

## ATIVIDADE BIOLÓGICA DE LECTINAS: EXPLORAÇÃO DE PROPRIEDADES FUNCIONAIS

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.978112518031>

*Data de aceite: 18/03/2025*

**Jefferson de Sales Diodato**

Centro Universitário - UNILEÃO

**Maria Hellena Garcia Novais**

Universidade Federal do Cariri - UFCA

**Nadghia Figueiredo Leite Sampaio**

Faculdade de Medicina Estácio de  
Juazeiro do Norte – FJN

**Paula Patrícia Marques Cordeiro**

Universidade Regional do Cariri - URCA

**Severino Denicio Gonçalves de Sousa**

Universidade Federal do Mato Grosso -  
UFMT

**Flávio Silva Tampelini**

Universidade Federal do Mato Grosso -  
UFMT

**Olívia Caroline Maia de Moura**

Universidade Federal do Cariri - UFCA

**José Walber Gonçalves Castro**

Universidade Regional do Cariri - URCA

**Naiana Silva Guedes**

**Deivyson Bruno Leite da Cunha**

Universidade Regional do Cariri - URCA

**José Weverton Almeida-Bezerra**

Universidade Regional do Cariri - URCA

**RESUMO:** Lectinas são proteínas ou glicoproteínas de origem natural que exibem alta afinidade e especificidade por carboidratos, desempenhando papéis cruciais em diversos processos biológicos. Este trabalho explora a atividade biológica de lectinas, com ênfase em suas propriedades antimicrobianas, antitumorais, imunomoduladoras e antiangiogênicas. Além disso, destaca-se sua aplicação potencial em terapias contra câncer, doenças infecciosas e como ferramentas em biotecnologia e diagnóstico. A capacidade de lectinas interagirem seletivamente com glicoconjugados na superfície celular as posiciona como moléculas promissoras em estudos de mecanismos moleculares e no desenvolvimento de novos agentes terapêuticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Antimicrobiana, Terapias Moleculares, Glicoconjugados, Interação Carboidrato-Proteína.

### INTRODUÇÃO

Lectinas são proteínas presentes em uma ampla variedade de organismos, incluindo plantas, animais, fungos e bactérias, caracterizadas por sua

capacidade de reconhecer e se ligar de forma específica e reversível a carboidratos (Véras et al., 2022; Silva et al., 2022; Teixeira et al., 2012). Essa interação ocorre por meio de sítios específicos localizados na superfície das lectinas, permitindo sua associação com glicoconjugados encontrados em membranas celulares e macromoléculas (Véras et al., 2022).

O termo “lectina” deriva do latim *legere*, que significa “escolher” ou “selecionar”, refletindo sua seletividade (Sharon; Lis, 2004). A ampla distribuição dessas proteínas e seu papel essencial em processos biológicos tornam-nas de grande interesse para estudos nas mais diversas áreas da pesquisa científica.

A atividade biológica das lectinas está intrinsecamente relacionada à sua especificidade por carboidratos, o que possibilita seu envolvimento em interações célula-célula e célula-matriz. Esses atributos têm sido explorados em investigações que abrangem desde a biologia básica até aplicações terapêuticas. Dentre suas propriedades mais estudadas, destacam-se os efeitos antitumorais, antimicrobianos, imunomoduladores, antinociceptivo, antiinflamatório e antiangiogênicos, que apontam para um vasto potencial no desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas (Costa et al., 2024; Yatip et al., 2024; Silva et al., 2022; Oladokun et al., 2019; Oliveira et al., 2019; Coelho et al., 2017; Silva et al., 2010).

Além disso, a alta especificidade das lectinas em relação aos glicoconjugados as torna ferramentas valiosas no estudo da arquitetura e dinâmica das superfícies celulares (Mishra et al., 2019; Coelho et al., 2017; 2018). Essa propriedade tem sido amplamente empregada em técnicas laboratoriais, incluindo a detecção de alterações em glicoconjugados associados a doenças como o câncer, facilitando a identificação de marcadores moleculares e a compreensão de mecanismos patológicos (Vázquez-Iglesias et al., 2024; Dakal et al., 2024; Mishra et al., 2019; Coelho et al., 2017).

No contexto terapêutico, diversas lectinas de origem vegetal têm sido avaliadas por sua capacidade de interagir seletivamente com carboidratos específicos na superfície de células tumorais, promovendo citotoxicidade direcionada (Costa et al., 2024; Faheina-Martins et al., 2012; Nunes et al., 2012). Estudos também têm demonstrado que lectinas podem inibir a formação de biofilmes bacterianos e atividade modular respostas imunológicas, o que as torna candidatas promissoras para o desenvolvimento de fármacos (Silva et al., 2017; Oliveira, et al., 2019).

Entretanto, apesar dos avanços na caracterização das propriedades biológicas das lectinas, sua aplicação em contextos clínicos ainda enfrenta desafios, como a determinação de sua segurança e especificidade em sistemas biológicos complexos. Pesquisas recentes têm se dedicado a compreender os mecanismos moleculares de ação dessas proteínas e a avaliar sua toxicidade, estabilidade e eficácia em modelos experimentais, o que poderá expandir sua aplicabilidade terapêutica e diagnóstica (Costa et al., 2024).

Neste contexto, este estudo tem como objetivo revisar as principais propriedades biológicas das lectinas, enfatizando suas atividades antitumoral, antimicrobiana, anti-inflamatória e imunomoduladora, bem como discutir os avanços e desafios relacionados ao seu uso em aplicações biotecnológicas e terapêuticas.

## **METODOLOGIA**

Esta revisão foi conduzida com base em uma pesquisa abrangente na literatura científica para identificar e sintetizar informações relevantes sobre as atividades biológicas das lectinas, com ênfase em suas propriedades antitumorais, antimicrobianas, anti-inflamatória e imunomoduladoras. A seleção dos artigos foi realizada em bases de dados científicas como PubMed, Scopus, Web of Science e Google Scholar, abrangendo publicações entre 2010 e 2024, com preferência para estudos mais recentes. Os termos de busca incluíram combinações de palavras-chave como “lectins,” “biological activity,” “antitumor,” “antimicrobial,” “immunomodulation,” e “anti-inflamatória” em conjunto com os operadores booleanos “AND” e “OR”.

Foram incluídos artigos originais, revisões sistemáticas e meta-análises publicados em inglês e português, que apresentavam metodologias detalhadas sobre a purificação, caracterização e avaliação funcional de lectinas. Estudos que investigavam os mecanismos moleculares subjacentes às propriedades biológicas dessas proteínas também foram priorizados. Dados sobre aplicações laboratoriais, como a detecção de glicoconjugados e identificação de biomarcadores, foram coletados e analisados criticamente. Informações redundantes ou de baixa qualidade metodológica foram excluídas para assegurar a relevância e a robustez científica desta revisão.

Os dados extraídos dos artigos selecionados foram organizados em categorias temáticas para facilitar a análise e discussão, destacando as potencialidades das lectinas no desenvolvimento de terapias inovadoras e na compreensão de processos patológicos. Essa abordagem permitiu consolidar informações atualizadas e fundamentadas, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre as aplicações biomédicas e biotecnológicas das lectinas.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os estudos selecionados conforme Tabela 1, destacam a versatilidade das lectinas em diversas áreas de pesquisa biológica, como antitumoral, antimicrobiano, imunomodulador e anti-inflamatório. A escolha destes trabalhos como principais se justifica pela profundidade e inovação nas descobertas, além da relevância das lectinas como moléculas bioativas com grande potencial terapêutico.

Planta	Lectina	Especificidade de ligação a carboidratos	Atividade	Referências
<i>Viscum álbium</i> L.	ML-I e MLs	Galactose (Gal) e N-acetylgalactosamina (GalNAc)	Atividade antitumoral, Câncer de mama, hepatocarcinoma	Majeed et al., 2021 Delebinski et al., 2015 Wacker et al., 2004 Lyu et al., 2002
<i>Vatairea macrocarpa</i> Ducke	VmL	Galactose (Gal) e N-acetylgalactosamina (GalNAc)	Efeitos citotóxicos em outras linhagens celulares tumorais, células normais e toxicidade <i>in vivo</i>	Costa et al., 2024
<i>Canavalia brasiliensis</i>	ConBr	Glicose e Manose	Viabilidade celular, índice de apoptose, célula migração, produção de citocinas e óxido nítrico	Silva et al., 2014
<i>Tetracarpidium conophorum</i>	TcSL,	ácidos siálicos ou fucose ligados ao residuo terminal de galactose ou ao N-acetilglucosamina	anti-nociceptivos e anti-inflamatórios	Oladokun et al., 2019
<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC	ConA	Manose e Glicose	Microbiológica	YATIP et al., 2024
<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC and <i>Canavalia rosea</i> (Sw.)	ConA e ConM	Manose e Glicose	Microbiológica	FONSECA et al., 2022
<i>Vatairea macrocarpa</i>	VML	Galactose e N-acetilgalactosamina	Microbiológica	Santos et al., 2020b
<i>C. ensiformis</i>	ConM	Manose	imunomoduladoras e anti-inflamatórias	Santos, 2020; Oladokun et al., 2019
<i>Machaerium acutifolium</i>	MAL	galactose ou derivados, como N-acetilgalactosamina (GalNAc).	respostas inflamatórias	Santos et al., 2020 <sup>a</sup>
<i>Arachis hypogea</i>	AhL	Gal, Galb3Gal NAc	Câncer de mama	Lavanya et al., 2016
<i>Glycine max</i>	Aglutinina de soja	Gal/GalNAc	Câncer de mama, hepatoma	Lavanya et al., 2016
<i>Prosopis juliflora</i>	Lectina de semente de algaroba	Fruc	Câncer cervical	Lavanya et al., 2016

**Tabela 1.** Fontes de algumas lectinas vegetais com ligação específica a carboidratos e potencial biológico.

A crescente busca por alternativas terapêuticas eficazes no tratamento do câncer e de doenças inflamatórias tem levado à investigação das propriedades biológicas de lectinas extraídas de diversas fontes vegetais. Vários estudos destacam o potencial

anticancerígeno dessas proteínas, evidenciado por sua capacidade de induzir apoptose em células tumorais, além de reduzir a proliferação celular e a formação de novos vasos sanguíneos em tumores (Bhutia et al., 2019; Yau et al., 2015).

A pesquisa sobre as lectinas antitumorais de *Vatairea macrocarpa* tem mostrado resultados promissores na redução da viabilidade celular com células leucêmicas (Costa et al., 2024). O ensaio de citotoxicidade revelou que a lectina VML apresentou efeito citotóxico significativo em linhagens leucêmicas. Os valores de  $IC_{50}$  foram de 3,5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  para a linhagem HL-60, 18,6  $\mu\text{g}/\text{mL}$  para a linhagem KG1, indicando maior potência contra HL-60. Isso demonstra uma seletividade variável da VML entre diferentes tipos celulares leucêmicos. Esses achados são cruciais para o desenvolvimento de tratamentos alternativos ou adjuvantes no combate ao câncer.

Estudos *in vitro* e *in vivo* mostraram que a lectina de *Viscum album* induzem apoptose em células tumorais por meio da regulação de genes, ativação de caspases e liberação de citocromo C e Apaf-1. Eles também modulam vias de sinalização, como c-Myc e JNK, regulando negativamente genes pró-sobrevivência (Bcl-2) e positivamente genes pró-apoptóticos (Bax, Bad, TNF). Dados transcriptômicos e proteômicos indicam que o extrato completo de *Viscum album* tem maior eficácia anticancerígena, combinando lectinas, viscotoxinas e triterpenos (Majeed et al., 2020).

Dados semelhantes também foram explorados por Majeed et al. (2021), explorando a atividade antitumoral das lectinas do visco (*Viscum album L.*), especificamente com o foco na *Mistletoe lectin-I* (ML-I). A pesquisa explorou os mecanismos de ação dessas lectinas, como apoptose, modulação imunológica e regulação de genes envolvidos na sobrevivência, proliferação e disseminação tumoral, com estudos *in vitro* e *in vivo*. Além disso, avaliou a eficácia do extrato total do visco, composto por triterpenos, lectinas e viscotoxinas, em comparação com os componentes isolados.

No trabalho de Silva et al. (2014) resultados indicaram que o ConBr (*Canavalia brasiliensis* lectina) apresentou a capacidade de reduzir a viabilidade celular e inibir a apoptose, evidenciado pela diminuição da migração celular. Além disso, o ConBr estimulou a produção de NO e IL-12. Esses achados, em conjunto, sugerem o potencial do ConBr como um agente terapêutico promissor para o tratamento do melanoma.

As lectinas se destacam em modelos experimentais por sua capacidade de não apenas atacar as células tumorais, mas também de promover um ambiente tumoral mais favorável, reduzindo a inflamação (Santos et al., 2022; Majeed, 2021; Oladokun et al., 2019; Souza, 2013). Essas propriedades conferem grande potencial para o uso dessas lectinas em terapias combinadas, com o objetivo de aprimorar os resultados dos tratamentos convencionais e minimizar os efeitos adversos associados.

Além das propriedades anticancerígenas, as lectinas de plantas como *C. ensiformis* e *C. rosea* têm demonstrado uma significativa atividade antimicrobiana, o que se torna especialmente relevante diante do aumento da resistência bacteriana e fúngica aos

antibióticos convencionais. Os estudos de Fonseca et al. (2022) demonstraram a capacidade de modificar a ação do fluconazol, promovendo uma redução na sua concentração inibitória de 50% (IC<sub>50</sub>) contra *Candida albicans*. Além disso, essas lectinas apresentaram potencial para modular de forma discreta a transição morfológica de cepas de *Candida*.

Esses achados sugerem que as lectinas possuem potencial para potencializar os efeitos de antifúngicos e influenciar a morfologia de *Candida* spp. (Fonseca et al., 2022; Silva et al., 2022; Coelho et al., 2018). Esses estudos em conjunto revelam a capacidade dessas lectinas de interagir com os glicoconjugados da superfícies celulares de microrganismos e inibir, por exemplo, a formação de biofilmes, o que representa um avanço importante na luta contra infecções persistentes (Yatip et al., 2024; Sousa et al., 2020). Bem como atividade moduladora na potencialização de fármacos como o fluconazol (Fonseca et al., 2022).

Tais características tornam essas lectinas opções promissoras no desenvolvimento de novos tratamentos antimicrobianos, podendo ser eficazes, principalmente, no controle de infecções nos ambientes hospitalares. Essas propriedades multifacetadas, combinadas com a atividade antimicrobiana e anticancerígena, demonstram o vasto potencial terapêutico das lectinas, posicionando-as como ferramentas valiosas no desenvolvimento de novas abordagens para doenças infecciosas, inflamatórias e tumorais.

Os trabalhos que investigam a atividade antimicrobiana das lectinas, são essenciais no contexto das crescentes resistências bacterianas e fúngicas aos antibióticos convencionais. A capacidade das lectinas de interagir com as superfícies celulares de microrganismos e inibir a formação de biofilmes representa um avanço significativo na luta contra infecções persistentes.

Já as propriedades imunomoduladoras e anti-inflamatórias, observadas em diversos modelos experimentais, confirmam o potencial das lectinas em doenças autoimunes e inflamatórias crônicas, reforçando a ideia de que essas moléculas têm um papel crucial em terapias multifacetadas, capazes de abordar várias condições patológicas simultaneamente (Oladokun et al., 2019; Mishr et al., 2019; Yatip et al., 2014; Silva et al., 2010). Esses resultados tornam os estudos selecionados essenciais para novas abordagens terapêuticas.

Dados semelhantes foram encontrados por Santos et al., 2022 onde a lectina ligante de galactose extraída de *V. macrocarpa* (VML) demonstrou aumentar a atividade de antibióticos contra *Staphylococcus aureus*, mas não foi eficaz contra *Escherichia coli*. A combinação de VML com gentamicina aumentou a eficácia antibacteriana, enquanto com norfloxacin mostrou efeito antagonista. A interação da VML com os antibióticos foi mediada pelos seus sítios de ligação a carboidratos, conforme análise de docking molecular.

As lectinas de várias plantas têm mostrado um grande potencial antimicrobiano, essencial em um cenário de crescente resistência bacteriana. As lectinas extraídas de *C. ensiformis* e *M. oleifera*, por exemplo, demonstraram atividade contra uma série de patógenos multirresistentes, incluindo *C. albicans* e outras espécies de fungos (Oliveira,

2021). O uso dessas proteínas pode, assim, fornecer uma abordagem eficaz para o controle de infecções persistentes, particularmente em ambientes hospitalares.

Esses resultados sugerem que estas lectinas podem ser um modulador eficaz da sensibilidade bacteriana e fúngica. Este estudo abre caminho para o uso de lectinas no tratamento de infecções causadas por patógenos multirresistentes.

Além disso, as propriedades imunomoduladoras e anti-inflamatórias observadas em diversos modelos experimentais reforçam a versatilidade das lectinas no tratamento de doenças autoimunes e inflamatórias crônicas. As lectinas extraídas de *C. ensiformis*, por exemplo, mostraram potencial para modular respostas imunes e reduzir a produção de mediadores inflamatórios, tornando-as eficazes no tratamento de condições inflamatórias (Santos, 2020; Oladokun et al., 2019).

A lectina MAL apresentou significativo efeito anti-inflamatório em diversos modelos experimentais. Santos et al., 2020, relata a redução considerável da inflamação. Demonstrou inibição da migração celular em modelos de peritonite induzida por carragenina e bloqueou a formação de edema na pata induzido por carragenina e dextrana. Em estudos *in vitro*, a MaL modulou a expressão de genes relacionados à inflamação em macrófagos estimulados por LPS: reduziu a expressão das citocinas pró-inflamatórias enquanto aumentou a expressão da citocina anti-inflamatória IL-10 (Santos et al., 2020). Esses resultados indicam que lectinas como a MaL pode ser uma ferramenta terapêutica promissora no tratamento de condições inflamatórias.

As propriedades anti-inflamatórias das lectinas também foram observadas em diversos modelos experimentais, como *Tetracarpidium conophorum* (TcSL), onde os resultados indicaram que a lectina TcSL, com especificidade por lactose/galactose, apresentou efeitos anti-nociceptivos e anti-inflamatórios significativos. No teste, houve uma redução no tempo de lambe a pata, sugerindo que a lectina diminui a percepção de dor. Além disso, evidenciando sua ação anti-inflamatória e redução na migração de leucócitos indicando um efeito modulador sobre a resposta inflamatória (Oladokun et al., 2019).

Outro ponto relevante está relacionado às propriedades imunomoduladoras das lectinas, que têm mostrado grande promessa no tratamento de doenças autoimunes e inflamatórias crônicas. Estudo de Majeed et al. (2021) a lectina de *Viscum album*, apresenta propriedades citotóxicas combinadas com efeitos imunomoduladores. Esses atributos têm sido amplamente explorados em estudos devido ao seu potencial como agente inibidor de tumores.

Esses resultados reforçam o potencial da lectina como um agente bioativo com propriedades terapêuticas para inflamação e dor. Esses resultados reforçam a relevância das lectinas como ferramentas terapêuticas multifacetadas, com grande potencial de aplicação clínica no combate a doenças inflamatórias, infecciosas e tumorais (Silva et al., 2022; Oladokun et al., 2019).

Isso sugere que essas lectinas poderiam ser utilizadas no manejo de doenças autoimunes, como artrite, onde a resposta imune exacerbada danifica os próprios tecidos do paciente. Dessa forma, essas lectinas têm o potencial de atuar como agentes terapêuticos em condições inflamatórias crônicas, fornecendo uma alternativa menos invasiva e com menos efeitos colaterais do que os tratamentos convencionais.

As propriedades anti-inflamatórias das lectinas também foram investigadas em diversos estudos, evidenciando seu potencial no controle da inflamação associada a uma ampla gama de condições patológicas. Trabalhos como o de Silva et al. (2010) indicaram que a lectina de *Pterocladia capillacea* (PcL) demonstrou efeitos significativos tanto anti-nociceptivos quanto anti-inflamatórios. PcL reduziu de maneira dose-dependente a dor induzida por ácido acético e formalina, com destaque para a diminuição das fases aguda e tardia da dor formalina. Além disso, PcL reduziu significativamente a migração de neutrófilos. Esses achados reforçam o potencial de PcL como um agente anti-inflamatório e analgésico periférico.

Achados que reforçam novas possibilidades para o uso dessas proteínas no tratamento de doenças inflamatórias crônicas. As evidências de sua ação sobre a modulação de citocinas como TNF- $\alpha$  e IL-6 são particularmente promissoras, indicando que as lectinas podem reduzir a inflamação de forma mais específica e eficaz.

É importante notar que, além das propriedades terapêuticas diretas, algumas lectinas também apresentam efeitos adjuvantes importantes na quimioterapia e no tratamento de doenças infecciosas. As lectinas de *F. carica*, por exemplo, demonstraram capacidade de inibir o crescimento de células tumorais e de atuar como amplificadores de tratamentos antimicrobianos, mostrando um efeito sinérgico com antibióticos e quimioterápicos (Sindhura et al., 2017; Lavanya et al., 2016). Esse tipo de interação pode representar uma nova abordagem no design de terapias combinadas, que alavancam os benefícios tanto das terapias convencionais quanto das moléculas naturais.

Por fim, a utilização de lectinas em tratamentos terapêuticos multifacetados também foi reforçada pelos resultados de diversos estudos experimentais, que demonstraram não apenas a eficácia dessas proteínas nas áreas de câncer, infecções e inflamação, mas também a versatilidade de suas ações. As lectinas podem atuar em diferentes vias patológicas simultaneamente, oferecendo uma abordagem terapêutica inovadora e mais eficiente, especialmente em contextos como a quimioterapia, onde a resistência a tratamentos convencionais é um desafio crescente (Rodrigues, 2021; Souza, 2013). Dessa forma, as lectinas não só contribuem para o tratamento de diversas condições, mas também oferecem um potencial significativo na medicina personalizada.

## CONCLUSÃO

Com base nos resultados discutidos, fica claro o grande potencial das lectinas como agentes terapêuticos multifacetados no tratamento de diversas doenças, incluindo câncer, infecções e condições inflamatórias. As propriedades anticancerígenas dessas proteínas, que incluem a indução de apoptose em células tumorais e a modulação do ambiente tumoral, são promissoras para o desenvolvimento de terapias adjuvantes que podem melhorar os resultados de tratamentos convencionais. Além disso, a atividade antimicrobiana das lectinas, especialmente contra patógenos resistentes, oferece uma alternativa importante no combate às infecções persistentes, um problema crescente na medicina moderna.

Outro ponto crucial é a capacidade das lectinas de modular o sistema imunológico e reduzir a inflamação em doenças crônicas, como artrite e outras condições autoimunes, o que reforça o seu potencial no tratamento de doenças inflamatórias. O uso de lectinas como agentes terapêuticos, tanto isoladamente quanto em combinação com outros tratamentos, oferece uma abordagem promissora para o desenvolvimento de novas terapias mais eficazes e com menos efeitos colaterais.

Em suma, os estudos revisados fornecem uma base sólida para o avanço da pesquisa sobre lectinas, destacando sua relevância no desenvolvimento de tratamentos inovadores e sustentáveis para uma variedade de condições patológicas.

## REFERÊNCIAS

BHUTIA, S. K. et al. Plant lectins in cancer therapeutics: Targeting apoptosis and autophagy-dependent cell death. *Pharmacological Research*, v. 144, p. 8–18, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2019.04.001>.

COELHO, L. C. B. B. et al. Lectins, interconnecting proteins with biotechnological/pharmacological and therapeutic applications. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, v. 2017, p. 1594074, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/1594074>.

COELHO, L. C. Breitenbach Barroso et al. Lectins as antimicrobial agents. *Journal of Applied Microbiology*, v. 125, n. 5, p. 1238–1252, nov. 2018. <https://doi.org/10.1111/jam.14055>.

COSTA, A. R. et al. *In vitro* antiproliferative effects of *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke lectin on human tumor cell lines and *in vivo* evaluation of its toxicity in *Drosophila melanogaster*. *Food and Chemical Toxicology*, v. 190, p. 114815, 2024.

DAKAL, T. C. et al. Emerging methods and techniques for cancer biomarker discovery. *Pathology - Research and Practice*, v. 262, p. 155567, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.prp.2024.155567>.

DELEBINSKI, C. I. et al. A natural combination extract of *Viscum album* L. containing both triterpene acids and lectins is highly effective against AML *in vivo*. *PLOS ONE*, v. 10, Article e0133892, 2015.

FAHEINA-MARTINS, G. V.; DA SILVEIRA, A. L.; CAVALCANTI, B. C.; RAMOS, M. V.; MORAES, M. O.; PESSOA, C.; ARAÚJO, D. A. Antiproliferative effects of lectins from *Canavalia ensiformis* and *Canavalia brasiliensis* in human leukemia cell lines. *Toxicology in vitro*, v. 26, p. 1161–1169, 2012.

- FONSECA, Victor Juno Alencar et al. Lectins ConA and ConM extracted from *Canavalia ensiformis* (L.) DC and *Canavalia rosea* (Sw.) DC inhibit planktonic *Candida albicans* and *Candida tropicalis*. *Archives of Microbiology*, v. 204, n. 6, p. 346, 24 maio 2022. <https://doi.org/10.1007/s00203-022-02959-x>.
- LAVANYA, V.; ADIL MOHAMED, A. A.; AHMED, N.; JAMAL, S. Lectins—the promising cancer therapeutics. *Oncobio. Targets*, v. 1, p. 12, 2016.
- LYU, S. Y.; CHOI, S. H.; PARK, W. B. Korean mistletoe lectin-induced apoptosis in hepatocarcinoma cells is associated with inhibition of telomerase via mitochondrial controlled pathway independent of p53. *Arch. Pharm. Res.*, v. 25, p. 93–99, 2002.
- MAJEED, M.; HAKEEM, K. R.; REHMAN, R. U. Mistletoe lectins: From interconnecting proteins to potential tumour inhibiting agents. *Phytomedicine Plus*, v. 1, n. 3, p. 100039, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.phyflu.2021.10003>.
- MISHRA, A. et al. Structure-function and application of plant lectins in disease biology and immunity. *Food and Chemical Toxicology*, v. 134, Article 110827, 2019.
- NUNES, E. S.; SOUZA, M. A. A.; VAZ, A. F. M.; SILVA, T. G.; AGUIAR, J. S.; BATISTA, A. M.; GUERRA, M. M. P.; GUARNIERI, M. C.; COELHO, L. C. B. B.; CORREIA, M. T. S. Cytotoxic effect and apoptosis induction by *Bothrops leucurus* venom lectin on tumor cell lines. *Toxicon*, v. 59, p. 667–671, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2012.03.002>.
- OLADOKUN, B. O. et al. Antinociceptive and anti-inflammatory activities of the seed lectin from *Tetracarpidium conophorum*. *Scientific African*, v. 3, e00073, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00073>.
- OLIVEIRA, I. et al. New Lectins from Mediterranean Flora. Activity against HT29 Colon Cancer Cells. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 20, n. 12, p. 3059, 2019. <https://doi.org/10.3390/ijms20123059>.
- SANTOS, A. L. E. et al. *Machaerium acutifolium* lectin inhibits inflammatory responses through cytokine modulation. *Process Biochemistry*, v. 97, p. 49–157, 2020a. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.06.012>.
- SANTOS, V. F. et al. The galactose-binding lectin isolated from *Vatairea macrocarpa* seeds enhances the effect of antibiotics against *Staphylococcus aureus* - Resistant Strain. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, v. 12, p. 82–90, 2020b. <https://doi.org/10.1007/s12602-019-9526-z>.
- SHARON, N.; LIS, H. History of lectins: From hemagglutinins to biological recognition molecules. *Glycobiology*, v. 14, n. 11, p. 53–62, 2004.
- SILVA, L. M. C. M. et al. Antinociceptive and anti-inflammatory activities of lectin from marine red alga *Pterocladia capillacea*. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, v. 33, n. 5, p. 830–835, 2010. <https://doi.org/10.1248/bpb.33.830>.
- SILVA, R. C.; TEIXEIRA, C. S.; PRETTO, A.; COSTA, T. S.; SIQUEIRA, J. C.; PANTOJA, B. T.; BALDISSEROTTO, B.; LOPES, J. M. Antinutritional effect of lectin from faveira (*Parkia platycephala*) seeds in tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*). *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 48, p. e745, 2022.

SILVA, F. DE O., SANTOS, P. DAS N., FIGUEIRÔA, E. DE O., DE MELO, C. M. L., DE ANDRADE LEMOINE NEVES, J. K., ARRUDA, F. V. S., PEREIRA, V. R. A. Antiproliferative effect of *Canavalia brasiliensis* lectin on B16F10 cells. *Research in Veterinary Science*, 96(2), 276–282, 2014. doi:10.1016/j.rvsc.2014.01.00

SINDHURA, B. R.; HEGDE, P.; CHACHADI, V. B.; INAMDAR, S. R.; SWAMY, B. M. High mannose N-glycan binding lectin from *Remusatia vivipara* (RVL) limits cell growth, motility and invasiveness of human breast cancer cells. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, v. 93, p. 654–665, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.06.081>.

SOUZA, M. A. et al. The immunomodulatory effect of plant lectins: a review with emphasis on ArtinM properties. *Glycoconjugate Journal*, v. 30, n. 7, p. 641–657, 2013. <https://doi.org/10.1007/s10719-012-9464-4>.

TEIXEIRA, C. S.; DA SILVA, H. C.; DE MOURA, T. R.; PEREIRA-JÚNIOR, F. N.; DO NASCIMENTO, K. S.; NAGANO, C. S.; SAMPAIO, A. H.; DELATORRE, P.; ROCHA, B. A. M.; CAVADA, B. S. Crystal structure of the lectin of *Camptosema pedicellatum*: implications of a conservative substitution at the hydrophobic subsite. *Journal Biochemistry*, v. 152, p. 87–98, 2012. <https://doi.org/10.1093/jb/mvs047>.

VÁZQUEZ-IGLESIAS, L. et al. Sensoriamento SERS para biomarcador de câncer: abordagens e direções. *Bioactive Materials*, v. 34, p. 248–268, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2023.12.018>.

VÉRAS, J. H.; CARDOSO, C. G.; PUGA, S. C.; DE MELO BISNETO, A. V.; ROMA, R. R.; SANTOS SILVA, R. R.; TEIXEIRA, C. S.; CHEN-CHEN, L. Lactose-binding lectin from *Vatairea macrocarpa* seeds induces in vivo angiogenesis via VEGF and TNF- $\alpha$  expression and modulates in vitro doxorubicin-induced genotoxicity. *Biochimie*, v. 194, p. 55–66, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2021.12.011>.

WACKER, R.; STOIEVA, S.; PFULLER, K.; PFULLER, U.; VOELTER, W. Complete structure determination of the A chain of mistletoe lectin III from *Viscum album* L. ssp. *Album*. *J. Pept. Sci.*, v. 10, p. 138–148, 2004.

YATIP, P. et al. Biofilm inhibitor Con A lectin feed additive protects shrimp against pathogenic *Vibrio harveyi* and *V. parahaemolyticus*. *Aquaculture*, v. 585, p. 740693, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740693>.

YAU, T.; DAN, X.; NG, C. C. W.; NG, T. B. Lectins with potential for anti-cancer therapy. *Molecules*, v. 20, n. 3, p. 3791–3810, 2015. <https://doi.org/10.3390/molecules20033791>.