

Briologia aplicada: estudo antibacteriano de musgos (Bryophyta) sob a ótica da cienciometria

Applied Bryology: an antibacterial study of mosses (Bryophyta) from the perspective of scientometrics

Christchellyn Klegin^{1*}, Juçara Bordin², Eduardo Miranda Ethur³, Allana Silva Brugnera⁴

¹*Bióloga e Mestre em Ambiente e Sustentabilidade pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, UERG, Doutoranda em Biotecnologia pela Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES e Professora do Ensino Básico;* ²*Bióloga pela Universidade de Caxias do Sul – UCS, Mestre e Doutora em Botânica, Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente pelo Instituto de Botânica de São Paulo, Professora Adjunto UFSM;* ³*Químico Industrial, Mestre e Doutor em Química pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Professor Titular da Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES;* ⁴*Bióloga, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES, Mestranda em Ambiente e Desenvolvimento – UNIVATES*

Resumo

Introdução: pesquisas recentes mostram que musgos contêm substâncias com atividade biológica evidenciando um nicho a ser explorado. **Objetivo:** avaliar a produção científica global em relação à atividade antibacteriana de musgos, no período de 1992 a 2022. **Metodologia:** análise bibliométrica quali-quantitativa dos artigos recuperados da base *Web of Science* utilizando o *software* Excel 2018 e *VOSviewer*, respectivamente. **Resultados:** 92 artigos foram recuperados e demonstram uma tendência crescente de publicações ao longo dos anos, com uma maior concentração nos últimos 3 anos. Turquia, Sérvia, e Índia, tiveram o maior número de publicações e citações. Sérvia e Índia têm sido parceiros frequentes em colaborações internacionais com co-autorias juntamente com Dinamarca e Vietnã, respectivamente. *Natural Product Communications* e *Fitoterapia* foram as revistas mais utilizadas para tornar público os resultados. A análise de palavras-chave sugeriu que as pesquisas concentram-se em estudos sobre atividades biológicas e químicas envolvendo principalmente hepáticas, sendo as do gênero *Marchantia* spp. e *Plagiochasma* spp. as mais utilizadas. *Pottiaceae* e *Sphagnaceae* foram as famílias de musgos com mais espécies estudadas. A espécie *Hypnum cupressiforme* Hedw. é a que obteve um maior número de publicações, 8 no total. As 104 espécies que apareceram nos artigos recuperados não se encontram ameaçadas de extinção no Brasil e no mundo e 17 delas possuem registro de ocorrência no Brasil. **Conclusão:** a atividade antibacteriana em musgos representa uma parcela pequena das pesquisas na área, apesar do seu potencial uso como antibacteriano, o que enaltece e evidencia a necessidade de estudos que abordem esse tema.

Palavras-chave: bibliometria; musgos; briófitas; atividade antibacteriana.

Abstract

Introduction: recent research shows that mosses contain substances with biological activity, showing a niche to explore. **Objective:** to evaluate the global scientific production concerning the antibacterial activity of mosses from 1992 to 2022. **Methodology:** a qualitative and quantitative bibliometric analysis of articles retrieved from the *Web of Science* database using *Excel 2018* and *VOSviewer* software, respectively. **Results:** 92 articles were retrieved and show a growing trend of publications over the years, with a higher concentration in the last three years. Turkey, Serbia, and India had the highest number of publications and citations. Serbia and India have been frequent partners in international collaborations with co-authorships with Denmark and Vietnam, respectively. *Natural Product Communications* and *Phytotherapy* were the journals most used to publicise the results. The keywords analysis suggested that the research focuses on studies on biological and chemical activities involving mainly liverworts, those of the genus *Marchantia* spp. and *Plagiochasma* spp. the most used. *Pottiaceae* and *Sphagnaceae* were the moss families with more studied species. The species *Hypnum cupressiforme* Hedw. is the one with the highest number of publications, 8 in total. The 104 species in the recovered articles are not threatened with extinction in Brazil or the world, and 17 have an occurrence record in Brazil. **Conclusion:** the antibacterial activity in mosses represents a small portion of the research in the area, despite its potential use as an antibacterial, which praises and highlights the need for studies that address this topic.

Keywords: bibliometrics; mosses; bryophytes; antibacterial activity

INTRODUÇÃO

As briófitas formam um grupo diverso com cerca de 20.000 espécies distribuídas em três clados: Anthocerotophyta (antóceros), com cerca de 225 espécies, Marchantiophyta (hepáticas) com 5.000 espécies e Bryophyta (musgos) com 13.000 espécies¹. Ao longo de milhares de

Correspondente/Corresponding: *Christchellyn Klegin – End: Avenida Atlântica 1479, Centro, Tramandaí/RSCEP: 95590.000 – Tel: (051)9.9285.8486 – E-mail: tchellyn@gmail.com

anos as briófitas foram frequentemente expostas a condições ambientais adversas, como ataque de patógenos, insetos, predação e lesões por temperatura e radiação UV devida à existência de uma atmosfera primitiva ainda em formação. Isto desencadeou nessas plantas mecanismos de defesas específicos a fim de gerenciar seu crescimento, reprodução e conseqüente perpetuação da espécie². Cabe aqui salientar que briófitas, devido ao seu pequeno tamanho, possuem baixa complexidade morfológica em comparação às outras plantas terrestres uma vez que são avasculares. Contrariamente à sua morfologia simples, briófitas desenvolveram um arsenal químico de defesa bastante complexo e muito eficaz que deu suporte à sua capacidade de colonizarem um amplo espectro de habitat. De fato, briófitas podem ser encontradas em todas as regiões climáticas de todos os continentes, desde a tundra antártica até o deserto e florestas densas³.

Esse arsenal químico existente em briófitas despertou o interesse de pesquisadores ainda na década de 1950, com o notável efeito antibacteriano de algumas espécies (*Anomodon rostratus* (Hedwig) Schimpe, *Orthotrichum rupestre* Schleich e *Plagiomnium cuspidatum* (Hedwig) T. J. Koponen, e alguns anos depois, o primeiro estudo extensivo sobre este tópico, incluindo a análise de 50 espécies, foi publicado⁴. Em um estudo abrangente publicado em 1979, a atividade antibiótica de 52 espécies foi examinada em oito cepas bacterianas; 56% das espécies testadas eram ativas contra, pelo menos, uma das bactérias de teste⁵. Desde então, várias espécies dos gêneros *Bazzania*, *Conocephalum*, *Diplophyllum*, *Dumortiera*, *Marchantia*, *Metzgeria*, *Lunularia*, *Pellia*, *Plagiochila*, *Porella*, *Radula* e *Riccardia* foram relatadas como tendo atividade antimicrobiana³. Outros estudos foram realizados, com destaque para os que testaram potencial antibacteriano nas espécies *Conocephalum conicum* (L.) Dum., *Mnium undulatum* Hedw. e *Leptodictyum riparium* (Hedw.) Warns, cujos extratos apresentaram atividade antimicrobiana contra espécies bacterianas patogênicas⁶. Na Ásia, já foram estudadas 500 espécies de briófitas com relação à sua química, farmacologia e aplicação em cosméticos e medicamentos, enquanto na China como medicamento para várias doenças, inclusive para doenças de origem bacteriana⁷.

Diferentes produtos químicos biologicamente ativos originários de briófitas têm sido descritos, especificamente em cerca de 3,2% dos musgos e 8,8% dos taxa de³. Nos últimos anos, mais de 400 novos compostos químicos foram isolados das briófitas e estruturalmente elucidados como os antibacterianos (Neomarcantinas A e B, Marchantin C, mastigophorene C, herbertene-1,2-diol e Saculatal), antifúngicos (Plagiochin E, Viridiflorol), anticancerígenos (Marchantin A, Porelacetal A-D), e/ou propriedades antivirais (Marchantin A, B e E)⁸⁻¹¹. Ainda, um número expressivo de terpenóides com mais de 1600 estruturas descritas foram encontrados em briófitas e compostos aromáticos (principalmente flavonóides, fenilpropanóides, benzenóides e derivados bibenzílicos) foram isolados¹².

Nos últimos anos, estudos avaliando os compostos químicos e mostrando a atividade biológica em algumas briófitas têm sido introduzidos no mundo da ciência, inclusive no Brasil. Destacam-se os estudos acerca da atividade antibacteriana de musgos, como o estudo de Vidal et al.¹³ (2012) e Alves et al.¹⁴ (2022) que avaliaram o efeito antibacteriano do musgo *Octoblepharum albidum* Hedw. e o estudo de Klegin et al.¹⁵ (2020) que avaliou a atividade antimicrobiana em *Orthostichella rigida* (Müll. Hal.) B. H. Allen & Magill. Além desses, Dohms¹⁶ (2022) publicou um estudo *in silico* com peptídeos antimicrobianos do musgo *Physcomitrella patens* (Hedw.) Bruch & Schimp, além de avaliar a atividade antimicrobiana *in vitro* dos musgos *Entodontopsis nitens* W.R. Buck, *Erythrodontium squarrosus* (Hampe) Paris, *Fabronia ciliaris* var. *polycarpa* (Hook.) W.R. Buck, *Jaegerina scariosa* (Lorentz) Arzeni, *Macromitrium cirrosus* (Hedw.) Brid., *Racopilum tomentosum* (Hedw.) Brid., *Schlotheimia jamesonii* (Arn.) Brid., *Vitalia cuspidifera* (Mitt.). Finalmente, revisões bibliográficas foram publicadas acerca da bioatividade de briófitas como inseticida¹⁷ e como antifúngica¹⁸.

Diante do exposto, é indiscutível que briófitas possuem um arsenal de compostos químicos biologicamente ativos que despertam interesse biotecnológico. A identificação de novas moléculas com efeito antibacteriano é uma estratégia necessária continuamente, uma vez que a luta incessante dos micro-organismos pela sobrevivência tem resultado em fenômenos de resistência às moléculas utilizadas tornando-as inúteis no combate ao processo infeccioso¹⁹. Apesar da capacidade natural dos micro-organismos de criarem resistência antibiótica devida à pressão seletiva associados ao processo evolutivo, sabe-se que o uso indiscriminado de antibióticos na medicina ou na agricultura como suplementos de rações animais, tanto como substâncias promotoras de crescimento, quanto como aditivos profiláticos para impedir a ocorrência de doenças tem levado ao surgimento de micro-organismos patogênicos resistentes¹⁹. Associado a isso, em 2015 a Organização Mundial da Saúde endossou um plano de ação global para combater a resistência a antibióticos e outros medicamentos antimicrobianos²⁰.

A pesquisa de produtos naturais de origem vegetal que tenham ação antimicrobiana se justifica uma vez que o uso indiscriminado de antibióticos tem contribuído para o surgimento de micro-organismos resistentes, principalmente os causadores de doenças com alta mortalidade, constituindo-se assim como um importante problema de saúde pública. Vale ressaltar a importância de pesquisar os compostos oriundos de briófitas, especialmente musgos, uma vez que estas por muito tempo foram desconsiderados dos ensaios para a obtenção de medicamentos e outros produtos de interesse farmacológico. Desta forma, esta revisão tem como objetivo gerar panoramas em relação à atividade antibacteriana de musgos, utilizando a literatura acadêmica existente por meio de uma abordagem cienciométrica.

METODOLOGIA

Caracterização do Estudo

Para esta pesquisa, foi adotada a análise científico-métrica conforme Silva et al.²¹ (2011), que possui como objetivo analisar os aspectos quantitativos da produção acadêmica e assim poder mensurar a capacidade de disseminação da informação acerca dos estudos que abordem o tema desta análise, bem como os meios e atores responsáveis pela comunicação no meio científico. A partir dessa análise podemos dimensionar o grau de importância e necessidade de estudo, além de servir como base para considerações bem fundamentadas. Além disso, para esta análise, foram estabelecidos vários critérios qualitativos, descritos por Alves et al.¹⁷ (2020), Miranda et al.¹⁸ (2022) e Amélio et al.²² (2021) melhor detalhados nos tópicos subsequentes. Desta forma, foram realizadas abordagens qualitativas e quantitativas dos artigos recuperados nas bases de dados, analisando os estudos da atividade biológica com ação antibacteriana de musgos em trabalhos realizados no mundo todo no período de 1992-2022.

Coleta de Dados

O levantamento dos dados foi realizado na base de dados *Web Of Science*, nos quais os artigos foram pesquisados em língua portuguesa e inglesa. Para o levantamento bibliográfico, foram utilizados os seguintes descritores: *antimicrobial extracts bryophytes (All Fields) or antimicrobial extracts mosses (All Fields) or antimicrobial extracts bryophyta (All Fields) or antimicrobial activity extracts bryophytes (All Fields) or antimicrobial activity extracts bryophyta (All Fields) or antimicrobial activity extracts mosses (All Fields) or antibacterial activity extracts mosses (All Fields) or antibacterial activity extracts bryophyta (All Fields) or antibacterial activity extracts bryophytes (All Fields) and Article (Document Types)*. Os artigos foram selecionados inicialmente pelos títulos e palavras-chave e, posteriormente, foram refinados pelos resumos. Após a leitura de todos os resumos, os artigos correspondentes aos objetivos dessa revisão foram lidos integralmente e inseridos no estudo.

Como critérios de inclusão foram selecionados artigos entre os anos de 1992 e 2022, apenas publicações que obtiveram resultados de bioensaios com musgos e com bactérias patogênicas e trabalhos *open access*. Além desses, foram desconsiderados artigos de revisão, livros, notas científicas, comunicações científicas, breve relato e artigos/resumos em eventos científicos.

Todos os nomes científicos das espécies relatadas nos estudos foram confirmados, atualizados e padronizados usando as bases de dados da Flora e Funga do Brasil²³ e TROPICOS (Missouri Botanical Garden – <https://www.tropicos.org/>). Além disso, foi avaliado o *status* de conservação das espécies utilizadas nos estudos por meio de uma busca no site da IUCN – Internacional Union for

Conservation of Nature²⁴ e na Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção (Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022)²⁵. Para as espécies ocorrentes no Brasil, foram listados os domínios fitogeográficos de ocorrência, conforme a Flora e Funga do Brasil²³.

Análise dos Dados

Para a análise qualitativa das publicações levantadas, as informações pertinentes foram tabuladas em planilhas, representadas posteriormente por gráficos e tabelas, utilizando o software Excel 2018 e classificadas em: a) país/continente de origem da pesquisa; b) instituição acadêmico-científica (vínculo do autor); c) ano de publicação; d) espécies de musgos utilizados nos bioensaios; e) revistas científicas e o fator de impacto, quando aplicável. No caso do item “a” das instituições em que foram desenvolvidas as pesquisas, considerou-se o vínculo do primeiro autor do manuscrito e os dados foram plotados em mapa *mundi 2d* utilizando a plataforma “*Map in Seconds*”. Quanto às espécies de musgos, estas foram classificadas de acordo com as famílias botânicas, números de estudos publicados, ocorrência no Brasil e plotadas em forma de quadros resumitivos das publicações listadas. Este método, com adaptações, seguiu Alves et al.¹⁷ (2020) e Miranda et al.¹⁸ (2022).

Para a análise quantitativa, os dados levantados nas bases de dados foram exportados para o programa *VosViewer*, no formato CSV. O programa *VosViewer* é uma ferramenta para construção e visualização de redes bibliométricas²⁶. Os gráficos foram construídos a partir da relação de 92 artigos, que atenderam aos requisitos e continham ano de publicação, periódico, título, autor, afiliação, palavras-chave, tipo de documento, resumo e contagem de citações. A data da recuperação foi 20 de julho de 2022. O programa *VOSviewer* (versão 1.6.15) foi usado para analisar a co-autoria de autores e países e co-ocorrência de todas as palavras chave. Dois atributos de peso padrão são aplicados, os quais são definidos como “Atributo de links” e “Atributo de força total do link”²¹. Os assuntos com maior frequência são os de maior destaque entre os nós do gráfico. Este método, com adaptações, seguiu Amélio et al.²² (2021).

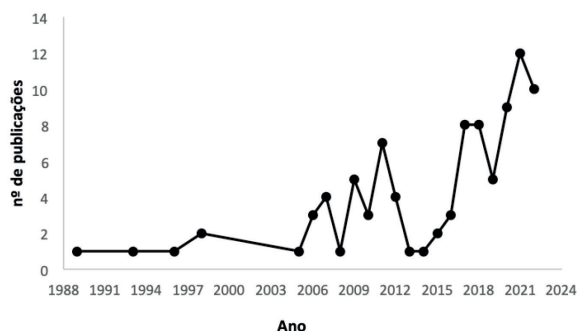
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Documento por Ano

De acordo com os descritores utilizados, foram recuperados 92 resultados na base de dados *Web of Science*. É possível observar que houve um expressivo aumento de pesquisas nos últimos 10 anos, saltando de uma publicação em 1989 para 10 em 2022 (Figura 1). Ainda, entre os anos de 2020, 2021 e 2022 o número de publicações foram 9, 12 e 10 respectivamente, sendo as maiores incidências dentro do período analisado. Esse período coincide com a pandemia do novo coronavírus (SARs-Cov2), COVID-19 (sigla em inglês para *Coronavirus*

Disease 2019) que foi reconhecida como pandemia pela Organização Mundial da Saúde (OMS) no dia 11 de março de 2020 perdurando no Brasil até abril de 2022.

Figura 1 – Distribuição do número de publicações entre os anos de 1950 e 2022.



Fonte: Dados da Pesquisa.

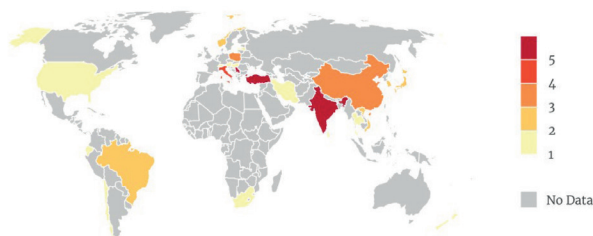
Tal correlação, entre pandemia e aumento das publicações, é reflexo do crescimento visto para o mercado de periódicos em geral, relatado por Kitchen et al.²⁶. Estes autores demonstram ainda, o volume sem precedentes de submissões de artigos e demonstram, com base nos relatórios das principais editoras, que a pandemia realmente alimentou a produção científica para o ano de 2020. Apesar das restrições de acesso aos locais de pesquisa, muitos dados de estudos anteriores que aguardavam a oportunidade para serem finalizados e publicados, acabaram tendo a oportunidade de publicação neste período pandêmico²⁶.

Como visto, a bioprospecção de musgos como antibacterianos entrou no campo das pesquisas científicas apenas nos últimos anos possivelmente aliado ao advento de técnicas e métodos analíticos modernos que possibilitaram analisar, testar, isolar e elucidar estruturalmente moléculas bioativas presente em briófitas, no geral³.

Documento por País

Os 92 artigos sobre atividade antibacteriana em musgos foram publicados por 23 países, sendo o continente asiático com maior contribuição acerca do tema (Figura 2).

Figura 2 – Mapa de produção científica de artigos sobre atividade antibacteriana de musgos pelo mundo.



Fonte: Dados da Pesquisa.

A Tabela 1 apresenta os países que tiveram ao menos duas publicações. Com relação a isso, a Turquia liderou o bloco, com um total de 19 artigos, representando 24,05% de todas as publicações. A Sérvia ocupou a segunda posição, com 16 publicações (20,25%) e a Índia na terceira posição com 12 publicações (15,18%). Juntos, esses países representam 59,48% de todos os artigos, evidenciando a liderança na produtividade destes países. A contribuição do Brasil ainda é incipiente, com apenas 2,53% dos trabalhos publicados. Resultado semelhante é visto no trabalho de Miranda et al.¹⁸ (2022) em que a Índia, seguida de Turquia, China e Sérvia lideraram em número de publicações utilizando briófitas como antifúngico.

Tabela 1 – Relação dos países com seus respectivos números de publicações, citações e porcentagem total de contribuições acerca da atividade antibacteriana em musgos.

País	Número de publicações	Citações	Percentual de publicações
Turquia	19	158	24,05
Sérvia	16	156	20,25
Índia	12	75	15,18
Itália	4	69	5,06
Polônia	3	5	3,79
China	3	29	3,79
Coréia do Sul	2	14	2,53
Brasil	2	7	2,53
Vietnã	2	4	2,53
Noruega	2	88	2,53
Japão	2	144	2,53

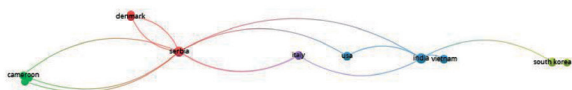
Fonte: Autora (2022).

Em relação ao total de citações destes países, Turquia segue na frente com 158 citações, seguido da Sérvia com 156 citações, o que corrobora com o maior percentual de trabalhos publicados. Entretanto, apesar da Índia ocupar a terceira posição em termos de publicações, o mesmo não ocorre em termos de citação. Países que publicam menos do que a Índia possuem seus trabalhos mais ou igualmente citados, como Itália com 69 citações e Noruega com 88. Japão, que publicou apenas dois estudos foi o terceiro no *ranking* de trabalhos citados, com 144 citações, o que vai ao encontro do protagonismo visto para este país em publicações que abordem a bioprospecção de briófitas³. Para Castro, Konrad²⁷ (2021), artigos com maior número de citações indicam alta competitividade de um país em um determinado ramo de pesquisa.

Os países que produzem pesquisas em colaboração estão agrupados em 5 *clusters*, representados pelas 5 cores, com uma força total de *links* de 18, que representa o número total de publicações que esses países têm em coautoria (Figura 2). No *cluster* vermelho (Dinamarca, Malásia e Sérvia), no *cluster* verde (Camarões, França e Japão), no *cluster* azul (Índia, EUA, Vietnã), no *cluster* amarelo (Rússia e Coréia do Norte) e Itália

estabelecendo conexões com Índia e Sérvia. A Índia e a Sérvia são os países que mais publicam em colaboração. Os outros países, incluindo o Brasil, publicam isoladamente e não apareceram nos dados. Segundo Khudzari et al.²⁸ (2018), a colaboração complementar entre as comunidades internacionais pode ser capaz de promover um crescimento mais acelerado e amplo sobre o tema de pesquisa.

Figura 2 – Rede bibliométrica gerada no VOSviewer a partir dos dados da relação de co-autoria entre países para as publicações feitas nos últimos 30 anos extraídas no banco de dados Web of Science.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Documento por Periódico

Os 92 artigos recuperados da base de dados Web of Science sobre a atividade antibacteriana em musgos foram publicados em 55 periódicos (revistas). Na Tabela 2 estão listadas as revistas que obtiveram mais de uma publicação acerca do tema, bem como seu respectivo Fator de Impacto (FI) para o período de dois anos (2022-2023). A distribuição destas revistas cobre 45,67% (37 publicações) do total de artigos, sendo as revistas *Natural Product Communications* e *Fitoterapia* as mais produtivas, com quatro artigos cada uma.

Analisando o Fator de Impacto (FI) das revistas, que é uma métrica utilizada para qualificar as revistas com base nas citações que ela recebe, nove revistas apresentaram um valor acima de 1.2, sendo consideradas como bons indicadores das citações recebidas pelos periódicos²⁹. Ainda, nota-se que o maior número de publicações nem sempre corresponde ao maior FI, uma vez que a revista que apresentou o maior FI foi a revista *Plants-Basel* (IF: 4.65) com apenas duas publicações, enquanto que a revista *Natural Product Communications*, com maior número de publicações, possui um FI de 1.49.

Tabela 2 – Relação das Revistas com mais de uma publicação sobre atividade antibacteriana de musgos e seu respectivo fator de impacto para os anos de 2022 e 2023.

Periódico	Publicações	Fator de Impacto (2022-2023)
Natural Product Communications	4	1.49
Fitoterapia	4	2.88
Archives of Biological Sciences	3	0.95
Plos One	3	3.24
Molecules	3	4.14
Chemistry and Biodiversity	2	2.4
Plants-Basel	2	4.65
Cryptogamie, Bryologie	2	2.23

Journal of the Serbian Chemical Society	2	1.24
African Journal of. Biotechnology	2	0.50
Journal of Pure and Applied Microbiology	2	0.48
Asian Journal of Chemistry	2	0.53
Plant Biosystems	2	2.83
Indian Journal of Traditional Knowledge	2	0.75

Fonte: Dados da Pesquisa.

Estudos concordam com a tendência das pesquisas envolvendo atividade biológica com briófitas de serem publicados em revistas como a *Fitoterapia* e a *Chemistry and Biodiversity*¹⁷⁻¹⁸. Estas revistas, assim como *Natural Product Communications*, são periódicos de acesso aberto cujo escopo engloba especificamente produtos naturais o que poderia explicar sua relevância em publicações envolvendo fitoquímica e bioatividade em briófitas. Além disso, cabe salientar que apesar do FI ser uma ferramenta para avaliar a disseminação do conhecimento produzido em certa área em determinada revista devemos considerar que revistas que publicam trabalhos científicos primários tendem a ter um FI menor do que aqueles “review journals”, por exemplo¹⁷⁻¹⁸. Considerando que pesquisas com bioprospecção de briófitas ainda é incipiente no mundo científico, justificaria o fato dessas serem publicadas em revistas com um menor número de citações.

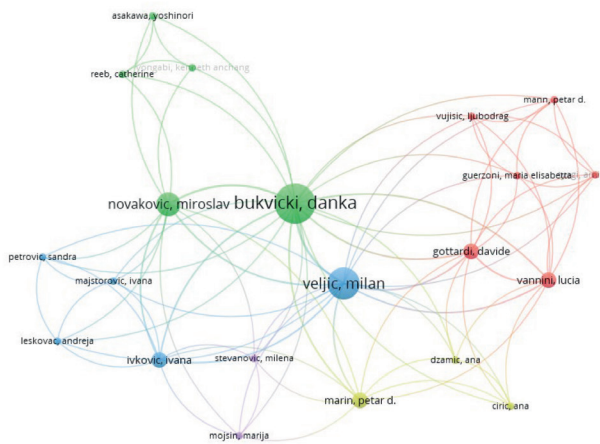
Análise de Co-autoria entre Autores

Dentre muitos indicadores bibliométricos destaca-se aqui o indicador de co-autoria, que é utilizado para identificar e estudar a colaboração científica e tecnológica, permitindo uma visão dos padrões de cooperação entre indivíduos e organizações²¹. Este estudo de colaboração entre autores pode ser realizado através da Análise de Redes Sociais (ARS) em que os pontos (ou nós) existentes nessas redes se ligam a outros pontos por meio de linhas. Estes nós possuem características denominadas ‘atributos’, que distinguem um nó do outro e as relações entre os nós, que são os laços ou links, também com características próprias, entrelaçam-se criando uma teia. As espessuras desiguais dos traços mostram as diferenças do relacionamento entre os autores, ou seja, quanto mais espessa, maior é a qualidade desta relação²¹.

Para entender como se dá a colaboração científica entre os pesquisadores em estudos de análise antimicrobiana com ênfase em musgos foi elaborada uma rede de cientistas que trabalham em colaboração (Figura 3). Essa relação demonstra às publicações da base Web of Science de acordo com os últimos 30 anos. O gráfico é segmentado em 21 itens (termos) reunidos em cinco clusters (cores) com uma relação de no mínimo uma co-autoria que estabelecem entre si uma conexão de 101 links (linhas). Ou seja, cada clusters compreende um

conjunto de itens ou termos que possuem forte relação, e essa relação é representada pelos links que possuem um valor numérico em que quanto maior esse valor, mais forte será o link, logo mais forte é a relação entre os itens. Sucintamente, a força de um link indica o número de publicações em que dois termos ocorrem junto²¹.

Figura 3 – Rede bibliométrica gerada no VOSviewer a partir dos dados da relação de co-autoria entre autores para as publicações feitas nos últimos 30 anos extraídas no banco de dados Web of Science.



Fonte: Dados da Pesquisa.

É possível observar que a pesquisadora Danka Bukviski estabelece o maior número de conexões com outros pesquisadores, seguida de Miroslav Novakovic e Milan Veljic que lidera no cluster azul. Interessante salientar que esses três pesquisadores estão vinculados à mesma Instituição Acadêmica na Sérvia, a Universidade de Belgrado.

Destaca-se também, o pesquisador Yoshinori Asakawa que, para esta análise, em que consideramos apenas trabalhos com atividade antibacteriana com musgos, o mesmo aparece com uma fraca conexão entre os pesquisadores. Entretanto, sabe-se que este pesquisador contribuiu para a pesquisa aplicada utilizando briófitas desde a década de 1970 e já publicou mais de 880 trabalhos acerca do tema. Seu foco, entretanto, é a química de briófitas, especialmente hepáticas³⁰.

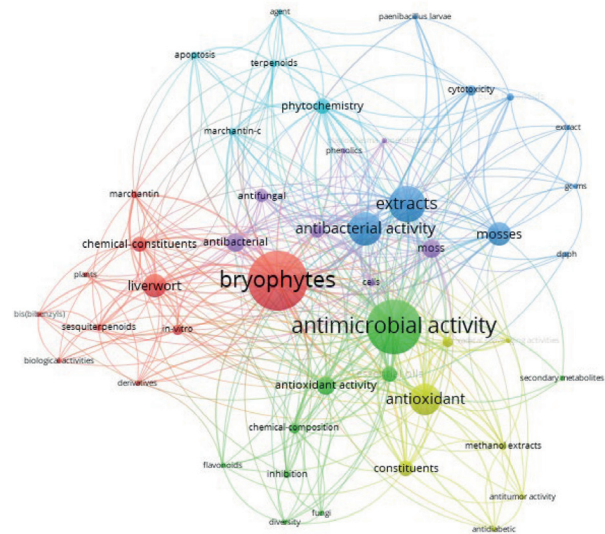
Análise de Co-ocorrência de Palavras-chaves

Além dos indicadores já mencionados, existem outros critérios que podem ser utilizados para estabelecer os relacionamentos em redes de autores, chamados de indicadores de ligação, que são baseados em co-ocorrências de publicações, citações e palavras-chaves. Ou seja, os autores podem nunca ter trabalhado juntos, mas publicam trabalhos com as mesmas palavras-chaves e temas de igual interesse. Este indicador auxilia na elaboração de mapas responsáveis pela descrição do conhecimento e relacionamento entre pesquisadores, instituições e países. Quando a frequência de repeti-

ções é alta, indica que muitas pesquisas estão sendo desenvolvidas nesta área, em contrapartida, quando a ocorrência de palavras-chave é baixa, pode ser um indicativo de carência de pesquisas, sugerindo um campo de estudo futuro do assunto no meio²¹.

A análise das palavras-chave forneceu um bom indicativo sobre o desenvolvimento das pesquisas no campo temático estudado (Figura 4). O gráfico foi gerado a partir da ocorrência de, no mínimo, duas palavras-chave nos artigos adquiridos na base de dados Web of Science e está segmentado em 48 itens (termos) reunidos em seis clusters (cores) que estabelecem entre si uma conexão de 605 links (linhas). É possível observar uma maior frequência das palavras-chave “Bryophytes” e “Antimicrobial Activity”, demonstrando que a maior parte das pesquisas são destinadas a utilização de briófitas em geral, especificamente hepáticas, em ensaios de atividades antimicrobianas que podem incluir outros micro-organismos além de bactérias patogênicas. “Moss” e “Mosses” por sua vez, possuem uma frequência menor, sugerindo uma carência de estudos que avaliem a atividade antibacteriana em musgos. Além disso, cabe aqui perceber também a relação que esses termos estabelecem com os outros termos do gráfico.

Figura 4 – Rede bibliométrica gerada no VOSviewer a partir dos dados da relação de co-ocorrência de palavras-chave entre as publicações feitas nos últimos 30 anos extraídas no banco de dados Web of Science.



Fonte: Dados da pesquisa.

É possível observar que as análises antimicrobianas são, normalmente, realizadas juntamente com outras análises, como a análise “antioxidante”, “antitumoral”, “citotóxica” e “caracterização química”. Isto demonstra a tendência de pesquisas que realizem um *screening* geral na tentativa de conhecer melhor quimicamente e biologicamente esse grupo de plantas que, apesar da evidente ascensão nas pesquisas científicas, carecem de

estudos direcionados à busca de moléculas bioativas¹¹. Além disso, a análise revelou a relação da existência de “terpenos”, “compostos fenólicos” e “flavonoides” com a atividade biológica observada, o que vai ao encontro da literatura³¹.

Ainda, no cluster vermelho, a palavra-chave “*bryophytes*”, com a maior força de links, possui fortes conexões com as palavras-chave “*liverwort*”, “*chemical constituents*” e “*marchantin*”, demonstrando a tendência de análises químicas utilizando hepáticas, especificamente as do gênero *Marchantia* sp. No cluster verde, a palavra-chave “*antimicrobial activity*” é a que estabelece maiores links e possui fortes conexões com as palavras-chave “*Essencial oils*”, “*chemical composition*” e “*fungi*”, o que sugere que pesquisas são desenvolvidas utilizando óleos essenciais que apresentem atividade antifúngica. No cluster azul, a palavra-chave “*antibacterial activity*” estabelece fortes conexões com as palavras-chave “*extract*”, “*mosses*” e “*cytotoxicity*”, sugerindo que pesquisas que avaliem a atividade antibacteriana em musgos utilizam extratos brutos para as análises, além de avaliarem a citotoxicidade dos mesmos. No cluster lilás, a palavra-chave “*antioxidante*” possui fortes conexões com as palavras-chave “*metanol extracts*”, “*antitumor activity*” e “*constituents*”, denotando a utilização de extratos metanólicos para avaliar a atividade antitumoral e antioxidante.

Finalmente, apesar desta pesquisa ser voltada para musgos, as hepáticas aparecem com uma frequência alta em todos os clusters, especificamente as do gênero *Marchantia* spp e *Plagiochasma* spp. De fato, a pesquisa com produtos naturais com briófitas por anos focou no grupo das hepáticas, o que é possivelmente explicado pela existência de organelas especializadas na produção de óleos ricos em metabólitos secundários³².

Espécies de musgos relatadas

Um total de 104 espécies de musgos distribuídas em 32 famílias botânicas foram mencionadas nos artigos com ação antibacteriana o que representa 0,8% das espécies de musgos existentes. Destas, 17 espécies possuem ocorrência confirmada no Brasil (Tabela 3).

As famílias mais representativas foram Pottiaceae com (10) registros, Sphagnaceae (9), Grimiaceae (7), Brachytheciaceae e Hylocomiaceae com (7) registros. Resultado semelhante foi visto no estudo de Mirada

et al.¹⁸ (2022) em que Pottiaceae e Brachytheciaceae foram as famílias botânicas mais estudadas para a atividade antifúngica com briófitas. O autor acrescenta que Pottiaceae é uma família numerosa com cerca de 1450 espécies o que representa aproximadamente 10% dos musgos existentes, aumentando a probabilidade de ser encontrada na natureza¹⁸. Já Sphagnaceae é composta por um único gênero, *Sphagnum* spp. cujas espécies são amplamente conhecidas pelo seu potencial terapêutico na medicina tradicional. Essa base etnobotânica orienta as pesquisas modernas na busca de compostos que tenham ação biológica de interesse, neste caso ação antibacteriana³³.

Na Tabela 3 foram plotadas as espécies, a família botânica a qual pertence, bem como o número de trabalhos que utilizaram a mesma espécie para seus ensaios biológicos. Cabe salientar que espécies de hepáticas foram excluídas da lista uma vez que não é o foco do trabalho. Além disso, para auxiliar novos pesquisadores, especialmente brasileiros, a selecionarem uma espécie de musgo para futuros ensaios biológicos, acrescentamos à lista, a distribuição geográfica da mesma no Brasil e seu *status* de conservação no Brasil e no mundo, para que assim as pesquisas sejam direcionadas à espécies que não estejam ameaçadas de extinção e que sejam mais facilmente encontradas.

Quanto ao *status* de conservação das espécies, de acordo com as listas atualizadas da IUCN e a Lista Nacional de Espécies Ameaçadas, nenhuma espécie listada encontra-se em algum grau de ameaça. Entretanto, apesar deste cenário favorável para a exploração destas espécies, sabemos que estas listas podem não representar a verdadeira ameaça existente uma vez que estudos populacionais e florísticos para conhecimento da distribuição, ecologia, biologia reprodutiva e taxonomia envolvendo briófitas são escassos, o que resulta em lacunas florísticas existentes em grande parte do território global dificultando uma análise mais refinada sobre o *status* de conservação dos táxons³⁴.

Vale destacar que nenhuma das publicações recuperadas para esse estudo, atentou-se para o estado de conservação das espécies utilizadas nos bioensaios, entretanto a pesquisa aplicada deve andar atrelada à conservação dessas espécies, uma vez que a perda da biodiversidade representa também a impossibilidade de identificar potenciais compostos antibacterianos¹⁷.

Tabela 3 – Relação das espécies de musgos utilizadas nos ensaios antibacterianos com suas respectivas famílias, número de publicações, ocorrência no Brasil e Status de Conservação. AM = Amazônia; CA= Caatinga; CE = Cerrado; MA= Mata Atlântica; PA= Pampa; PN= Pantanal

Família	Espécie	Nº de publicações	Ocorrência no Brasil
AMBLYSTEGIACEAE	<i>Palustriella commutata</i> (Hedw.) Ochyra	1	-
	<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce	2	-
	<i>Campyllum protensum</i> (Brid.) Kindb.	1	-

Briologia aplicada
estudo antibacteriano de musgos (Bryophyta) sob a ótica da ciénciometria

Família	Espécie	Nº de publicações	Ocorrência no Brasil
ANOMODONTACEAE	<i>Anomodon viticulosus</i> (Hedw.)	1	-
AULACOMNIACEAE	<i>Aulacomnium androgynum</i> (Hedw.) Schwagr	1	-
	<i>Aulacomnium palustre</i> (Hedw.) Schwagr.	1	MA
BRACHYTHECIACEAE	<i>Brachythecium populeum</i> (Hedw.)	2	-
	<i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) B.S.G	3	-
	<i>Homalothecium sericeum</i> (Hedw.) Schimp.	3	-
	<i>Eurhynchium pulchellum</i> (Hedwig) Jenn.	1	-
	<i>Myurella maximowiczii</i> (G.G. Borshch.) Lindb	1	-
	<i>Platyhypnidium riparioides</i> (Hedw.) Dixon	1	-
	<i>Antitrichia curtipendula</i> (Hedw.) Brid.	1	-
BRYACEAE	<i>Bryum capillare</i> Hedw.	2	CE, MA
	<i>Bryum argenteum</i> Hedw	1	AM, CA, CE, MA, PA
	<i>Rhodobryum ontariense</i> (Kindb.) Paris	1	-
	<i>Rhodobryum giganteum</i> (Schwaegr.) Par.	1	-
BARTRAMIACEAE	<i>Bartramia pomiformis</i> Hedw	2	-
CLIMACIACEAE	<i>Climacium americanum</i> subsp. <i>japonicum</i> (Lindb.) Perss.	1	-
	<i>Climacium dendroides</i> (Hedw.) F. Weber & D. Mohr	1	-
CALYMPERACEAE	<i>Calymperes motleyi</i> Mitt.	1	-
	<i>Octoblepharum albidum</i> Hedw.	1	AM, CA, CE, MA, PA, PN
DICRANACEAE	<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	3	-
	<i>Dicranum majus</i> Turner	1	-
	<i>Dicranum undulatum</i> Schrad. ex Brid	1	-
	<i>Dicranum polysetum</i> Swartz	1	-
DITRICHACEAE	<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.	2	MA
ENTODONTACEAE	<i>Entodon concinnus</i> Paris	1	-
	<i>Entodon luridus</i> (Griff.) A. Jaeger	1	-
	<i>Entodon rubicundus</i> (Mitt.) A. Jaeger	1	-
	<i>Entodon pulchellus</i> (Griff.) Jaeg	1	-
	<i>Erythrodontium julaceum</i> (Hook. ex Schwagr.) Paris	1	-
FISSIDENTACEAE	<i>Fissidens</i> spp.	2	-
FUNARIACEAE	<i>Physcomitrella patens</i> (Hedw.) Bruch & Schimp.	2	-
	<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	1	AM, CE, MA, PA
	<i>Physcomitrium pulchellum</i> (Griff.) Mitt. J	1	-
FONTINALACEAE	<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	2	-
GRIMMIACEAE	<i>Grimmia pulvinata</i> (Hedw.) Sm.	2	-
	<i>Grimmia anodon</i> Bruch and Schimp	1	-
	<i>Rhacomitrium japonicum</i> Dozy & Molk.	1	-
	<i>Rhacomitrium lanuginosum</i> (Hedw.) Brid.	1	-
	<i>Rhacomitrium canescens</i> (Hedw.) Brid.	2	-
	<i>Dryptodon pulvinatus</i> (Hedw.) Brid.	1	-
HYLOCOMIACEAE	<i>Macrothamnium macrocarpum</i> (Reinw. et Hornsch.) Fleisch	1	-
	<i>Rhynchostegium vagans</i> Jaeg	1	-

Família	Espécie	Nº de publicações	Ocorrência no Brasil
	<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Schimp.	3	-
	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> (Hedw.) Warnst.	3	-
	<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i> (Hedw.) Warnst.	3	-
	<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	1	-
	<i>Ctenidium molluscum</i> Mitten	1	-
HEDWIGIACEAE	<i>Hedwigia ciliata</i> (Hedw.) P. Beauv.	1	MA
HYPNACEAE	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw	8	-
	<i>Hypnum imponens</i> Hedw.	1	-
	<i>Hypnum plumaeforme</i> Wilson	1	-
LEUCOBRYACEAE	<i>Leucobryum juniperoideum</i> (Brid.) Müll.Hal	1	-
LEMBOPHYLLACEAE	<i>Isothecium myurum</i> Brid.	1	-
	<i>Isothecium alopecuroides</i> (Lam. ex Dubois) Isov.	1	-
LEUCODONTACEAE	<i>Leucodon sciuroides</i> (Hedw.) Schwäg	2	-
METEORACEAE	<i>Meteorium buchananii</i> (Brid.) Broth.	1	-
	<i>Meteorium subpolytrichum</i> (Besch.) Broth.	1	-
MNIACEAE	<i>Leucolepsis acanthoneuron</i> (Schwaegr.) Lindb.	2	-
	<i>Plagiomnium undulatum</i> (Hedw.) T.J.Kop.	2	-
	<i>Plagiomnium japonicum</i> (Lindb.) T.J.Kop	1	-
	<i>Mnium stellare</i> Hedw	1	-
	<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruc	1	-
NECKERACEAE	<i>Neckera douglasii</i> Hook.	2	-
	<i>Neckera crispa</i> Hedwig.	2	-
	<i>Neckera complanata</i> (Hedw.)	2	-
	<i>Thamnobryum alopecurum</i> (Hedw.) Nieuwl. ex Gangulee	1	-
ORTHOTRICHACEAE	<i>Lewinskya rupestris</i> (Schleich. ex Schwägr.) F.Lara, Garilleti & Goffinet	1	-
	<i>Macromitrium sulcatum</i> var. <i>sulcatum</i> (Hook.) Brid.	1	-
PHYLLOGONIACEAE	<i>Phyllogonium viride</i> Brid.	1	MA
POLYTRICHACEAE	<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	3	AM, CE, MA
	<i>Polytrichum commune</i> L. ex Hedw	2	AM, CE, MA
	<i>Atrichum undulatum</i> (Hedw.) P. Beauv	2	-
POTTIACEAE	<i>Cinclidotus fontinaloides</i> (Hedw.) P.Beauv	1	-
	<i>Tortella inclinata</i> var. <i>densa</i> (Lorentz & Molendo)	1	
	<i>Tortella tortuosa</i> (Hedw.) Limpr.	3	MA
	<i>Pleurochaete squarrosa</i> (Brid.) Lindb.	3	-
	<i>Syntrichia ruralis</i> (Hedw.) F. Weber and D. Mohr	1	-
	<i>Tortula subulata</i> Hedw	1	-
	<i>Anoetangium stracheyanum</i> Mitten.	1	-
	<i>Didymodon rigidulus</i> Hedw	1	-
	<i>Barbula javanica</i> Doz. et Molk	1	-
	<i>Barbula arcuata</i> Griff	1	AM, CE, MA
PYLAIACEAE	<i>Ptilium crista-castrensis</i> (Hedw.) De Not.	1	-
SPHAGNACEAE	<i>Sphagnum tenellum</i> (Brid.) Brid.	1	AM, MA
	<i>Sphagnum rubellum</i> Wilson	1	-

Família	Espécie	Nº de publicações	Ocorrência no Brasil
	<i>Sphagnum fallax</i> Klinggräff	1	-
	<i>Sphagnum papillosum</i> Lindb.	1	MA
	<i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	2	AM, CE, MA
	<i>Sphagnum beccarii</i> Hampe	1	-
	<i>Sphagnum palustre</i> L.	1	AM, CE, MA, PA, PN
	<i>Sphagnum subnitens</i> Russ. & Warnst.	1	-
	<i>Sphagnum junghuhnianum</i> Doz. et Molk	1	-
SEMATOPHYLLACEAE	<i>Sematophyllum demissum</i> (Wilson) Mitt.	1	-
THUIDIACEAE	<i>Thuidium tamariscinum</i> (Hedw.) Schimp.	1	MA, PA
	<i>Thuidium cymbifolium</i> (Doz. et Molk.)	1	-
	<i>Thuidium kanedae</i> Sakurai	1	-
	<i>Abietinella abietina</i> (Hedw.) M.Fleisch.	1	-
TRACHYPODACEAE	<i>Trachypodopsis serrulata</i> (P. Beauv.) M. Fleisch.	1	-

Fonte: Dados da pesquisa.

A espécie que apareceu em maior número de trabalhos publicados foi *Hypnum cupressiforme* Hedw., relatada em 8 estudos. Esta espécie possui características que facilitam sua identificação e coleta, como o fato de pouco se aderirem ao substrato, por formarem tapetes contínuos e puros, além de atingir tamanhos de até 10 cm. Tais características contribuem para sua extração da natureza e consequente aquisição de biomassa vegetal, podendo explicar seu amplo uso em ensaios biológicos.

Sabe-se que briófitas, no geral, foram por muitos anos excluídas dos ensaios de prospecção de compostos bioativos, principalmente, devido a dificuldade na identificação, coleta de amostras puras, e aquisição de grandes quantidades de material (biomassa vegetal)³⁵.

Quanto a ocorrência das espécies no Brasil, das 104 espécies utilizados nos bioensaios apenas 17 tiveram registros no território nacional: 4 espécies de Sphagnaceae (*Sphagnum tenellum*, *Sphagnum papillosum*, *Sphagnum magellanicum*, *Sphagnum palustre*), 2 Bryaceae (*Bryum capillare*, *Bryum argenteum*), 2 de Polytrichaceae (*Polytrichum juniperinum*, *Polytrichum commune*), 2 de Pottiaceae (*Tortella tortuosa*, *Barbula arcuata*), 1 de Phyllogoniaceae (*Phyllogonium viride*), 1 de Ditrichaceae (*Ceratodon purpureus*), 1 de Calymperaceae (*Octoblepharum albidum*), 1 de Thuidiaceae (*Thuidium tamariscinum*), 1 Aulacomniaceae (*Aulacomnium palustre*), 1 Hedwigiaceae (*Hedwigia ciliata*) e 1 Funariaceae (*Funaria hygrometrica*).

Utilizar espécies cujo potencial uso biotecnológico é documentado e cuja ocorrência é registrada no País minimiza esforços na triagem etnofarmacológica, na comparação de resultados. Além de possibilitar um eficiente direcionamento das pesquisas para espécies cuja aquisição de biomassa seja possível, uma vez que coletar quantidades suficientes de material botânico para extração e isolamento de compostos e ensaios biológicos ainda é a principal dificuldade encontrada na pesquisa aplicada utilizando briófitas³⁵.

CONCLUSÃO

Apesar de haver um aumento dos estudos que avaliam a atividade antibacteriana de musgos principalmente nos últimos 5 anos, publicações acerca desse tema ainda são incipientes, especialmente no Brasil, o que demonstra um campo amplo de estudos a ser explorado, investido e publicado, principalmente em função da grande diversidade de espécies de musgos ocorrentes no país.

Dentre as espécies mais utilizadas nas atuais pesquisas, está o musgo *Hypnum cupressiforme* Hedw. possivelmente devido às suas características morfológicas que facilitam a coleta e identificação. Apesar disso, a grande maioria dos estudos químicos e biológicos concentram-se nas hepáticas, evidenciando a lacuna existente acerca da bioatividade envolvendo musgos.

Ademais, este estudo contribui para um melhor entendimento do estado da arte referente à atividade antibacteriana em musgos o que possibilita um melhor direcionamento das pesquisas visando o preenchimento de lacunas e uma efetiva contribuição à Ciência.

REFERÊNCIAS

- Goffinet B, Buck WR, Shaw AJ. Addenda to the classification of mosses. I. Andreaeophytina stat. nov. and Andreaeobryophytina stat. nov. Bryologist. 2009 Dec;112(4):856-7. doi: <https://doi.org/10.1639/0007-2745-112.4.856>
- Whitehead J, Wittemann M, Cronberg N. Allelopathy in bryophytes – a review. Lindbergia. 2018 Feb 21;41(1). doi: <https://doi.org/10.25227/linbg.01097>
- Asakawa Y, Ludwiczuk A, Nagashima F. ChemInform Abstract: Chemical Constituents of Bryophytes – Bio- and Chemical Diversity, Biological Activity, and Chemosystematics. ChemInform. 2013 Mar 14;44(12):no-no. doi: 10.1007/978-3-7091-1084-3_1
- McCleary JA, Sypherd PS, Walkington DL. Mosses as Possible Sources of Antibiotics. Science. 1960 Jan 8;131(3393):108–8. doi: 10.1126/science.131.3393.108

5. Banerjee RD, Sen SP. Antibiotic Activity of Bryophytes. The Bryologist. 1979;82(2):141. doi: <https://doi.org/10.2307/3242073>
6. Castaldo-Cobianchi R, Giordano S, Basile A, Violante U. Occurrence of antibiotic activity in *Conocephalum conicum*, *Mnium undulatum* and *Leptodictyum riparium* (Bryophytes). Giornale botanico italiano. 1988 Jan;122(5-6):30311. doi: [10.1080/11263508809429412](https://doi.org/10.1080/11263508809429412)
7. Novakovic M, Ludwiczuk A, Bukvicki D, Asakawa Y. Phytochemicals from bryophytes: Structures and biological activity. Journal of the Serbian Chemical Society. 2021;86(12):1139-75. doi: <https://doi.org/10.2298/JSC211027100N>
8. Klavina L, Springe G, Nikolajeva V, Martsinkevich I, Nakurte I, Dzabijeva D, et al. Chemical Composition Analysis, Antimicrobial Activity and Cytotoxicity Screening of Moss Extracts (Moss Phytochemistry). Molecules. 2015 Sep 18;20(9):17221-43. doi: [10.3390/molecules200917221](https://doi.org/10.3390/molecules200917221).
9. Vollár M, Gyovai A, Szűcs P, Zupkó I, Marschall M, Csopor-Löffler B, et al. Antiproliferative and Antimicrobial Activities of Selected Bryophytes. Molecules. 2018 Jun 23;23(7):1520. doi: [10.3390/molecules23071520](https://doi.org/10.3390/molecules23071520)
10. Ludwiczuk A, Asakawa Y. Bryophytes as a source of bioactive volatile terpenoids – A review. Food and Chemical Toxicology. 2019 Oct;132:110649. doi: [10.1016/j.fct.2019.110649](https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110649).
11. Comisso M, Guarino F, Marchi L, Muto A, Piro A, Degola F. Bryo-Activities: A Review on How Bryophytes Are Contributing to the Arsenal of Natural Bioactive Compounds against Fungi. Plants. 2021 Jan 21;10(2):203. doi: <https://doi.org/10.3390/plants10020203>
12. Sabovljević MS, Sabovljević AD, Ikram NKK, Peramuna A, Bae H, Simonsen HT. Bryophytes – an emerging source for herbal remedies and chemical production. Plant Genetic Resources. 2016 Oct 21;14(4):314-27. doi: <https://doi.org/10.1017/S1479262116000320>
13. Vidal CAS, Sousa EO, Rodrigues F, Campos A, Lacerda SR, Costa JGM. Phytochemical screening and synergistic interactions between aminoglycosides, selected antibiotics and extracts from the bryophyte *Octoblepharum albidum* Hedw (Calymperaceae). Arch Biol Sciences. 2012;64(2):465-70. doi: [10.2298/ABS1202465V](https://doi.org/10.2298/ABS1202465V)
14. Alves RJM, Miranda TG, Pinheiro RO, de Souza Pinheiro WB, Andrade EH de A, Tavares-Martins ACC. Volatile chemical composition of *Octoblepharum albidum* Hedw. (Bryophyta) from the Brazilian Amazon. BMC Chemistry. 2022 Oct 9;16(1). doi: [10.1186/s13065-022-00872-4](https://doi.org/10.1186/s13065-022-00872-4)
15. Klegin C, Enio LJ, Eduardo ME, Talita S, Bárbara B, Neusa F de M, et al. Evaluation of the antimicrobial activity of ethanol extracts from *Orthostichella rigida* (Mull. Hal.) B.H Allen Magill (Bryophyta) on pathogenic microorganisms. J Med Plants Research. 2020 Mar 31;14(3):98-104. doi: [10.5897/JMPR2019.6816](https://doi.org/10.5897/JMPR2019.6816)
16. Dohms S. Uma abordagem in silico sobre proteínas transferidoras de lipídeos e a prospecção ativa de novas moléculas antimicrobianas em briófitas [tese]. Universidade Católica de Brasília.
17. Alves RJM, Miranda TG, Tavares-Martins ACC. Abordagem científica sobre a bioatividade de briófitas: o potencial anti-insetos e as perspectivas para o século XXI. Res Soc Development. 2020 Dec 30;9(12):e47591211241. doi: [10.33448/rsd-v9i12.11241](https://doi.org/10.33448/rsd-v9i12.11241)
18. Miranda TG, Alves RJM, Assis DMS de, Sarah AT, Martins Júnior A da S, Tavares-Martins ACC. Atividade antifúngica de briófitas: um estudo científico. Res Soc Dev. 2022 Mar 12;11(4):e10111427127. doi: [10.33448/rsd-v11i4.27127](https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27127)
19. Silva RA da, Oliveira BNL de, Silva LPA da, Oliveira MA, Chaves GC. Resistência a Antimicrobianos: a formulação da resposta no âmbito da saúde global. Saúde em Debate. 2020 Sep;44(126):607-23. doi: [10.1590/0103-1104202012602](https://doi.org/10.1590/0103-1104202012602)
20. WHO. New report calls for urgent action to avert antimicrobial resistance crisis [Internet]. WHO; 2019. [cited 2022 Oct 4]. Available from: <https://www.who.int/news/item/29-04-2019-new-report-calls-for-urgent-action-to-avert-antimicrobial-resistance-crisis>
21. Silva MR da, Hayashi CRM, Hayashi MCP. Análise bibliométrica e cientométrica: desafios para especialistas que atuam no campo. InCID: Revista de Ciência da Informação e Documentação [Internet]. 2011 Jun 9 [cited 2022 Oct 4];2(1):110-29. Available from: <http://www.periodicos.usp.br/incid/article/view/42337>
22. Amelio LA, Sousa MEB de, Valente EB. Uma visão sobre o extrativismo na flora de briófitas. Revista Cerrados. 2021 Aug 1;19(02):218-37. doi: <https://doi.org/10.46551/rc24482692202125>
23. Flora do Brasil 2020 [Internet]. [cited 2023 Jan 5]. Available from: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>
24. IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species [Internet]. IUCN Red List of Threatened Species. IUCN; 2022. [cited 2023 Feb 5]. Available from: <https://www.iucnredlist.org>
25. Martinelli G, Tainan Messina, Luiz Santos Filho, Jardim Botânico Do Rio De Janeiro, Brazil F. Rio De Janeiro: Cncflora, Centro Nacional De Conservação Da Flora; 2013.
26. Kitchen S. Guest Post – Scientific output in the year of COVID – Please See Update [Internet]. The Scholarly Kitchen. 2020. [cited 2023 Jan 5]. Available from: <https://scholarlykitchen.sspnet.org/2020/11/19/guest-post-scientific-output-in-the-year-of-covid/>.
27. Castro A, Konrad O. Panorama global da produção científica sobre microalgas no tratamento de águas residuais. Revista Valore [Internet]. 2021 Jan 7; [cited em 2023 Abr 7]; 5(0): e-5047. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/509>
28. Khudzari J, Kurian J, Tartakovsky B, Raghavan GSVijaya. Bibliometric analysis of global research trends on microbial fuel cells using Scopus database. Bioch Eng J. 2018 Aug;136:51-60. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2018.05.002>
29. Almeida CC, Gracio MCC. Produção científica brasileira sobre o indicador “Fator de Impacto”: um estudo nas bases SciELO, Scopus e Web of Science. Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação. 2019 Jan 4;24(54):62-77. doi: [10.5007/1518-2924.2019v24n54p62](https://doi.org/10.5007/1518-2924.2019v24n54p62)
30. Asakawa Y, Ludwiczuk A, Novakovic M, Bukvicki D, Anchang KY. Bis-bibenzyls, Bibenzyls, and Terpenoids in 33 Genera of the Marchantiophyta (Liverworts): Structures, Synthesis, and Bioactivity. J Nat Prod. 2021 Nov 16;85(3):729-62. doi: [10.1021/acs.jnatprod.1c00302](https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.1c00302)
31. Asakawa Y, Ludwiczuk A. Chemical Constituents of Bryophytes: Structures and Biological Activity. J Nat Prod. 2018 Mar 23;81(3):641-60. doi: [10.1021/acs.jnatprod.6b01046](https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.6b01046)
32. Comisso M, Guarino F, Marchi L, Muto A, Piro A, Degola F. Bryo-Activities: A Review on how bryophytes are contributing to the arsenal of natural bioactive compounds against fungi. Plants. 2021 Jan 21;10(2):203. doi: <https://doi.org/10.3390/plants10020203>
33. Chandra S, Chandra D, Barh A, Pankaj, Pandey RK, Sharma IP. Bryophytes: Hoard of remedies, an ethno-medicinal review. J Tradit Complement Med. 2017 Jan;7(1):94-8. doi: [10.1016/j.jtcm.2016.01.007](https://doi.org/10.1016/j.jtcm.2016.01.007)
34. Santos N, Oliveira J, Peralta D. Briófitas ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo. Instituto Nacional da Mata Atlântica. 2019 Dec 108-123.
35. Chen F, Ludwiczuk A, Wei G, Chen X, Crandall-Stotler B, Bowman JL. Terpenoid secondary metabolites in bryophytes: chemical diversity, biosynthesis and biological functions. Critical Reviews in Plant Sciences. 2018 May 4;37(2-3):210-31. doi: [10.1080/07352689.2018.1482397](https://doi.org/10.1080/07352689.2018.1482397)

Submetido em: 30/04/2023

Aceito em: 21/06/2023