantemente herbáceo-arbustiva (Carvalho Sobrinho & Queiroz 2005).

## **2. JUSTIFICATIVA**

Levando em consideração a importância do entendimento da estruturação das comunidades, a teoria de regra de montagem surge como um importante instrumento para auxiliar neste processo. Assim, este trabalho torna-se relevante para o desenvolvimento do conhecimento acerca deste conceito, montando um panorama geral deste campo científico.

Além disso, visto o atual estado da Floresta Atlântica e do pouco conhecimento acerca dos processos ecológicos que atuam nos afloramentos rochosos, entender como essas comunidades são formadas e quais regras atuam sobre as mesmas pode ser utilizado para futuros projetos, como por exemplo, trabalhos de restauração ambiental.

Para isso, o mesmo foi organizado em dois capítulos. O capítulo 1 versará sobre o estado da arte do tema Regra de Montagem. Já o segundo capítulo, apresenta um teste com dados de campo, se essas regras de montagem, atuam ou não sobre a vegetação em afloramentos rochosos, na Serra da Jiboia.

### 3. OBJETIVO GERAL

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo geral elucidar o estado da arte sobre regras de montagem em comunidades e testar modelos de regras de montagem para a vegetação em uma área de afloramento rochoso na Serra da Jiboia.

#### 3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Criar um banco de dados cienciométrico de regras de montagem;
- Elucidar em escalas global e nacional a produção científica nesse campo da ciência;
- Avaliar se existe um padrão de regras de montagem na formação das comunidades vegetais de afloramento rochoso na Serra da Jiboia.

### 4. REFERÊNCIAS

- Azeria, E. T.; Ibarzabal, J. & Hébert, C. (2012). Effects of habitat characteristics and interspecific interactions on co-occurrence patterns of saproxylic beetles breeding in tree boles after forest fire: null model analyses. **Oecologia**, 168(4), 1123-1135.
- Carvalho-Sobrinho, J.G. & Queiroz, L.P. (2005). Composição florística de um fragmento de Mata Atlântica na Serra da Jiboia, Santa Terezinha, Bahia, Brasil. **Sitientibus-Série Ciências Biológicas** 5:20-28.
- Connor, E. F., & Simberloff, D. (1979). The assembly of species communities: chance or competition?. **Ecology**, 60(6), 1132-1140.
- Diamond, J. M. (1975). Assembly of species communities. **Ecology and evolution of communities**, 342-444.

- Gotelli, N. J. & Graves, G. R. (1996). **Null models in ecology**. Smithsonian Institution Press, Washington, 1996.
- Gotelli, N. J. (2000). Null model analysis of species co-occurrence patterns. **Ecology**, 81: 2606-2621.
- Gotelli, N. J. (2001). Research frontiers in null model analysis. **Global ecology and biogeography**, 10(4), 337-343.
- Götzenberger, L.; De Bello, F.; Bråthen, K. A.; Davison, J. Dubuis, A.; Guisan, A.; Lepš, J.; Lindborg, R.; Moora, M.; Pärtel, M.; Pellissier, L.; Pottier, J.; Vittoz, P.; Zobel, K. & Zobel, M. (2012). Ecological assembly rules in plant communities—approaches, patterns and prospects. **Biological Reviews**, 87: 111-127.
- Keddy, P. A. (1992). Assembly and Response Rules: Two Island Biogeography and Gabriel Jaime Colorado Zuluaga Null Hypotheses. **Evolution**, 34(2), March, pp. 332-341.
- Lüttge, U., & Scarano, F. R. (2004). Ecophysiology. **Brazilian Journal of Botany**, 27(1), 1-10.
- Oliveira, R. B., & de Godoy, S. A. P. (2007). Composição florística dos afloramentos rochosos do Morro do Forno, Altinópolis, São Paulo. **Biota Neotropica**, 7(2), 37-47.
- Pielou, D. P., & Pielou, E. C. (1968). Association among species of infrequent occurrence: the insect and spider fauna of *Polyporus betulinus* (Bulliard) Fries. **Journal of Theoretical Biology**, 21:202–216.
- Queiroz, L. P. (1996). Flora vascular da Serra da Jiboia, Santa Terezinha – Bahia. I: O campo rupestre. **Sitientibus-Série Ciências Biológicas**, n.15, p.27-40.
- Ulrich, W., & Gotelli, N. J. (2007). Null model analysis of species nestedness patterns. **Ecology**, 88(7), 1824-1831.
- Ulrich, W., & Gotelli, N. J. (2010). Null model analysis of species associations using abundance data. **Ecology**, 91(11), 3384-3397.

Weiher, E. & Keddy, P. A. (1999). *Ecological Assembly Rules: Perspectives, Advances, Retreats*. Cambridge, United Kingdom.

Wilson, J. B. & Whittaker, R. J. (1995). Assembly Rules Demonstrated in a Saltmarsh Community. **Journal of Ecology**, 83(5), October, pp. 801-807.

Wilson, J. B. (1999). Assembly rules in plant communities. **Ecological assembly rules: perspectives, advances, retreats**, 130-164.

## CAPÍTULO I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E ESTADO DA ARTE DA REGRA DE MONTAGEM

### RESUMO

A regra de montagem, do inglês *assembly rules*, é uma ferramenta da ecologia que se mostra com um enorme potencial para o auxílio no entendimento da formação das comunidades dos diferentes biomas e ecossistemas, sendo utilizada, por exemplo, na restauração de ambientes degradados. Então, sabendo-se que a regra de montagem tem como objetivo entender a estrutura das comunidades ecológicas, este trabalho tem como finalidade, por meio de métodos cienciométricos, quantificar e avaliar os artigos publicados na área do conhecimento da ecologia. Para isso foram feitas buscas nas coleção de dados internacionais do site *ISI - Web of Science* ([www.webofknowledge.com/](http://www.webofknowledge.com/)) contendo a seguinte palavra chave: “*assembly rule*”. Nos artigos filtrados quantificamos: local da realização do estudo; ano da publicação; categoria; ecossistema estudado e grupo de organismo estudado. Através das análises dos dados, visualizamos que os Estados Unidos lideram a produção científica nesta área do conhecimento, sendo que o Brasil ocupa apenas a sexta colocação. Floresta foi o ecossistema mais estudado, conseqüentemente o organismo que mais apraceu nos dados foram as plantas. Assim, o estudo proporcionou elucidar o estado da arte das regras de montagem dentro da ecologia. Sendo assim, concluímos que essa é uma área ainda com interesse de investigação, tanto globalmente, quanto nacionalmente. Os Estados Unidos possuem a maior quantidade de trabalhos. Existe uma tendência para estudos de regras de montagem em ecossistemas florestais com comunidades vegetais. Por fim, os trabalhos práticos são a maioria em relação aos teóricos e ferramentais.

## 1. INTRODUÇÃO

Se as comunidades biológicas são assembleias determinísticas ou estocásticas é um tema debatido há bastante tempo e ainda hoje tem sido um tópico central da ecologia (Clements 1916; Drake 1990). Essa discussão é muito complexa, já que entender a organização de uma comunidade, acessando todos os níveis de interação presentes ali não é uma tarefa fácil (Weiher & Keddy 1999). O desenvolvimento da teoria de regras de montagem é um importante ramo de estudo que auxilia a diminuir a incerteza dos mecanismos existentes que guiam o processo de montagem da comunidade e que forneçam assim uma base teórica geral da organização dessas comunidades (Meyer & Kalko 2008).

As ideias sobre a formação das comunidades e, particularmente, se elas são formadas por regras ou aleatoriamente já é debatida desde o início do século XX (Clements 1916; Weiher e Keddy 1995). Já o termo “regra da montagem” foi introduzido primeiramente por Diamond em 1975 para explicar os padrões em comunidades de aves observadas nas ilhas da Nova Guiné. De acordo com esta teoria, a composição e a abundância das espécies que compõem uma comunidade obedecem a fatores que funcionam como filtros que agem internamente, determinando assim a co-ocorrência, ou não, dessas espécies dentro daquela comunidade (Keddy 1992).

Existem diferenças na maneira como a formação de comunidades são vistas, e tem havido fortes debates sobre como a regra de montagem pode ser abordada. Alguns autores argumentam que ela deve se concentrar nas relações bióticas (Diamond 1975; Wilson e Whittaker 1995), enquanto outros incluem tanto as relações bióticas quanto as restrições abióticas (Drake 1990; Booth & Larson 1999).

É bem verdade que a complexidade em se obter dados de eventos passados torna difícil para descobrir as regras de montagem, como um todo, pois os padrões encontrados podem derivar de eventos que ocorreram em um tempo histórico-evolutivo (Drake 1990). Porém, Weiher *et al.* (1998) sugerem duas formas de investigação que

predominaram no estudo de como comunidades diferentes surgem apesar de um mesmo conjunto de espécies. O primeiro caminho compreendeu o desenvolvimento de modelos nulos que testam padrões de co-ocorrência de espécies que difeririam da hipótese nula.

E o segundo envolve análises ecomorfológicas, que leva em consideração padrões de similaridade das espécies, como por exemplo, tamanho corporal, tamanho da folha, entre outras características que podem favorecer a presença de determinadas espécies na comunidade (Weiher *et al.* 1998). Isso possibilitou inclusive prever quais espécies de um determinado pool de espécies estarão presentes em uma área, através da análise de suas características ecomorfológicas (Keddy 1992). A adição dessas características tornam o processo de avaliação de co-existência das espécies muito mais preciso, pois ele leva em consideração além do modelo nulo, as diferenças entre os diferentes organismos daquela comunidade (Gotzemberger *et al.* 2012).

Este campo da ciência tem se mostrado essencial, com diversas utilizações práticas. Como no entendimento das invasões de espécies, que ocupam determinados ecossistemas e os alteram, na maioria das vezes sendo prejudicial as espécies nativas (Carbonel *et al.* 2017). Por meio da regra de montagem, podemos então entender esse processo e como as comunidades vão responder a isso (Townsend 1991; Moyle & Light 1996; Booth & Swanton 2002). A restauração ecológica, biorremediação, extinção de espécies e controle biológico são outras aplicações para este campo de pesquisa (Thompson *et al.* 2001).

A teoria da regra de montagem tem grande relevância na pesquisa ecológica, tentando explicar como os processos ecológicos moldam a diversidade biológica da Terra e como as comunidades complexas são formadas ao longo do tempo a partir de um conjunto de espécies regionais (Booth & Swanton 2002). Entender esses padrões é mais desafiador quando falamos de regiões tropicais, onde há várias comunidades com alta riqueza de espécies e baixo tamanho populacional (Wright 2002).

Sabendo então que a regra de montagem é um campo da ecologia de comunidades com um grande potencial de crescimento e ainda com muitas lacunas,

principalmente metodológicas, buscamos entender qual a situação atual desta área do conhecimento por meio de ferramentas cienciométricas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Este capítulo tem como objetivo elucidar o estado da arte da regra de montagem fazendo um epítome geral acerca do tema por meio de avaliação cienciométrica.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Criar banco de dados sobre a regra de montagem;
- Elucidar quais os grupos biológicos e ambientais são mais utilizados como objeto de estudo;
- Avaliar o cenário global e nacional de produção para este tema.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Para realização da cienciométrica foram feitas buscas na coleção de dados internacionais do site *ISI - Web of Science* ([www.webofknowledge.com/](http://www.webofknowledge.com/); acesso em 22/05/2018), contendo a seguinte palavra chave: “*assembly rule*”. Após isso, selecionamos os artigos que se encontram na categoria “*Ecology*”, totalizando 565 trabalhos.

Nos artigos selecionados quantificamos: i) Local da realização do estudo: país no qual o estudo foi realizado; ii) Ano da publicação; iii) Categoria (se teórico, prático ou ferramenta para auxiliar trabalhos na área): “teórico” correspondia aos trabalhos nos quais não existia coleta de campo de dados, eram trabalhos ligados à revisão de literatura, utilização de bancos de dados secundários para testes de hipóteses e desenvolvimentos de novas teorias sobre o tema, prático correspondia aos

trabalhos que testaram hipóteses através de coletas em campo e “ferramenta” estava ligado ao desenvolvimento de técnicas, algoritmos e programas computacionais; iv) Ecossistema estudado; v) Grupo de organismo estudado.

Nas análises dos dados, separamos os resultados em duas categorias, uma global composta por todos os artigos e uma categoria apenas para os estudos realizados no Brasil.

A partir da categorização foi elaborado um modelo de crescimento temporal de trabalhos na área com uma equação gerada por uma regressão linear, Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), (Gotelli & Ellison 2011). O número de trabalhos publicados foi utilizado como variável resposta e os anos como variável explanatória. Porém, como uma tendência natural, o total de trabalhos na área de ecologia cresce com o passar dos anos. Para corrigir esse efeito de amostra, foi utilizada como variável explanatória a proporção, em porcentagem, de trabalhos contendo o tema “*assembly rules*” em relação ao número de todos os trabalhos publicados na área de ecologia daquele mesmo ano.

Foram analisados os trabalhos entre o período de 1981, primeira vez em que o termo foi utilizado na área de ecologia no banco de dados do ISI, até 2018. O ano de 2018 não foi incluído nas análises do modelo de crescimento (i.e., regressão linear, MQO), pois, ainda era o ano corrente durante a realização da avaliação cienciométrica., logo, esse número não iria corresponder aos trabalhos totais do ano, influenciando assim no resultado do mesmo. Porém, os artigos de 2018 entraram nas quantificações absolutas dos demais histogramas (ver próximo parágrafo).

Para as outras quantificações (i.e., local de estudo, categoria, ecossistema e organismo) foram construído histogramas para verificar a tendência das publicações. Na confecção dos histogramas para a escala global foi ignorado as categorias que apresentaram números menores que 10 trabalhos, para viabilizar a representação nas figuras.

#### **4. RESULTADOS**

#### 4.1 RESULTADOS GLOBAIS

O modelo de regressão linear apresentou uma tendência de aumento no número de trabalhos (Figura 1,  $R^2 = 0,836$ ;  $p = 0,000$ ), mostrando uma relação positiva.

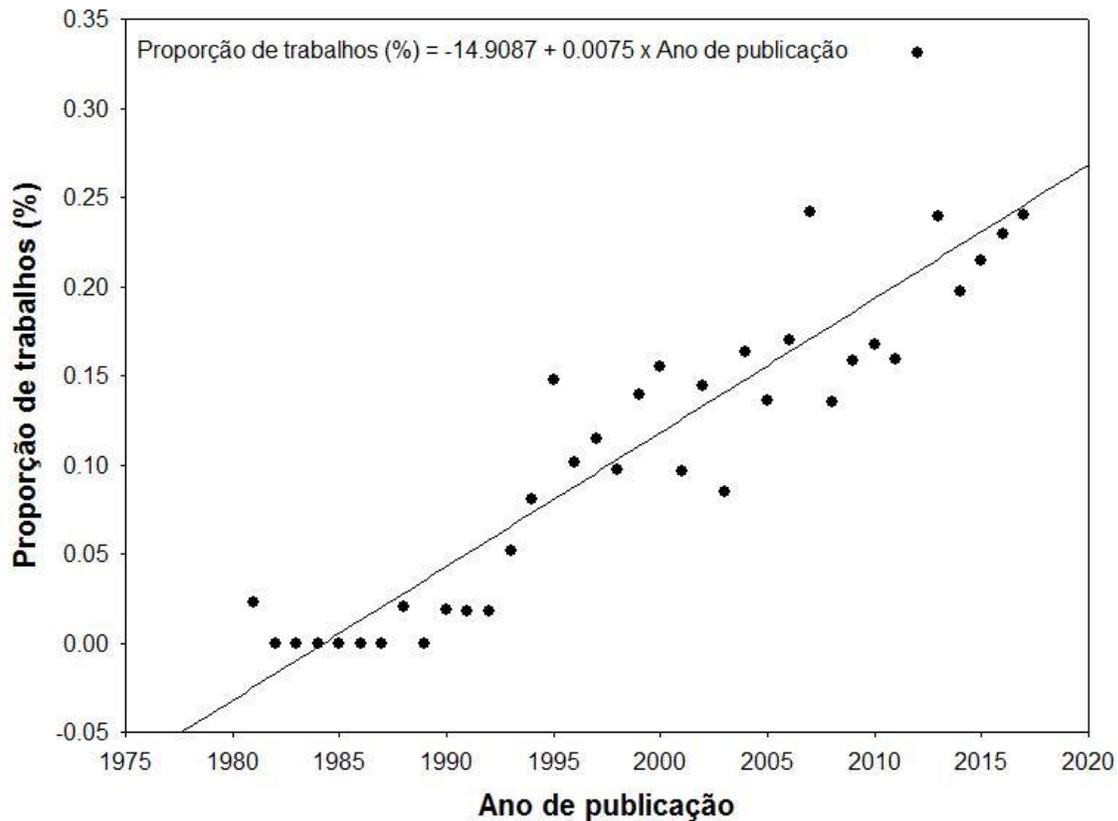


Figura 1. Modelo de Crescimento da proporção de artigos, em porcentagem, por ano.

O número de trabalho em relação ao ano mostra que o primeiro artigo no banco de dados pesquisado foi de 1981 e a partir de 1993 começa a aumentar o número de trabalhos, chegando a 54 trabalhos em 2012, o ano com o maior número de trabalhos (Figura 2).

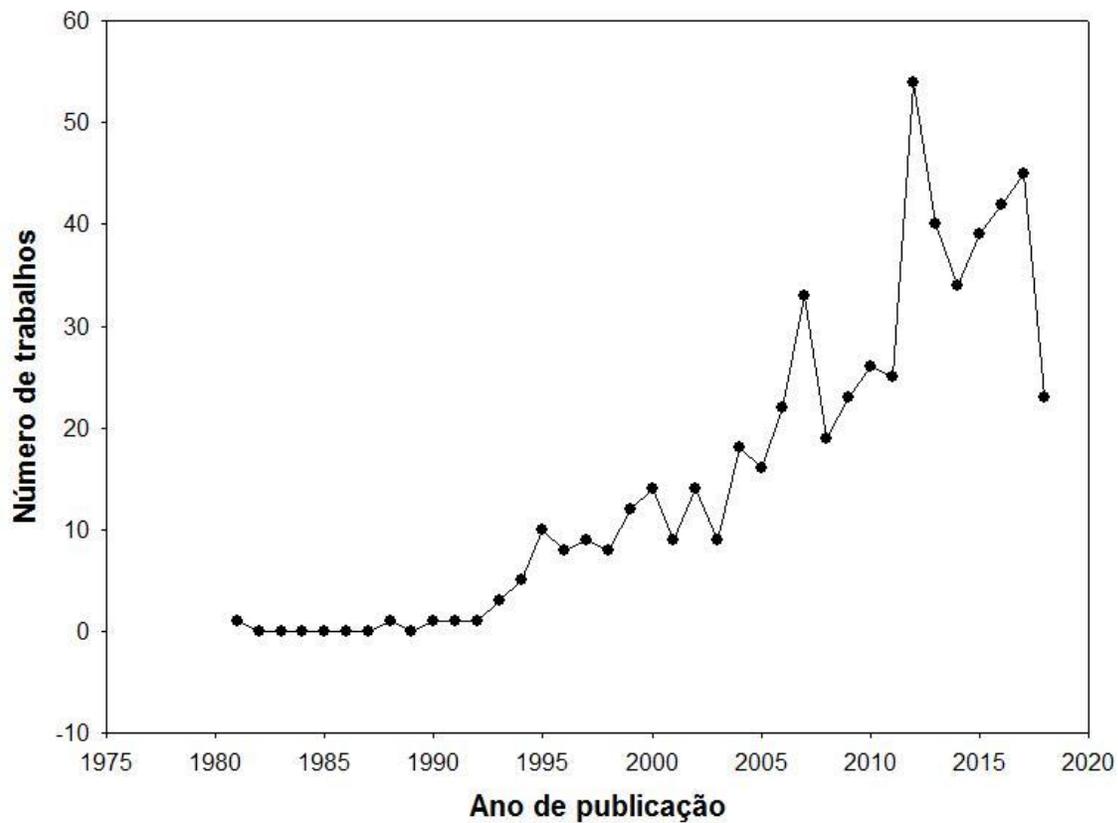


Figura 2. Número de trabalhos em relação ao ano de publicação.

Dos ecossistemas estudados, temos com maior número as florestas, 89 artigos, seguidos de pradarias, com 45 trabalhos e logo após os ecossistemas de água doce, com 35 artigos e ecossistemas marinhos, com 27 trabalhos (Figura 3).

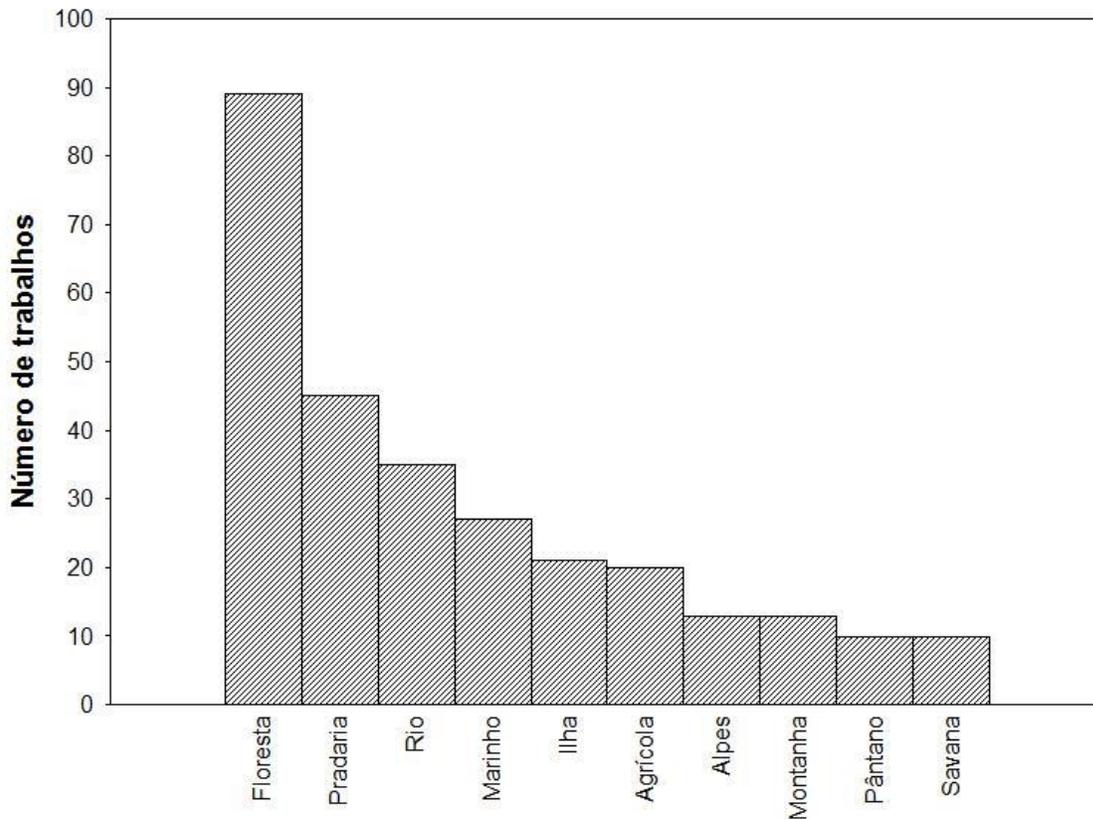


Figura 3. Número de Trabalhos em relação aos ecossistemas estudados.

Com relação aos organismos, tivemos um maior número para as plantas, com 219 artigos, o que mostra grande interesse da ecologia de comunidades por esse grupo. Entre os outros grupos presentes não houve uma grande diferença, com destaque para insetos e peixes, com 39 trabalhos para cada grupo (Figura 4).

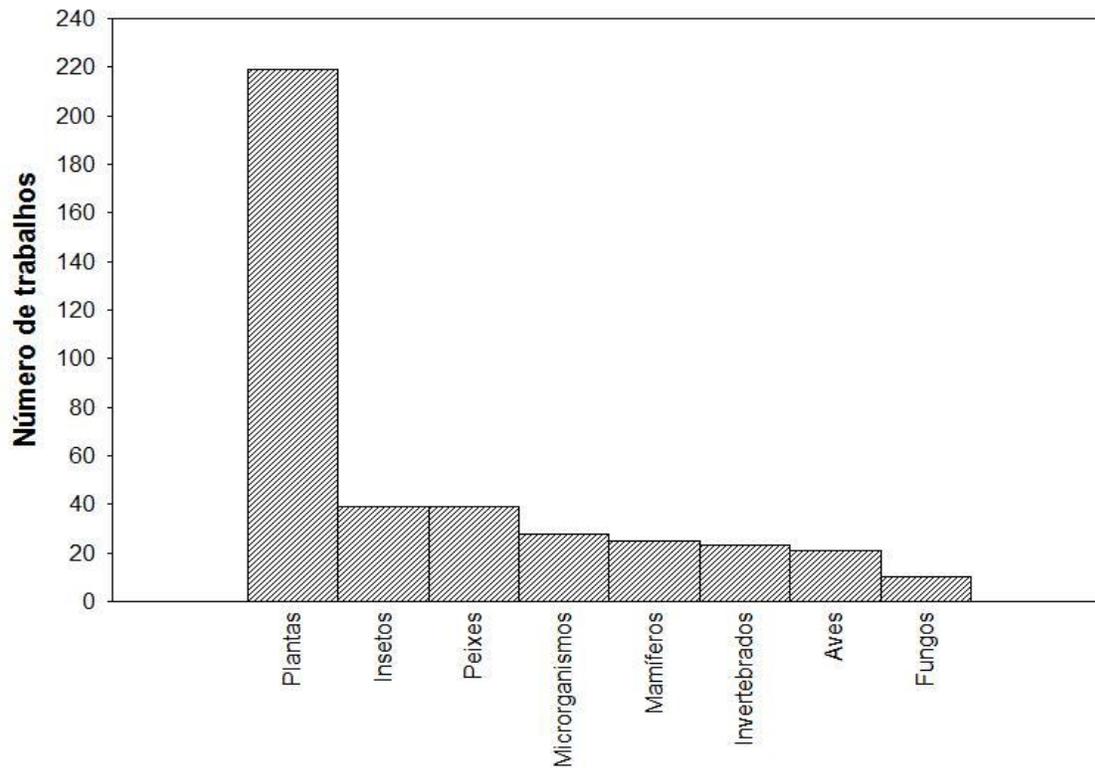


Figura 4. Número de trabalhos em relação aos organismos estudados.

No número de estudos por países, os Estados Unidos foi o país com maior quantidade de artigos, totalizando 128 trabalhos, seguidos da França, com 49 artigos e da Nova Zelândia, com 48 estudos (Figura 5).

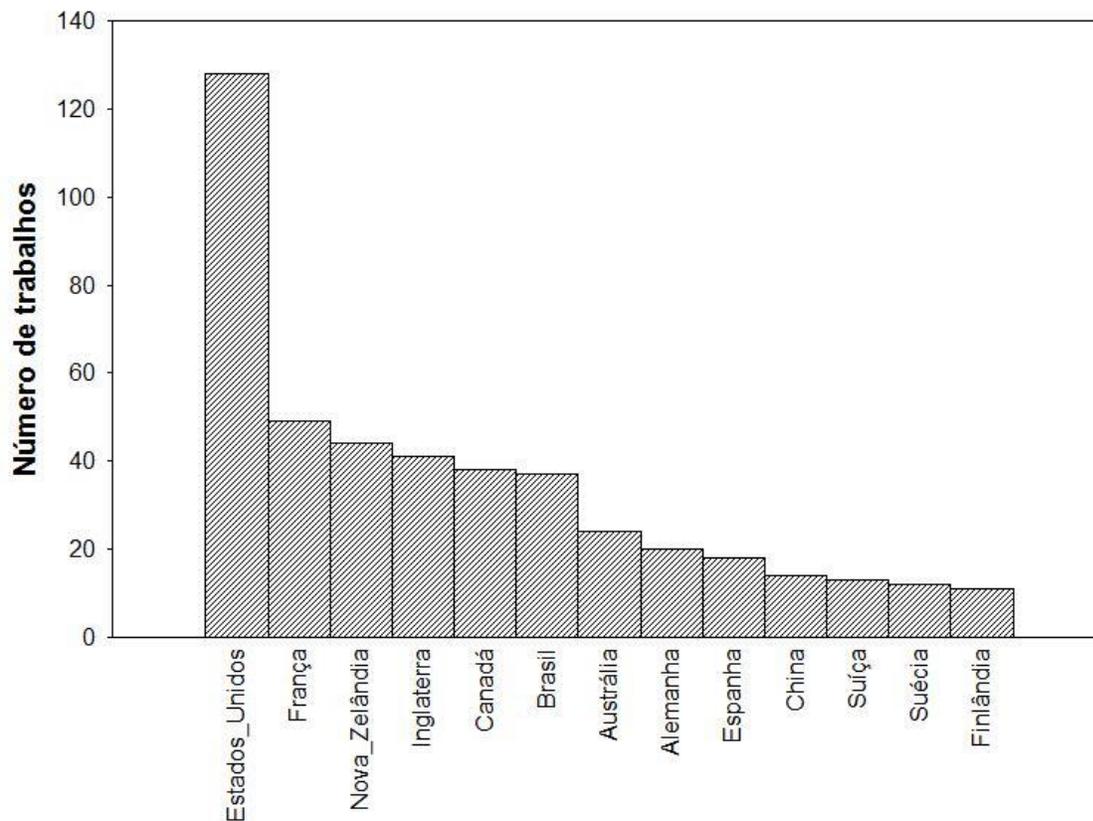


Figura 5. Número de trabalhos em relação aos países onde foram realizados.

De acordo com os tipos de trabalho, tivemos os artigos relacionados a aspectos práticos como a maioria, com 325 trabalhos. Os trabalhos teóricos totalizaram 231 trabalhos e os classificados como desenvolvedores de ferramenta apareceram sete vezes (Figura 6).

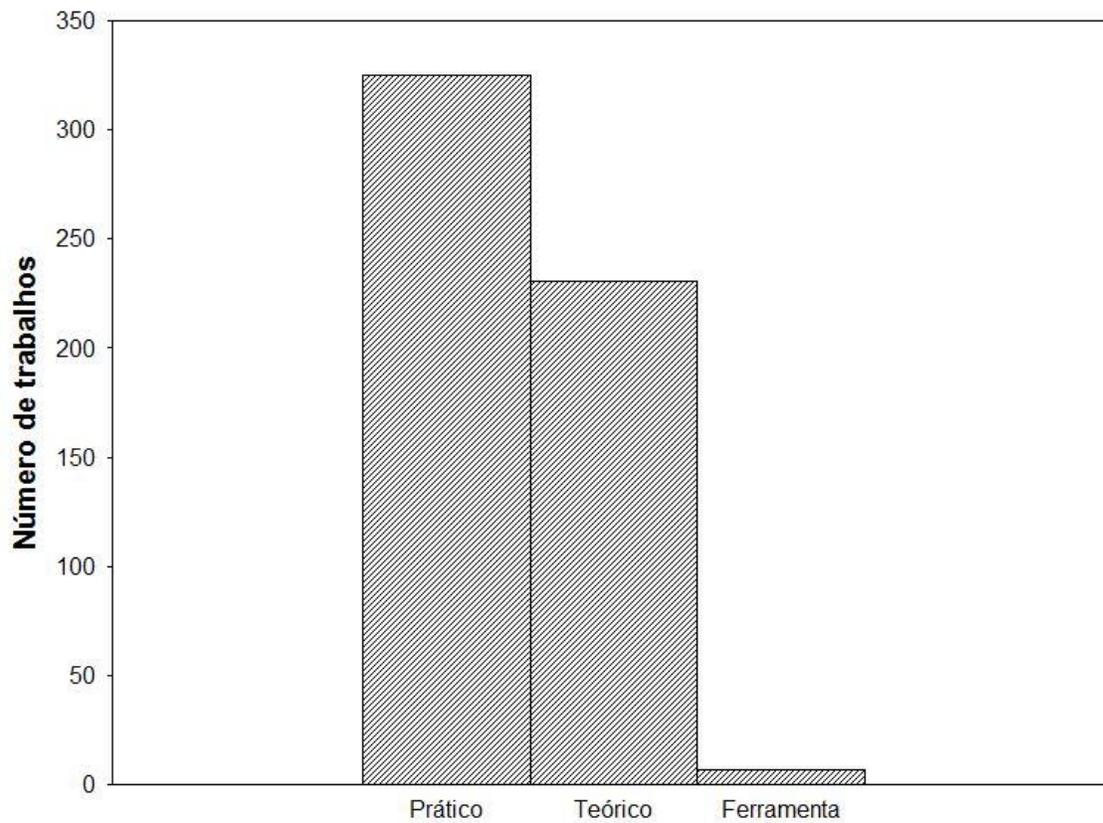


Figura 6. Número de trabalhos em relação a sua categoria.

## 4.2 RESULTADOS PARA O BRASIL

O modelo de crescimento para os artigos publicados no Brasil mostrou também uma relação positiva e significativa (Figura 7,  $R^2 = 0,420$ ;  $p = 0,006$ ).

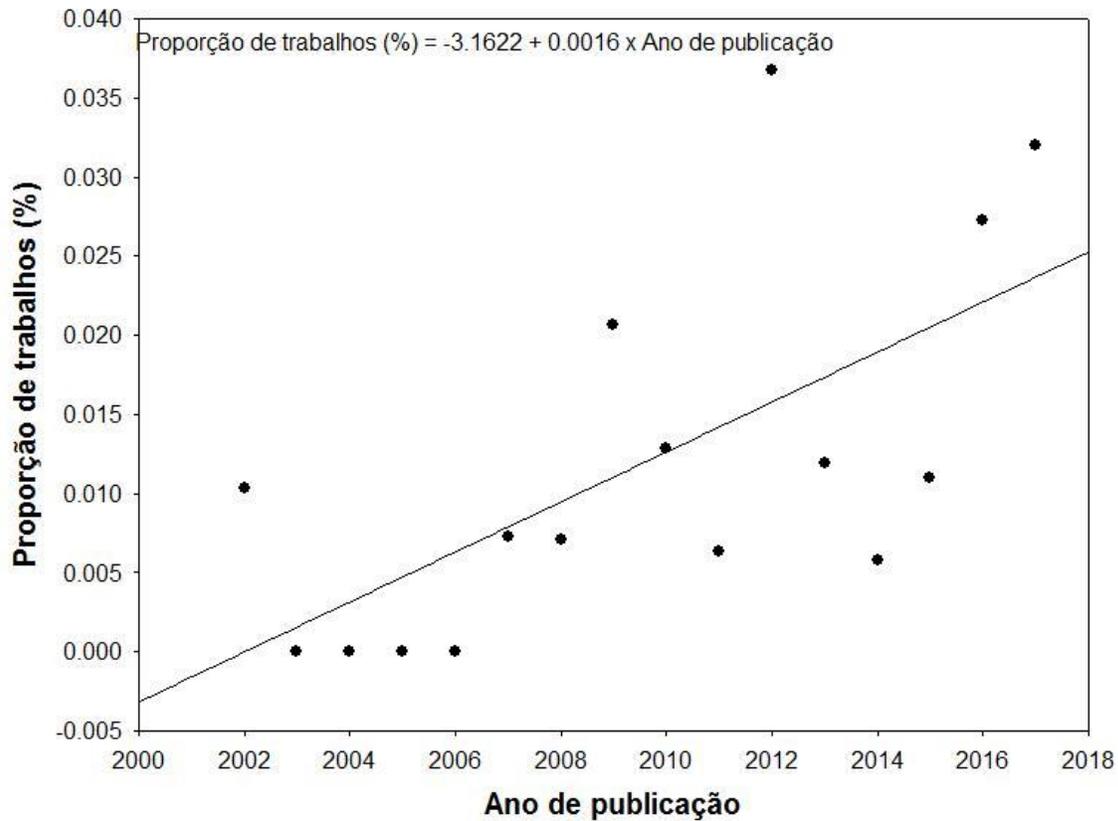


Figura 7. Modelo de crescimento para proporção de artigos em porcentagem por ano.

Quanto ao número de trabalhos, em relação ao ano podemos notar que o primeiro artigo publicado no Brasil foi no ano de 2002 e que em 2012 tivemos a maior quantidade, com seis trabalhos. Em 2017 também foram encontrados seis artigos, número que já foi alcançado no ano de 2018, mesmo sendo analisados apenas os trabalhos realizados até o mês de maio (Figura 8).

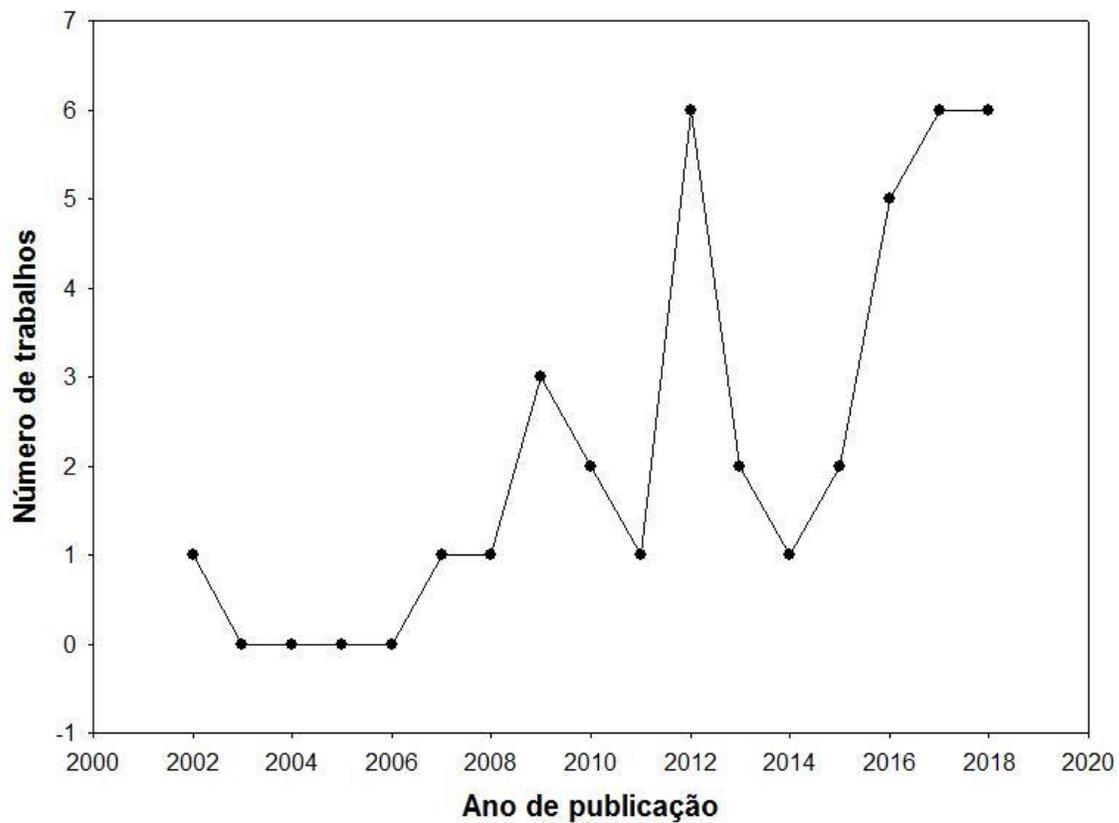


Figura 8. Número de trabalhos em relação ao ano.

O ecossistema mais estudado no Brasil foi o de Floresta, com 14 trabalhos e em seguida o ecossistema aquático, com oito artigos, sendo que esse número diz respeito ao ambiente dulcícola e marinho junto (Figura 9).

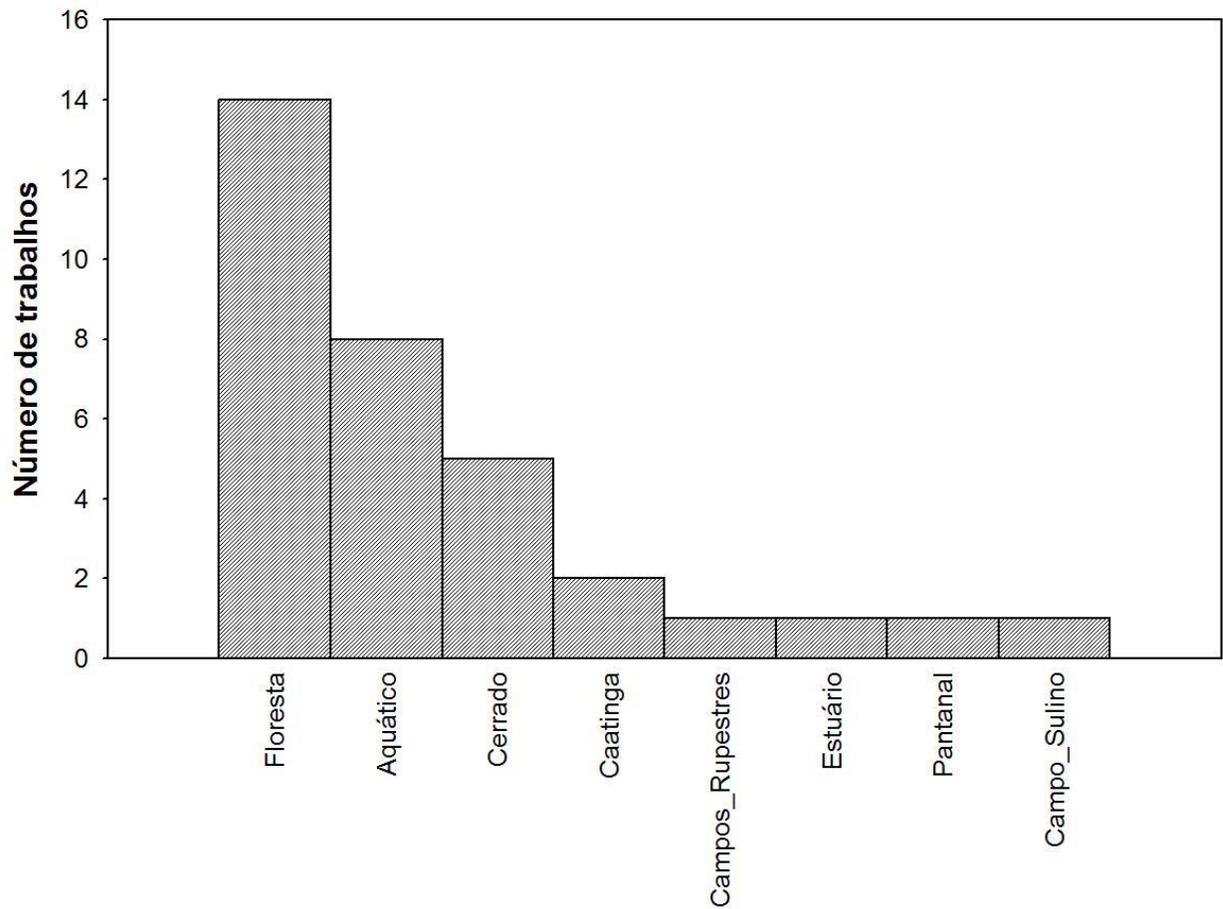


Figura 9. Número de artigos em relação ao ecossistema estudado.

As plantas formaram o grupo com maior quantidade de trabalhos na categorização dividida por organismos estudados, com 20 trabalhos, seguido de insetos, com sete trabalhos e peixes com quatro trabalhos (Figura 10).

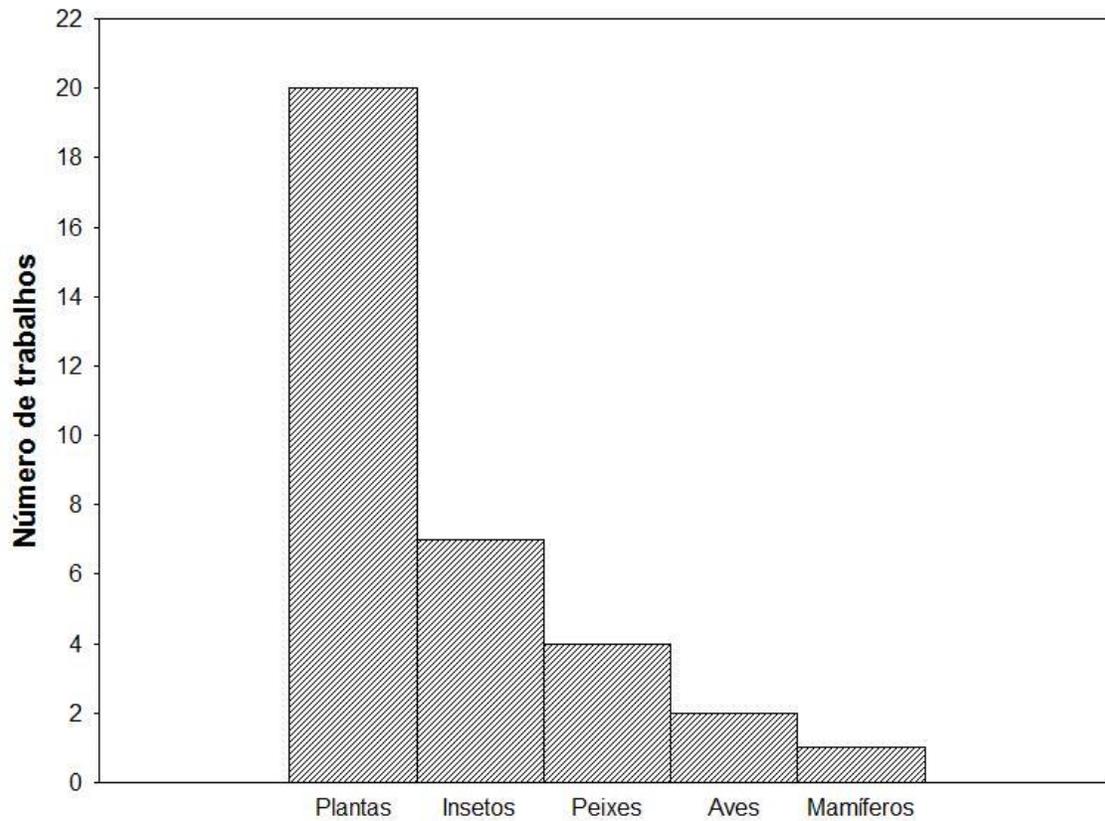


Figura 10. Número de trabalhos em relação aos organismos estudados.

Para a categoria de tipo do trabalho tivemos um maior número de trabalhos práticos, com 29 trabalhos e apenas oito trabalhos teóricos. Não foram encontrados trabalhos com o objetivo de apresentar uma ferramenta para estudos acerca do tema (Figura 11).

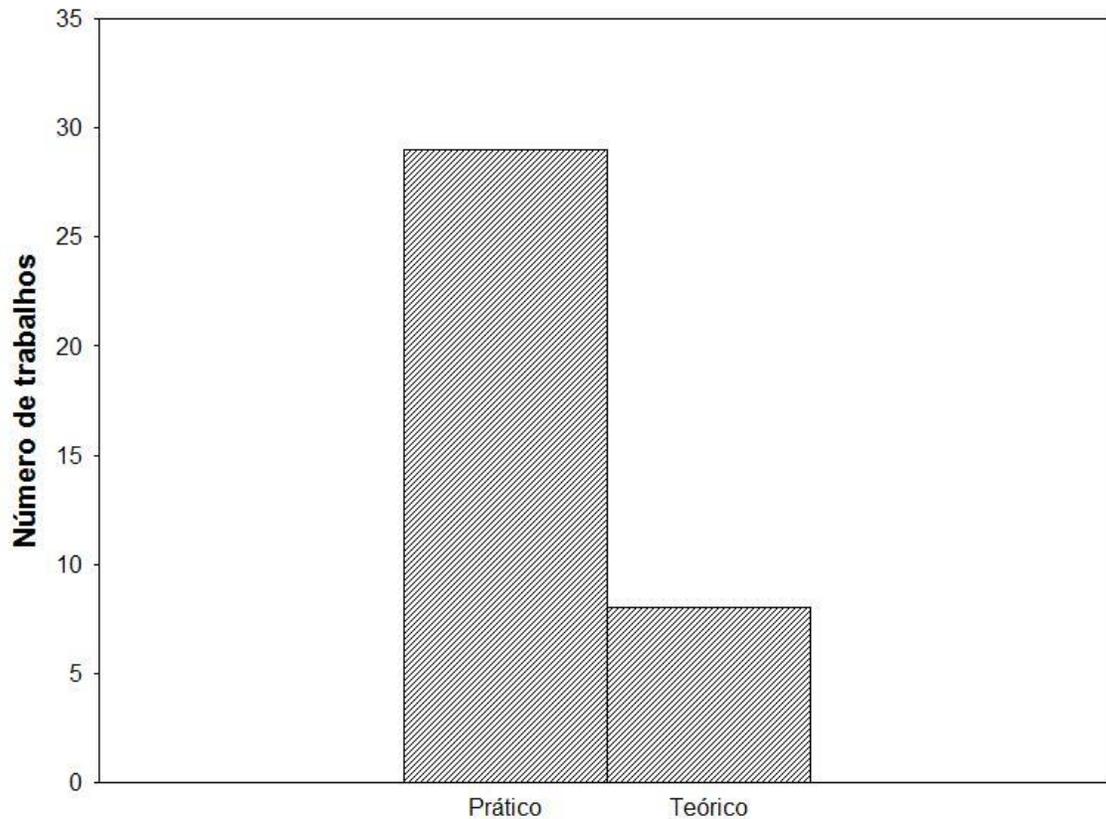


Figura 11. Número de trabalhos em relação a sua categoria.

## 5 DISCUSSÃO

Ao analisarmos os diferentes países em que foram realizados os estudos, notamos uma grande diferença dos Estados Unidos em relação aos demais países. Esse resultado é uma tendência geral nas diversas áreas das ciências devido ao grande investimento realizado em pesquisa, ciência e tecnologia por este país (De Negri & Squeff 2014). O Brasil ocupa a sexta colocação, com 37 trabalhos, o que pode ser entendido como uma lacuna no conhecimento para os ecossistemas nacionais.

Os modelos de crescimento, tanto na categoria global quanto na categoria nacional apresentaram um coeficiente positivo, indicando que a produção sobre o tema de regras de montagem continua crescendo. Logo, temos que esse campo de pesquisa ainda é de interesse da comunidade científica e que existe a necessidade de novos

trabalhos para melhor entendimento das regras que atuam sobre o processo de estruturação das comunidades.

O ecossistema de floresta foi o mais estudado tanto no padrão global, quanto no padrão nacional, provavelmente pela grande biodiversidade e importância que esses sistemas apresentam (Audino *et al.* 2017). Além disso, esses ecossistemas são altamente ameaçados por diversas ações antropogênicas (Campanili & Prochnow 2006). Portanto, é de fundamental importância o entendimento das regras de montagem dessas comunidades para a realização tanto de projetos de conservação, quanto de restauração (Dawson *et al.* 2017).

Nos grupos de organismos estudados, as plantas foram os que mais apareceram, com 219 trabalhos no mundo e 20 trabalhos no Brasil. Esses números são reflexos do resultado obtido nos tipos ecossistemas estudados. Dessa forma, os ecossistemas de florestas e pradarias lideraram na quantidade de trabalhos, sendo que as plantas são os principais organismos investigados nesses ambientes. Esse resultado também evidencia um maior interesse da ecologia de comunidades em estudar organismos vegetais.

Por fim, em relação aos números de trabalhos práticos, teóricos e de desenvolvimento de ferramentas, tivemos uma maior quantidade dos trabalhos de campo, podendo ser relacionado a pouca idade deste conceito na ecologia. Uma possível tendência geral é que com o amadurecimento do conceito, trabalhos teóricos e de desenvolvimento de ferramentas sejam mais recorrentes.

## **6 CONCLUSÃO**

O Estudo proporcionou elucidar o estado da arte das regras de montagem dentro da ecologia. Sendo assim, concluímos que essa é uma área ainda com interesse de investigação, tanto globalmente, quanto nacionalmente. Os Estados Unidos possuem a maior quantidade de trabalhos. Existe uma tendência para estudos de regras de

montagem em ecossistemas florestais com comunidades vegetais. Por fim, os trabalhos práticos são a maioria em relação aos teóricos e ferramentais.

## 7 REFERÊNCIAS

- Audino, L. D., Murphy, S. J., Zambaldi, L., Louzada, J., & Comita, L. S. (2017). Drivers of community assembly in tropical forest restoration sites: role of local environment, landscape, and space. **Ecological applications**, 27(6), 1731-1745.
- Booth, B. D. & Larson, D. W. (1999). Impact of language history and choice of system on the study of assembly rules. **Ecological Assembly Rules: Perspectives, Advances, Retreats**. p. 206-227.
- Booth, B. D., & Swanton, C. J. (2002). Assembly theory applied to weed communities. **Weed Science**, 50(1), 2-13.
- Campanili, M., & Prochnow, M. (2006). **Mata Atlântica: Uma rede pela floresta**. Rede de ONGs da Mata Atlântica (RMA), Brasil.
- Clements, F. E. (1916). **Plant succession: an analysis of the development of vegetation** (No. 242). Carnegie Institution of Washington.
- Dawson, S. K.; Warton, D. I.; Kingsford, R. T.; Berney, P.; Keith, D. A. & Cufford, J. A. (2017). Plant traits of propagule banks and standing vegetation reveal flooding alleviates impacts of agriculture on wetland restoration. **Journal of applied ecology**, 54(6), 1907-1918.
- De Negri, F., & Squeff, F. D. H. S. (2014). **Investimentos em P&D do governo norte-americano: evolução e principais características**.
- Diamond, J. M. (1975). Assembly of species communities. **Ecology and evolution of communities**, 342-444.

- Drake, J. A. (1990). Communities as assembled structures: do rules govern pattern? **Trends in Ecology & Evolution**, 5(5), 159-164.
- Gotelli, N. J., & Ellison, A. M. (2011). **Princípios de Estatística em Ecologia**. ARTMED. Porto Alegre, Brasil.
- Götzenberger, L.; De Bello, F.; Bråthen, K. A.; Davison, J. Dubuis, A.; Guisan, A.; Lepš, J.; Lindborg, R.; Moora, M.; Pärtel, M.; Pellissier, L.; Pottier, J.; Vittoz, P.; Zobel, K. & Zobel, M. (2012). Ecological assembly rules in plant communities—approaches, patterns and prospects. **Biological Reviews**, 87: 111-127.
- Keddy, P. A. (1992). Assembly and Response Rules: Two Island Biogeography and Gabriel Jaime Colorado Zuluaga Null Hypotheses. **Evolution**, 34(2), March, pp. 332-341.
- Meyer, C. F., & Kalko, E. K. (2008). Assemblage-level responses of phyllostomid bats to tropical forest fragmentation: land-bridge islands as a model system. **Journal of Biogeography**, 35(9), 1711-1726.
- Moyle, P. B. & Light, T. (1996). Biological invasions of fresh water: empirical rules and assembly theory. **Biological Conservation**, vol. 78, no. 1, p. 149-161.
- Thompson, J. N., Reichman, O. J., Morin, P. J., Polis, G. A., Power, M. E., Sterner, R. W., ... & Keesing, F. (2001). Frontiers of Ecology: As ecological research enters a new era of collaboration, integration, and technological sophistication, four frontiers seem paramount for understanding how biological and physical processes interact over multiple spatial and temporal scales to shape the earth's biodiversity. **BioScience**, 51(1), 15-24.
- Townsend, C. R. (1991). Exotic Species Management and the Need for a Theory of Invasion Ecology. **New Zealand Journal of ecology**, 15, January, pp.1-15.
- Weiher, E. & Keddy, P. A. (1995). Assembly rules, null models, and trait dispersion: new questions from old patterns. **Oikos**. 74(1):159-164.

- Weiher, E.; Clarke, G. P. & Keddy, P. A. (1998). Community assembly rules, morphological dispersion, and the coexistence of plant species. **Oikos** 81, 309–322.
- Weiher, E. & Keddy, P. A. (1999). *Ecological Assembly Rules: Perspectives, Advances, Retreats*. Cambridge, United Kingdom.
- Wilson, J. B. & Whittaker, R. J. (1995). Assembly Rules Demonstrated in a Saltmarsh Community. **Journal of Ecology**, 83(5), October, pp. 801-807.
- Wright, S. J. (2002). Plant diversity in tropical forests: a review of mechanisms of species coexistence. **Oecologia** 130: 1-14.

## CAPÍTULO II – AVALIAÇÃO DA TEORIA DA REGRA DE MONTAGEM EM COMUNIDADE DE AFLORAMENTO ROCHOSO DA SERRA DA JIBOIA

### RESUMO

Avaliar experimentalmente o processo da estruturação das comunidades e se existe alguma regra de montagem conduzindo essa estruturação é muito difícil. O método mais aplicável para realizar essas inferências é através de modelos nulos. Para se criar um modelo para testar regras de montagem em uma comunidade, primeiro se avalia a matriz de presença e ausência, gerada pela comunidade observada, e a partir disso, é criada uma comunidade com co-ocorrências entre as espécies esperadas ao acaso. Existem quatro principais índices para avaliar matrizes de presença e ausência em padrões de co-ocorrência de espécies em uma comunidade: o *Checker*, o *C-score*, o *V-ratio* e o *COMBO*. Para testar se o valor observado dos índices na comunidade possui uma significância estatística, utilizamos formas diferentes de aleatorizar as matrizes de presença e ausência de acordo com a soma das linhas e das colunas. Existem poucas informações sobre esse processo de formação das em alguns tipos de comunidades vegetais, como no caso das vegetações sobre afloramentos rochosos. Devido as peculiaridades dos ambientes de afloramentos rochosos e a falta de estudos sobre o tema, este trabalho visa compreender melhor a formação das comunidade de afloramentos rochosos utilizando a metodologia de modelos nulos. Não foram encontrados resultados significativos para os índices *C-score* e *V-ratio*. O *Checker* se mostrou significativo apenas para três simulações, porém essas são vulneráveis ao falso positivo. Já o índice *COMBO* se mostrou significativo, o que nos permite afirmar que a síntese dessas comunidades é guiada por combinações de espécies, possivelmente devido à grande influência de espécies facilitadoras em locais com condições adversas.

## 1. INTRODUÇÃO

Avaliar experimentalmente o processo da estruturação das comunidades e se existe alguma regra de montagem conduzindo essa estruturação é muito difícil, tanto pela logística quanto pela ética. Pois, abordagens experimentais manipulativas podem esbarrar muitas vezes em questões éticas, ou até mesmo porque replicar as condições ambientais com todas as interações existentes é praticamente impossível. Sendo assim, o método mais aplicável para realizar essas inferências é através de modelos nulos (Connor & Simerloff 1986).

Connor & Simberloff (1986) foram os responsáveis por popularizar esse método para lidar com esse problema. Desde então, os modelos nulos tem um papel fundamental no estudo em ecologia de comunidades (Ladau 2008). Eles são utilizados principalmente para avaliações de padrões de co-ocorrência de espécies e de padrões da biodiversidade na macroecologia (Gotelli 2001). Esses modelos raramente utilizam inferência com dados teóricos, em sua maioria, eles utilizam dados reais (Gotelli 2001), obtidos por meio de um banco de dados, ou por observações em campo.

Para se criar um modelo nulo, para testar regras de montagem em uma comunidade, primeiro se avalia a matriz de presença e ausência, gerada pela comunidade observada, e a partir disso, é criada uma comunidade com co-ocorrências entre as espécies esperadas ao acaso, um padrão nulo. O processo de criação dessa comunidade com padrões de co-ocorrência nulo segue princípios de acordo com o índice utilizado e o conjunto de regras de aleatorização das linhas e colunas da matriz de presença e ausência (Gotelli 2001; Ladau 2008).

A aplicação dos modelos nulos traz muitas vantagens, entretanto ela tem também muitas limitações (Wilson 1995). Sabendo disso, é necessário que sigamos critérios rigorosos na metodologia e análise dos dados para que seja possível chegar a conclusões ecológicas palpáveis, utilizando esses modelos (Ladau & Ryan 2010). A escolha da metodologia é fundamental na utilização dos modelos nulo. Segundo Ladau & Ryan (2010), um teste pode ter níveis baixíssimos de erro quando aplicado a um

conjunto de dados e 100% de erro quando esse mesmo teste é aplicado a outro conjunto de dados.

Existem quatro principais índices para avaliar matrizes de presença e ausência em padrões de co-ocorrência de espécies em uma comunidade: o *Checker*, o *C-score*, o *V-ratio* e o *COMBO* (Gotelli 2000).

O índice *Checker* busca na distribuição das espécies inseridas na matriz o padrão de “*Checkerboard*” (“Tabuleiro de Damas”), levando em consideração a matriz como um todo. Esse padrão é caracterizado pela alternância das espécies nos diferentes pontos da área de estudo, ou seja, uma sempre está presente quando a outra está ausente (Diamond 1975). Esse índice permite afirmar que uma espécie compete com a outra, levando-as a buscar sempre pontos distintos.

O *C-score*, por sua vez, divide a matriz em submatrizes de duas colunas por duas linhas e as chama de unidades, então avalia qual a média de unidades em que ocorre o padrão de tabuleiro de damas (“*Checkerboard*”) (Stone & Roberts 1990). Assim o *C-score* afere a média de segregação entre as espécies, enquanto o *Checker* analisa o total de pares que foram encontrados. Ambos avaliam se a riqueza dentro daquela comunidade é guiada pela competição ou não. Porém o índice *C-score*, por levar em consideração nas suas análises uma média geral, é menos rígido que o índice *Checker* (Gotelli & Rohde 2002).

O índice *V-ratio* leva em consideração apenas a soma das linhas e colunas, criando uma proporção de variância entre elas. Em uma comunidade estruturada de forma aleatória, espera-se que essa proporção varie entre as ilhas, porém, se interações biológicas estão interferindo na riqueza de espécies das comunidades, isso tende convergir para número constante por ilha (Schuluter 1984).

O número de combinações de espécies, *COMBO*, como o nome sugere, enumera nas matrizes as vezes em que espécies aparecem combinadas e determina se essas combinações estão restringindo o número de espécies naquela comunidade (Pielou & Pielou 1968). Por exemplo, se temos as espécies A, B e C presentes no conjunto total de espécies de uma comunidade, mas a ocorrência da espécie A

combinada a espécie B impede a presença da espécie C, podemos afirmar que essa combinação limita o número total de ocorrências na comunidade.

Para testar se o valor observado dos índices na comunidade possui uma significância estatística, Gotelli (2000) descreve uma série de formas diferentes de aleatorizar as matrizes de presença e ausência. Essas aleatorizações podem deixar as somas tanto das linhas, quanto das colunas fixas, equiprováveis, ou proporcionais. Se tivermos três formas de tratar as somas das colunas e três formas de tratar a soma das linhas, temos um universo de três elevado a segunda potência em possibilidades ( $3^2$ ). Portanto, nove possibilidades de aleatorizações das matrizes, ou nove simulações para cada um dos quatro índices (Gotelli 2000). Nas somas fixas, os valores tanto das colunas quanto das linhas variam (através das aleatorizações) contando que o total não varie. Nas somas equiprováveis, ocorre quando o modelo nulo supõe que as colunas, ou as linhas, tem a mesma probabilidade de ser ocupadas, então o valor da soma total da linha, ou da coluna, pode variar, porém todas vão ter a mesma média de ocorrência nas células. Nas somas proporcionais, que é um meio termo entre o método de somas fixas e o de somas equiprováveis, ele permite que a soma da linha, ou coluna, varie mas mantém a disposição das espécies nas células proporcionalmente ao total das colunas (Gotelli 2000).

Há uma resistência a ideia de que vários processos metodológicos podem ser utilizados para um mesmo tipo de análise e ainda assim trazer resultados tão distintos (Gotelli 2000). Entretanto, precisamos considerar que diferentes tipos de regras podem agir na comunidade, como, por exemplo, a competição ou a cooperação entre as espécies. Assim, cada índice tem a capacidade de buscar determinado padrão na matriz de presença e ausência de espécies, existindo a necessidade de testar, o máximo de situações possíveis para a regra de montagem na comunidade (Gotelli 2000).

Ao se tratar das comunidades vegetais, nem sempre foi aceito a ideia de que as regras de montagem existiam para elas. Drake (1990) afirmou que a regra de montagem era um processo comum nas comunidades vegetais, sendo rebatido por Wilson (1991), dizendo não existir comprovações empíricas para tal afirmação. O

mesmo autor (Wilson 1994), estudando uma comunidade de gramíneas confirmou empiricamente que existe regra de montagem nas comunidades vegetais. Esse grande debate focado na busca por princípios que explicasse a regra de montagem nas comunidades vegetais, iniciado na década de 80 e intensificado na década de 90, foi essencial para a produção de inúmeros trabalhos na área (Gottzemberger 2012).

Mesmo com tantos trabalhos realizados, poucas informações se sabem sobre alguns tipos de comunidades vegetais, como no caso das vegetações sobre afloramentos rochosos. Apesar dos padrões fitogeográficos para essas comunidades serem bem estabelecidos, há uma falta de entendimento sobre a formação e a estruturação dessas comunidades (Villa *et al.* 2018).

A vegetação sobre o afloramentos de rocha difere da vegetação, normalmente dominante, ao seu redor (Porembski 2016). Segundo esse mesmo autor essa vegetação apresenta um microclima e condições ambientais únicas, como, por exemplo, solos rasos e ou ausente, o que gera ausência de suporte mecânico para as plantas, falta de água e nutrientes (Porembski 2016). Esses fatores geram condições e recursos ecológicos muito específicos, conferindo a esses ambientes a presença de espécies vegetais raras e muitas vezes endêmicas, adaptadas a esses habitats extremos (Porembski 2007).

Devido as peculiaridades dos ambientes de afloramentos rochosos e a falta de estudos sobre o tema, este trabalho visa compreender melhor a formação das comunidade de afloramentos rochosos utilizando a metodologia de modelos nulos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Este capítulo tem como objetivo analisar as regras de montagem nas comunidades dispostas em “ilhas” presentes em afloramentos rochosos, na Serra da Jiboia.

## 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Testar as metodologias de modelos nulos para regra de montagem da Serra da Jiboia;
- Indicar qual modelo nulo melhor se aplica para o conjunto de dados das comunidades vegetais sobre um afloramento rochoso na Serra da Jiboia.

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A Serra da Jiboia encontra-se no Recôncavo Sul da Bahia, nos limites de cinco municípios: Castro Alves, Elísio Medrado, Santa Terezinha, São Miguel das Matas e Varzedo (Figura 12). Situa-se em uma latitude de 12° 51' 12" S e uma longitude de 39° 28' 34" W. Seu topo chega a uma altitude de 750 a 800 metros acima do nível do mar (Carvalho-Sobrinho & Queiroz 2005). Apresenta uma extensão de 8.611 hectares, com 5.616 hectares de remanescente florestal contínuo de Floresta Atlântica em diferentes estágios de conservação e regeneração (Blengini *et al.* 2015).

A Serra da Jiboia apresenta duas formações vegetais, sendo uma parte coberta por floresta ombrófila densa, pois esta face está voltada para vertente oriental, recebendo assim os ventos do litoral. A outra face da Serra da Jiboia é voltada para o ocidente e é mais seca, revestida por floresta estacional semidecídua (Santos 2003).

Nessa região também é encontrado afloramentos de rocha granítica na qual estão presentes uma vegetação rupícola herbáceo-subarbusciva, distribuídas em manchas que são denominadas ilhas de vegetação (Figura 13, Blengini *et al.* 2015).

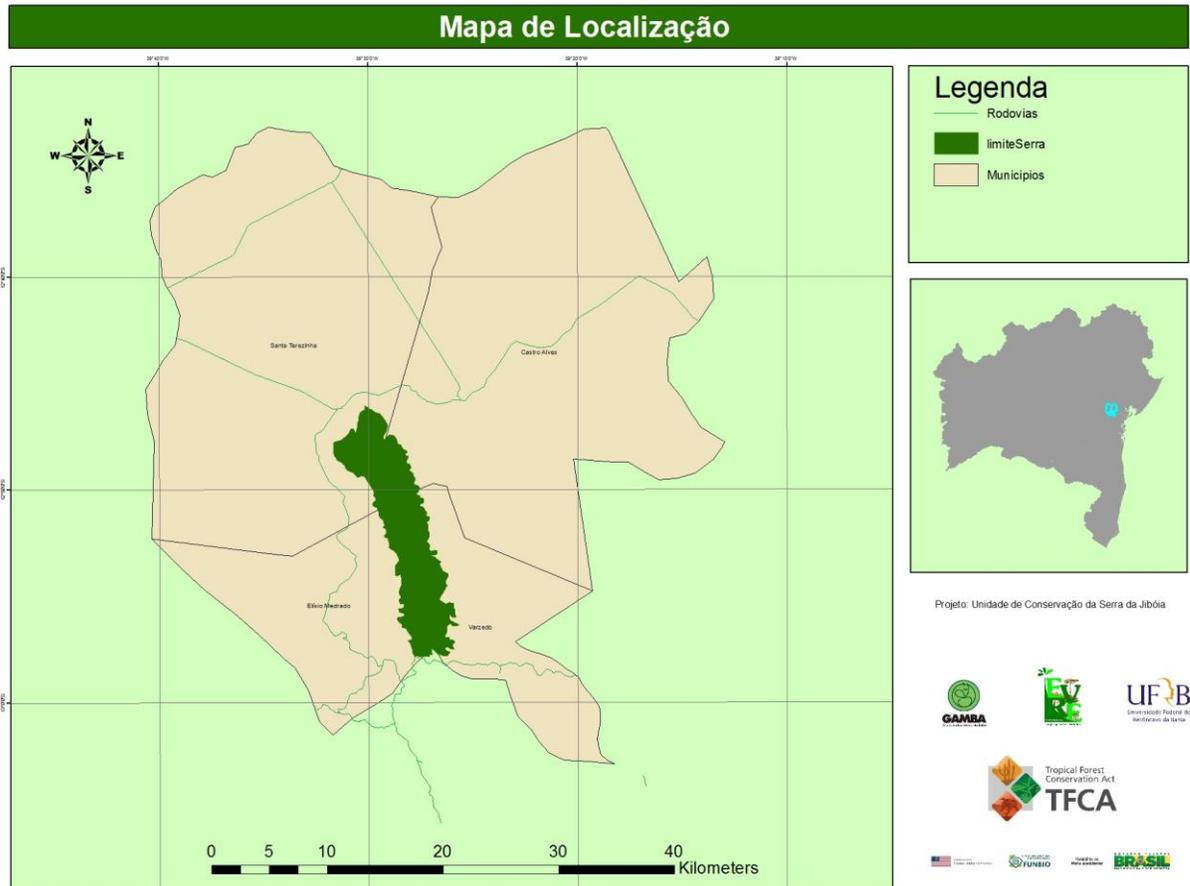


Figura 12. Mapa da área de estudo. Fonte Blengini *et al.* (2015).



Figura 13. Imagem do Morro da Pioneira, Serra da Jiboia, onde existe a comunidade vegetal nos afloramentos rochosos. Fonte: Laboratório de Ecologia Vegetal e Restauração Ecológica – UFRB.

### 3.2 COLETA DOS DADOS

Para o estudo da comunidade em questão foram selecionadas 62 ilhas de solo sobre o afloramento rochoso, em uma localidade denominada Morro da Pioneira (Figura 13). Foram realizadas visitas mensais entre julho de 2008 à fevereiro de 2010, onde todos os espécimes vegetais vasculares férteis, diretamente associados ao afloramento, foram coletados, herborizados e incorporados ao Herbário da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (HURB).

As ilhas de solo foram escolhidas pelo método de amostragem preferencial, onde foram demarcadas somente as ilhas de solo totalmente rodeadas por rocha nua e não localizadas nas bordas do afloramento rochoso, para não haver interferência direta da flora ruderal adjacente nos resultados do estudo.

### 3.3 TESTES REALIZADOS

Foi utilizado o programa computacional EcoSim (Gotelli & Entsminger 1999) para calcular tanto os valores observados dos índices na comunidade vegetal sobre o afloramento de rocha na Serra da Jiboia, quanto a frequência de mil valores esperados ao acaso. Dessa forma, foi buscado um padrão de resultados que mais se adequa aos dados das ilhas de vegetação no afloramento rochoso no Morro da Pioneira, Serra da Jiboia, para indicar então se existe alguma regra atuando na formação desta comunidade.

Para avaliar os padrões de co-ocorrência de espécies nas comunidades vegetais dos afloramentos rochosos utilizamos quatro índices: o *Checker*, descrito por Diamond (1975); o *C-score*, descrito por Stone & Roberts, (1990); o *V-ratio*, descrito por Robson (1972) e Schluter (1984); e o *COMBO*, descrito por Pielou & Pielou (1968). Eles buscam diferentes padrões nas matrizes de presença e ausência de espécies para avaliar o que determina a co-ocorrência das espécies (Gotelli 2000). De uma maneira geral, cada índice tem sua forma de calcular a frequência de co-ocorrência das espécies de uma comunidade. Dessa forma, esses índices refletem o padrão da estrutura da comunidade observado.

De uma forma geral, o processo de aleatorização da matriz de presença e ausência é repetido mil vezes, para estabelecer uma frequência de resultados esperados ao acaso, para cada algoritmo. De acordo com Gotelli (2000) nós separamos as aleatorizações em nove simulações (Tabela 1, "SIM"). Então é calculada a probabilidade do valor do índice observado na comunidade estudada estar acontecendo ao acaso, comparando com a frequência dos mil resultados esperados ao acaso.

Tabela 1. Combinações entre os tipos de soma das aleatorizações (fixa, equiprovável e proporcional entre as linhas e colunas

<b>Colunas/Linhas</b>	<b>Equiprováveis</b>	<b>Proporcionais</b>	<b>Soma fixa</b>
<b>Equiprováveis</b>	SIM 1	SIM 7	SIM 2
<b>Proporcionais</b>	SIM 6	SIM 8	SIM 4
<b>Soma Fixa</b>	SIM 3	SIM 5	SIM 9

Para determinar se os resultados são significativos ou não, calculamos a probabilidade do valor observado ser maior que esperado ao acaso para os índices *Checker* e *C-score* (Gotelli 2000). Para os índices *COMBO* e *V-ratio*, calculamos a probabilidade do valor observado ser menor que esperado ao acaso (Gotelli 2000).

#### 4. RESULTADOS

O número de espécies formando o padrão de segregação conhecido como “*checkerboard*”, para o índice *Checker* foi de 179, o valor foi maior que esperado ao acaso apenas nas simulações SIM 3, SIM 5 e SIM 6 (Tabela 2).

Para o índice *C-score* tivemos um número médio de espécies formando pares de 5,083, não sendo maior do que esperado ao acaso em nenhuma das simulações (Tabela 2). Da mesma forma o valor do índice *V-ratio* foi de 7,264 e em nenhuma das simulações foi menor do que esperado ao acaso (Tabela 2). Por fim, o número de combinações de espécies, no índice *COMBO*, foi de 29 que foi significativamente menor do que esperado ao acaso em comparação com todas as simulações (Tabela 2).

Tabela 2. Resultado das análises dos modelos nulos para a comunidade vegetal de afloramentos rochosos da Serra da Jiboia

	<b>Checker</b>	<b>C-score</b>	<b>COMBO</b>	<b>V-ratio</b>
<b>Observado</b>	179,000	5,083	29,000	7,264
<b>SIM1</b>	262,705 (1,000)	33,710 (1,000)	<b>59,820</b> <b>(0,000)</b>	0,904 (1,000)
<b>SIM2</b>	394,752 (1,000)	14,390 (1,000)	<b>53,001</b> <b>(0,000)</b>	0,973 (1,000)
<b>SIM3</b>	<b>100,872</b> <b>(0,000)</b>	26,065 (1,000)	<b>54,650</b> <b>(0,000)</b>	4,825 (1,000)
<b>SIM4</b>	341,760 (1,000)	9,731 (1,000)	<b>45,253</b> <b>(0,000)</b>	2,762 (1,000)
<b>SIM5</b>	<b>127,590</b> <b>(0,032)</b>	14,660 (1,000)	<b>47,190</b> <b>(0,000)</b>	5,734 (1,000)
<b>SIM6</b>	<b>132,264</b> <b>(0,021)</b>	27,030 (1,000)	<b>50,652</b> <b>(0,000)</b>	3,684 (1,000)
<b>SIM7</b>	260,150 (0,970)	25,630 (1,000)	<b>56,500</b> <b>(0,000)</b>	0,939 (1,000)
<b>SIM8</b>	215,550 (0,932)	18,133 (1,000)	<b>49,411</b> <b>(0,000)</b>	2,950 (1,000)
<b>SIM9</b>	163,594 (0,053)	4,780 (0,084)	<b>35,084</b> <b>(0,000)</b>	n,a,

Nota: A primeira linha representa os índices analisados e a primeira coluna os algoritmos (formas de aleatorizar a matriz de presença e ausência). Na segunda linha temos os valores observados dos índices para a comunidade de vegetação de afloramentos rochosos da Serra da Jiboia. Em seguida os valores médios dos índices encontrados nas 1000 aleatorizações para cada simulação, referente a comunidade nula. Entre parênteses está a probabilidade de encontrar o valor observado na frequência dos 1000 valores simulados. Para os índices *Checker* e *C-score* é esperado que o valor observado seja maior que os valores esperados ao acaso. Para os índices *COMBO* e *V-ratio* é esperado que o valor seja menor que esperado ao acaso (ver Gotelli, 2000 para detalhes). Os valores em negrito foram os que apresentaram significância estatística.

## 5. DISCUSSÃO

Para o *Checker* apenas as simulações SIM 3, SIM 5 e SIM 6 foram significativas, porém os algoritmos utilizados nessas simulações são vulneráveis ao falso positivo, ou erro de tipo I (Gotelli 2000). Não foram encontrados números significativos nas análises do *C-score*. Sabendo que os índices *Checker* e *C-score* buscam padrões de competição, não achamos indícios de que a formação da comunidade seja guiada por este fator nas comunidades vegetais dos afloramentos rochosos da Serra da Jiboia.

O índice *COMBO* obteve o valor observado menor do que o número de combinações simuladas com todos os algoritmos. Esse fato nos permite afirmar que a ligação entre determinadas espécies conduz a formação das estruturas das comunidades nas ilhas vegetais dos afloramentos rochosos da Serra da Jiboia. Este índice é confiável no quesito de vulnerabilidade ao falso positivo, mostrando resultados muito consistentes nos testes para o erro de tipo I (Gotelli 2000).

Dessa forma, é sabido que os afloramentos rochosos são ambientes extremamente adversos, com grandes variações de temperaturas, pouca, ou nenhuma, profundidade de solo e com isso pouca capacidade para reter a água da chuva (Porembski 2007). Essas condições ambientais extremas são o principal filtro limitador na formação das comunidades de afloramentos rochosos (Grogger & Huber 2007). Esse cenário também é observado nos afloramentos rochosos da Serra da Jiboia, e em ambientes com tais condições, a facilitação tem se mostrado como um grande responsável pela estruturação das comunidades. Pois, elas minimizam essas intempéries provendo sombra e nutrientes à medida que se formam as ilhas de vegetação (Carrion *et al.* 2017).

Sendo assim, os resultados do índice *COMBO* encontrados na Serra da Jiboia indicam que a combinação de espécies dessas comunidades responde ao fenômeno ecológico da facilitação. A falta de trabalho acerca da formação das comunidades destes ambientes ainda limitam o nosso entendimento. Porém, sabe-se apenas que o principal filtro limitador destes locais são as condições ambientais adversas, mas é preciso determinar ainda como a formação da comunidade é influenciada por isso.

Nossos resultados não mostraram significância para o índice *V-ratio*. Nos resultados de Gotelli (2000), ele atribui a falta de significância à heterogeneidade entre as ilhas nos dados analisados por eles. Esse fator também foi observado nas ilhas de vegetação estudadas aqui (Apêndice 2). Logo essa grande variância entre as riquezas mostra que algum outro fator, além das interações biológicas, está limitando o número de espécies nas ilhas. Essa grande diferença da riqueza de espécies entre as ilhas, pode ser resultado dos diferentes tamanho das ilhas, o que não foi levado em consideração no nosso trabalho. O tamanho das ilhas tem influência direta na riqueza, distribuição, abundância e composição das espécies, e provavelmente está ligado a oferta de recursos na área (Villa *et al.* 2018). Assim, é necessário a utilização de ferramentas que possam considerar o efeito do tamanho da ilha nos resultados finais, possibilitando entender como essa característica influencia a comunidade estudada.

Ao observar a literatura sobre o tema, percebe-se que os fatores abióticos são limitantes em afloramentos rochosos. Isso resultaria em uma regra de montagem abiótica. Porém, nossos resultados foram significativos, na maior parte, para o índice *COMBO*, que estima valores de interações bióticas. Para afirmar se a regra de montagem biótica, ou abiótica, atua nas comunidades vegetais de afloramentos rochosos da Serra da Jiboia ainda existe a necessidade da realização de novos trabalhos, inclusive utilizando outras metodologias.

## **6. CONCLUSÃO**

Os índices estudados aliados as aleatorizações apontam para que a comunidade da Serra da Jiboia é guiada pela combinação de espécies devido, provavelmente, as grandes limitações impostas pelo ambiente.

A grande maioria dos estudos voltados para afloramentos rochosos tem como temática principalmente, os tipos de habitat, as comunidades vegetais e estratégias adaptativas. Pouco se sabe a respeito da formação dessas comunidades no que tange a processos ecológicos. Então os conhecimentos gerados neste trabalho, são importantes para estudos/ações que visam a conservação destes habitats, que é tão

incomum e é abrigo para inúmeras espécies raras e endêmicas, portadoras de estratégias de resistências intrincadas.

## 7. REFERÊNCIAS

- Blengini, I. A. D.; Cintra, M. A. M. U., Cunha, R. P. P., & Caiafa, A. N. (2015). **Proposta de Unidade de Conservação da Serra da Jiboia**. Salvador, BA: Gambá.
- Carvalho-Sobrinho, J.G. & Queiroz, L.P. (2005). Composição florística de um fragmento de Mata Atlântica na Serra da Jiboia, Santa Terezinha, Bahia, Brasil. **Sitientibus-Série Ciências Biológicas** 5:20-28.
- Carbonell, J. A., Velasco, J., Millán, A., Green, A. J., Coccia, C., Guareschi, S., & Gutiérrez-Cánovas, C. (2017). Biological invasion modifies the co-occurrence patterns of insects along a stress gradient. **Functional ecology**, 31(10), 1957-1968.
- Carrión, J. F.; Gastauer, M.; Mota, N. M. & Meira-Neto, J. A. A. (2017). Facilitation as a driver of plant assemblages in Caatinga. **Journal of Arid Environments**, 142, 50-58.
- Connor, E. F. & Simberloff, D. (1986). Competition, scientific method, and null models in ecology: because field experiments are difficult to perform, ecologists often rely on evidence that is nonexperimental and that therefore needs to be rigorously evaluated. **American Scientist**, v. 74, n. 2, p. 155-162.
- Diamond, J. M. (1975). Assembly of species communities. **Ecology and evolution of communities**, 342-444.
- Drake, J. A. (1990). Communities as assembled structures: do rules govern pattern? **Trends in Ecology & Evolution**, 5(5), 159-164.
- Gotelli, N. J. (2000). Null model analysis of species co-occurrence patterns. **Ecology**, 81: 2606-2621.

- Gotelli, N. J. (2001). Research frontiers in null model analysis. **Global ecology and biogeography**, 10(4), 337-343.
- Gotelli, N. J., & Entsminger, G. L. (1999). **EcoSim: null models software for ecology**. *Á* Aquired Intelligence and Kesity-Bear, B.
- Gotelli, N. J., & Rohde, K. (2002). Co-occurrence of ectoparasites of marine fishes: a null model analysis. **Ecology Letters**, 5(1), 86-94.
- Götzenberger, L.; De Bello, F.; Bråthen, K. A.; Davison, J. Dubuis, A.; Guisan, A.; Lepš, J.; Lindborg, R.; Moora, M.; Pärtel, M.; Pellissier, L.; Pottier, J.; Vittoz, P.; Zobel, K. & Zobel, M. (2012). Ecological assembly rules in plant communities—approaches, patterns and prospects. **Biological Reviews**, 87: 111-127.
- Gröger, A. (2000). Flora and vegetation of inselbergs of Venezuelan Guayana. *In: Inselbergs* (pp. 291-314). **Springer**, Berlin, Heidelberg.
- Gröger, A., & Huber, O. (2007). Rock outcrop habitats in the Venezuelan Guayana lowlands: their main vegetation types and floristic components. **Brazilian Journal of Botany**, 30(4), 599-609.
- Ladau, J. (2008). Validation of null model tests using Neyman–Pearson hypothesis testing theory. **Theoretical Ecology**, 1(4), 241-248.
- Ladau, J., & Ryan, S. J. (2010). MPowering ecologists: community assembly tools for community assembly rules. **Oikos**, 119(7), 1064-1069.
- Pielou, D. P., & Pielou, E. C. (1968). Association among species of infrequent occurrence: the insect and spider fauna of *Polyporus betulinus* (Bulliard) Fries. **Journal of Theoretical Biology**, 21:202–216.
- Porembski, S. (2007). Tropical inselbergs: habitat types, adaptive strategies and diversity patterns. **Brazilian Journal of Botany**, 30(4), 579-586.
- Porembski, S.; Silveira, F. A.; Fiedler, P. L.; Watve, A.; Rabarimanarivo, M.; Kouame, F. & Hopper, S. D. (2016). Worldwide destruction of inselbergs and related rock

outcrops threatens a unique ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, 25(13), 2827-2830.

Robson, D. S. (1972). Appendix: statistical tests of significance. **Journal of Theoretical Biology**, 34:350–352.

Santos, S. D. (2003). Lágrimas da Serra. **Monografia do Curso de Especialização em Desenvolvimento Regional Sustentável**. Universidade Estadual da Bahia – UNEB.

Schluter, D. (1984). A variance test for detecting species associations, with some example applications. **Ecology**, 65(3), 998-1005.

Sobrinho, J. G. C., & Queiroz, L. P. (2005). Composição florística de um fragmento de Mata Atlântica na serra da Jibóia, Santa Terezinha, Bahia, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, 5(1), 20-28.

Stone, L., & Roberts, A. (1990). The checkerboard score and species distributions. **Oecologia**, 85:74–79.

Villa, P. M., Gastauer, M., Martins, S. V., Carrion, J. F., Campos, P. V., RODRIGUES, A. C., ... & MEIRA-NETO, J. A. A. (2018). Phylogenetic structure is determined by patch size in rock outcrop vegetation on an inselberg in the northern Amazon region. **Acta Amazonica**, 48(3), 248-256.

Weiher, E. & Keddy, P. A. (1999). *Ecological Assembly Rules: Perspectives, Advances, Retreats*. Cambridge, United Kingdom.

Wilson, J. B. (1994). Who makes the assembly rules? **Journal of Vegetation Science**, 275-278.

Wilson, J. B. (1991). Does vegetation science exist? **Journal of Vegetation Science**, 2: 289-290.

## 8. APÊNDICES

### 8.1 LISTA DE ESPÉCIES

Apêndice 1. Listas de espécies, com as respectivas siglas, que ocorrem nas comunidades vegetais de afloramentos rochosos da Serra da Jiboia

<b>Sigla das espécies</b>	<b>Lista de espécies presente nas ilhas</b>
a	<i>Ageratum conyzoides</i> L.
b	<i>Alcantarea nahoumii</i> (Leme) J.R.Grant
c	<i>Andropogon bicornis</i> L.
d	Asteraceae sp.2
e	Asteraceae sp.5
f	<i>Borreria</i> sp.
g	<i>Bulbostylis capillaris</i> (L.) C.B.Clarke
h	<i>Clusia</i> sp.
i	<i>Dioscoria</i> sp.
j	<i>Emmeorrhiza umbellata</i> (Spreng.) K.Schum.
k	<i>Epidendrum secundum</i> Jacq.
l	<i>Habenaria</i> sp.
m	<i>Hippeastrum aulicum</i> Herb.
n	Indeterminada
o	<i>Lantana camara</i> L.
p	<i>Lepidaploa chalybaea</i> (Mart. ex DC.) H.Rob.
q	<i>Lippia</i> sp.
r	<i>Lobelia</i> sp.
s	<i>Mandevilla sancta</i> (Stadelm.) Woodson
t	<i>Mandevilla tenuifolia</i> (J.C.Mikan) Woodson
u	<i>Mikania rotundifolia</i> G.M.Barroso
v	<i>Gomesa flexuosa</i> (Lodd.) M.W.Chase & N.H.Williams
x	<i>Achetaria platychila</i> (Radlk.) V.C.Souza
w	<i>Serpocaulon triseriale</i> (Sw.) A.R.Sm.
y	<i>Scleria secans</i> (L.) Urb.



