



## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: LECTINAS – ASPECTOS GERAIS E SEUS BENEFÍCIOS À AGROINDÚSTRIA

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA: LECTINAS - ASPECTOS GENERALES Y SUS BENEFICIOS PARA LA AGROINDUSTRIA

## LITERATURE REVIEW: LECTINS - GENERAL ASPECTS AND THEIR BENEFITS TO AGRIBUSINESS

Maria Clara do Nascimento<sup>1</sup>; Juanize Matias da Silva Batista<sup>2</sup>; Thiago Pajeú Nascimento<sup>3</sup>; Romero Marcos Pedrosa Brandão Costa<sup>4</sup>; Ana Lúcia Figueiredo Porto<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/IIICIAGRO.0099>

### RESUMO

Proteínas capazes de se ligar a carboidratos são denominadas “lectinas”. São glicoproteínas que interagem com diversos tipos de carboidratos, processo caracterizado por duas particularidades: a lectina não altera a estrutura do açúcar e essa ligação pode ser revertida. O amplo grupo possui classificações que variam de acordo com sua fonte de extração, por qual carboidrato é específica e por sua estrutura. A descoberta das lectinas ocorreu devido a observação da capacidade que determinadas proteínas apresentavam de aglutinar eritrócitos, a primeira lectina foi nomeada como “ricina” e desde então muitas outras foram descobertas e estudadas, apresentando até hoje um grande potencial biotecnológico. Por isso, o intuito deste trabalho é revisar as principais características das lectinas e suas possíveis aplicações, principalmente no agronegócio já que evidências comprovam grandes benefícios de sua utilização na área. Esta revisão bibliográfica foi desenvolvida a partir de buscas em sites científicos que levaram a seleção de artigos que mais estivessem condizentes com o tema. Logo foi observado que, lectinas podem ser encontradas e extraídas de animais, microrganismos e plantas e que uma das suas primeiras aplicações, graças a sua capacidade de aglutinar eritrócitos, foi na organização de informações sobre o Sistema ABO. Sua aplicação não ficou delimitada só nesse eixo, por todas as suas características já citadas, sua facilidade de obtenção e por não ter uma única função definida as lectinas logo tiveram seu uso aplicado em outros setores, como nas atividades de agricultura e pecuária. Um exemplo de aplicação na agricultura é o controle e extermínio de pragas agrícolas. Naturalmente presente nos vegetais, as lectinas funcionam como agentes da imunidade e como barreira bioquímica contra predadores, um sucesso de pesquisa foi a descoberta da capacidade da lectina extraída de *Moringa oleifera* de serem usadas contra o gorgulho-do-milho, a WSMoL demonstrou competência em causar distúrbios no sistema digestório do inseto levando a morte. Já na pecuária, exemplos de aplicações foram constatados a partir da eficácia de lectinas contra microrganismos, levando seu uso ao combate de doenças como a mastite e infecções causadas por *E. coli*. Seus atributos também levaram as lectinas a

<sup>1</sup> Mestranda em Biociência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, [mclaranaascimento@gmail.com](mailto:mclaranaascimento@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutora em Biociência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, [juanizematias@yahoo.com.br](mailto:juanizematias@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Doutor em Biologia Aplicada À Saúde, Universidade Federal do Piauí, [thiago\\_pajeu@hotmail.com](mailto:thiago_pajeu@hotmail.com)

<sup>4</sup> Doutor em Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco, [romero.brandao@upe.br](mailto:romero.brandao@upe.br)

<sup>5</sup> Professora Titular, Universidade Federal Rural de Pernambuco, [analuporto@yahoo.com.br](mailto:analuporto@yahoo.com.br)

serem utilizadas como biomarcadores de espermatozoides bovinos, o que se torna uma peça triunfal numa inseminação artificial. Sem embargo, é irrefutável que as particularidades das lectinas as tornam proteínas ouro de ampla aplicação, podendo ser utilizada como defensivo agrícola, antibióticos e no melhoramento genético de atuais/futuras gerações, demonstrando então ser extremamente poderosa no agronegócio.

**Palavras-Chave:** Glicoproteínas, biotecnologia, agronegócio.

## RESUMEN

Las proteínas capaces de unirse a los carbohidratos se denominan "lectinas". Se trata de glicoproteínas que interaccionan con distintos tipos de hidratos de carbono, proceso caracterizado por dos particularidades: la lectina no modifica la estructura del azúcar y este enlace puede revertirse. El amplio grupo tiene clasificaciones que varían según su fuente de extracción, para qué carbohidrato es específico y por su estructura. El descubrimiento de las lectinas se dio debido a la observación de la capacidad que tenían ciertas proteínas para aglutinar los eritrocitos, la primera lectina se denominó "ricina" y desde entonces se han descubierto y estudiado muchas otras, mostrando un gran potencial biotecnológico hasta el día de hoy. Por lo tanto, el propósito de este trabajo es revisar las principales características de las lectinas y sus posibles aplicaciones, especialmente en la agroindustria, ya que la evidencia muestra grandes beneficios de su uso en el área. Esta revisión bibliográfica se desarrolló a partir de búsquedas en sitios web científicos que llevaron a la selección de los artículos más acordes con el tema. Pronto se observó que las lectinas se pueden encontrar y extraer de animales, microorganismos y plantas y que una de sus primeras aplicaciones, gracias a su capacidad de aglutinar eritrocitos, fue en la organización de la información sobre el Sistema ABO. Su aplicación no se limitó únicamente a este eje, por todas sus características ya mencionadas, su facilidad de obtención y por no tener una única función definida, las lectinas pronto tuvieron su uso aplicado en otros sectores, como en actividades agrícolas y ganaderas. Un ejemplo de aplicación en agricultura es el control y exterminio de plagas agrícolas. Presentes naturalmente en las plantas, las lectinas funcionan como agentes de inmunidad y como barrera bioquímica contra los depredadores, un éxito de investigación fue el descubrimiento de la capacidad de la lectina extraída de *Moringa oleifera* para ser utilizada contra el picudo del maíz, WSMoL demostró competencia en causar trastornos en el insecto. sistema digestivo que lleva a la muerte. En ganadería se han encontrado ejemplos de aplicaciones a partir de la eficacia de las lectinas frente a microorganismos, dando lugar a su uso en la lucha contra enfermedades como la mastitis y las infecciones provocadas por *E. coli*. Sus atributos también han llevado a que las lectinas se utilicen como biomarcadores del espermatozoide bovino, que se convierte en pieza triunfal en la inseminación artificial. Sin embargo, es innegable que las particularidades de las lectinas las convierten en proteínas de oro de amplia aplicación, pudiendo ser utilizadas como plaguicidas, antibióticos y en el mejoramiento genético de las generaciones actuales/futuras, demostrando así ser sumamente poderosas en la agroindustria.

**Palabras Clave:** Glicoproteínas, biotecnología, agroindustria.

## ABSTRACT

Proteins capable of binding carbohydrates are called "lectins". These are glycoproteins that interact with different types of carbohydrates, a process characterized by two particularities: the lectin does not change the structure of the sugar and this bond can be reversed. The broad group has classifications that vary according to its source of extraction, which carbohydrate it is specific for, and by its structure. The discovery of lectins occurred due to the observation of the ability of certain proteins to agglutinate erythrocytes, the first lectin was named as "ricin" and since then many others have been discovered and studied, presenting to this day a great biotechnological potential. Therefore, the purpose of this work is to review the main characteristics of lectins and their possible applications, especially in agribusiness, as evidence shows great benefits of their use in the area. This bibliographic review was developed from searches on scientific websites that led to the selection of articles that were most consistent with the theme. It was soon observed that lectins can be found and extracted from animals, microorganisms and plants and that one of their first applications, thanks to their ability to agglutinate erythrocytes, was in

the organization of information about the ABO System. Its application was not limited to this axis alone, for all its characteristics already mentioned, its ease of obtaining and for not having a single defined function, lectins soon had their use applied in other sectors, such as in agriculture and livestock activities. An example of application in agriculture is the control and extermination of agricultural pests. Naturally present in plants, lectins function as immunity agents and as a biochemical barrier against predators, a research success was the discovery of the ability of lectin extracted from *Moringa oleifera* to be used against the corn weevil, WSMoL demonstrated competence in cause disorders in the insect's digestive system leading to death. In livestock, examples of applications were found from the effectiveness of lectins against microorganisms, leading to their use in the fight against diseases such as mastitis and infections caused by *E. coli*. Its attributes have also led lectins to be used as biomarkers of bovine sperm, which becomes a triumphant piece in artificial insemination. However, it is undeniable that the particularities of lectins make them gold proteins of wide application, being able to be used as a pesticide, antibiotics and in the genetic improvement of current/future generations, thus proving to be extremely powerful in agribusiness.

**Keywords:** Glycoproteins, biotechnology, agribusiness.

## INTRODUÇÃO

As técnicas de agricultura e agropecuária são utilizadas pela humanidade a séculos para o sustento familiar, geração de empregos e renda e o mais importante a viabilização direta e indireta de alimentos. No Brasil, país de imensa biodiversidade de animais e plantas, os setores agrícolas e a criação de animais são os de maiores peso na economia. Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (2022) o produto interno bruto do agronegócio do Brasil cresceu cerca de 8% em 2021, entre os anos de 2020-2021 o lucro da agricultura cresceu em 15%, já a agropecuária teve uma queda 8% principalmente devido à alta dos insumos que são utilizados na prática. Agricultores e criadores de animais sempre estão em busca de soluções para possíveis problemas que podem acometer as plantações ou os animais como doenças e as infestações por pragas, assim como também buscam o melhoramento dos indivíduos através de processos genéticos que conseqüentemente levam a indivíduos melhores, mais saudáveis e que proporcionem os melhores produtos. A biotecnologia é o campo da ciência que mais pode proporcionar as soluções desejadas, o avanço no estudo de biomoléculas por exemplo é algo que vem acrescentando muitas vantagens no setor da agroindústria (ZIMDAHL, 2022).

Lectinas é um grupo de proteínas que são capazes de se ligarem a carboidratos de maneira seletiva e reversível a vários tipos de carboidratos. Essas glicoproteínas podem ser classificadas de acordo com sua estrutura, origem, carboidrato específico e pelo local onde são localizadas dentro de uma célula. Quanto as fontes, plantas, animais e microrganismos são dotados de lectinas, porém a fonte vegetal é a mais abundante quanto se trata de quantidade de

produção e quanto ao número de pesquisas científicas envolvendo lectinas vegetais. Não existe uma única função até hoje atribuída as lectinas, a sua especificidade pelos carboidratos faz com que ela atue nos diversos sistemas presentes em um organismo. Nas plantas podem agir como repelente de possíveis predadores, nos animais e nos humanos podem contribuir no sistema complemento (defesa contra patógenos) e quanto aos microrganismos as lectinas podem ser a principal chave para uma adesão celular. Por ser uma biomolécula de múltiplas funções, as lectinas começaram a ser amplamente utilizadas na biotecnologia voltada para a saúde, alimentação e sustentabilidade. Lectinas já foram relatadas como adjuvantes de vacinas, princípio ativo de medicamentos, defensivo agrícola, ferramenta de melhoramento genético e no tratamento de águas e efluentes (KOIKE *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2020; DA SILVA *et al.*, 2021; DE CONINCK & VAN DAMME, 2021; KONOZY *et al.*, 2022).

Na agroindústria, as lectinas são estudadas quanto ao seu potencial na melhoria de raças animais e de seus produtos, no tratamento e prevenção de doenças entre animais e zoonoses, no controle de insetos e microrganismos e também a favor da saúde pública. Por isso, o objetivo desta revisão é destacar as principais características das lectinas e algumas das suas aplicações na agricultura e na pecuária, afim de destacar o potencial biotecnológico e inovador desta biomolécula.

## METODOLOGIA

Para construção desta revisão de literatura foram realizadas buscas nos bancos de dados científicos *Scielo*, *Scienc Direct* e *Google Acadêmico* utilizando palavras-chave de acordo com a temática abordada, como *lectin*, *agroindustry*, *biotechnology* e *agricultural*, utilizando o conectivo booleano *and*. Foram selecionados os trabalhos que mais demonstraram similaridades com o tema e excluídos aqueles que mesmo fora do contexto apareceram nas buscas.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

*Histórico e aspectos gerais das lectinas*

A primeira evidência da capacidade de extratos de plantas aglutinarem eritrócitos foi a partir de estudos sobre a toxicidade da dicotiledónea *Ricinus communis*, popularmente conhecida como “manona ou ricino”, por Stillmark em 1888. O autor percebeu que a molécula se tratava de uma proteína e a denominou como “ricina”. Um pouco mais tarde, mais uma lectina de fonte vegetal foi descoberta essa por sua vez denominada “abrina”. A proteína foi extraída da leguminosa *Abrus precatorius* (ervilha-do-rosário) e foi definida como uma lectina tóxica, considerada um veneno muito ativo (SOL *et al.*, 2006; DECS 2007). Após alguns anos, ao observar algumas similaridades entre as duas lectinas, Elfstand as reuniu e as definiu como “hemaglutinas”, sendo o termo utilizado para proteínas consideradas tóxicas e capazes de aglutinar eritrócitos (SOUSA, 2010; OLIVEIRA, 2018).

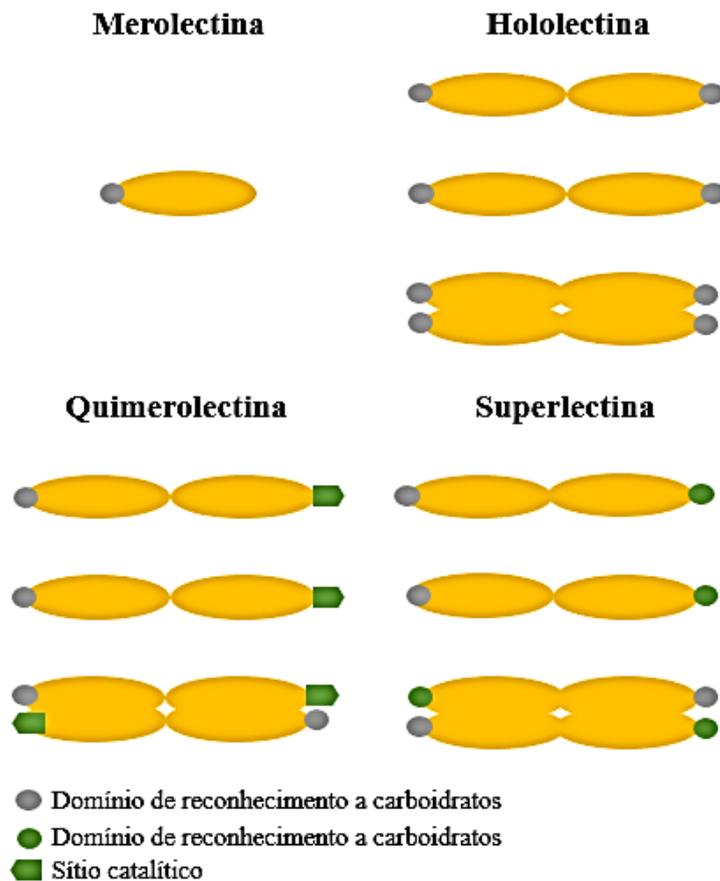
Com o avanço nos estudos das características físico-químicas das lectinas, foi visto que a atividade hemaglutinante de cada extrato era diferente, tendo a glicoproteína especificidades similares e singulares para cada tipo sanguíneo. Já a especificidade por determinados carboidratos foi descoberta a partir dos estudos de Sumner e Howell (1936) que, ao purificar a lectina da *C. ensiformis*, denominada como concavalina A, pode observar sua atividade hemaglutinante inibida na presença do açúcar da cana (*Saccharum sp.*), pressupondo então que a hemaglutinação dos eritrócitos era por consequência da interação da lectina com carboidratos presentes na superfície dos eritrócitos. Com o aparecimento de novos estudos sobre as especificidades e particularidades dessas proteínas, seu nome foi atualizado de “aglutina” para “lectinas”, sendo esse um termo mais amplo designado para todas as proteínas de origem não imunológica que possuem a capacidade de se ligar de modo específico e reversível a carboidratos, sem que as estruturas dos mesmos fossem alteradas.

### *A classificação das lectinas*

As diferentes especificidades das ligações entre lectinas e carboidratos permitiu que essas proteínas fossem distribuídas em diversos grupos de acordo com suas características variáveis. De acordo com a quantidade de sítios de ligação, as lectinas foram classificadas em: merolectinas, hololectinas, quimerolectina e superlectina (Figura 01). As merolectinas apresentam apenas um domínio de reconhecimento a carboidratos (CRB), tem cadeia única e incapaz de realizar aglutinação de células e de precipitar glicoconjugados. Hololectinas

possuem dois ou mais domínios de ligação a carboidratos, neste grupo estão a maioria das lectinas já estudadas. Além de apresentar um CRB, as quimerolectinas possuem um outro sítio de ligação com atividade catalítica ou biológica que reage independente do CRB. Superlectinas são aquelas que possuem dois ou mais domínios diferentes de ligação a carboidratos multivalentes (OLIVEIRA, 2017; FAVERO, 2019).

**Figura 01** – Classificação das lectinas de acordo com sua estrutura.



**Fonte:** Adaptado de Oliveira, 2017.

Lectinas também podem ser classificadas de acordo com o carboidrato a qual tem maior afinidade, sendo divididas como lectinas específicas por: fucose, glicose/manose (Man), ácido N-acetilneuramínico, galactose/N-acetilgalactosamina (Gal/GalNAc), Nacetilglicosamina (GlcNAc) e outros. Podem ser determinadas de acordo com sua família/fonte, como por exemplo os grupos: lectinas relacionadas a jacalina, lectinas tipo C, lectinas de leguminosas, lectinas ligantes à ramnose e lectinas ligantes a quitina. Além das suas possíveis classificações citadas, há a classificação de lectinas envolvendo a sua localização dentro da célula, como

lectinas ligadas às membranas, lectinas do aparelho de Golgi, lectinas extra/intracelulares ou lectinas do retículo endoplasmático (OLIVEIRA, 2017; GAUTAM *et al.*, 2019; CHETTRI *et al.*, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2021; ZISCHLER *et al.*, 2022).

### *Fontes de Lectinas*

As plantas são capazes de produzirem e acumularem uma grande quantidade de lectinas, e por isso são consideradas a maior fonte de lectinas. A proteína pode ser encontrada em toda a extensão da planta, sendo documentadas nas sementes, frutos, raízes, folhas e flores (DA SILVA *et al.*, 2019a; RAMOS *et al.*, 2020; NAITHANI *et al.*, 2021; PATRIOTA *et al.*, 2022). Estudos também demonstraram que a maioria das lectinas já conhecidas pertencem ao grupo das Fabaceae principalmente em suas sementes onde chegam atingir 10% do total de proteínas, e regulamente são encontradas lectinas nas famílias Cactaceae, Labiateae, Moraceae, etc. Até hoje as lectinas vegetais seguem sendo líderes em estudos publicados quanto a extração, purificação e aplicação de lectinas (WINK, 2013; VALENTIN, 2017; GAUTAM *et al.*, 2019).

Apesar das lectinas vegetais terem sido as primeiras a serem estudadas devido a sua capacidade de aglutinar células, a primeira fonte de lectinas descoberta foram os animais. Lectinas animais são conhecidas por possuírem uma alta diversificação de aminoácidos em sua cadeia, apresentam inúmeras funções e possuem sua própria classificação que inclui as lectinas: tipo C, tipo P e tipo I. (LOH *et al.*, 2017). Já foram identificadas lectinas em artrópodes, insetos, peixes, répteis e outros (JAYANTHI *et al.*, 2017; LU *et al.*, 2020; QIAO *et al.*, 2022).

Algumas proteínas de algas foram reconhecidas como lectinas, essas se caracterizaram por sua particularidade de reconhecimento, sendo apenas específicas para glicoproteínas. Essas foram classificadas em lectinas específicas para os três tipos de N-glicano (complexo, rico em manose e híbrido). São ricas em aminoácidos e muito utilizadas em pesquisas de promoção a saúde (MISHRA *et al.*, 2019).

Lectinas foram evidenciadas não só em animais ou plantas, mas também em microrganismos. Geralmente a fonte microbiana é a mais cobiçada em termos de produção de bioativos por apresentar grandes quantidades em pouco tempo e por ter um baixo custo, porém quando se trata de lectinas, as de origem microbiana não lideram os trabalhos já publicados. Muitas investigações científicas já proporcionaram a descoberta de várias lectinas bacterianas,

fúngicas, viral e produzidas por protozoários com grandes potenciais biotecnológicos a serem aplicados em vários setores industriais (GALLEGOS *et al.*, 2014; KOTTECHA & PODUVAL, 2019; EL-MARADNY *et al.*, 2021). Lectinas de algas, plantas, microrganismos e animais podem ser observadas na Tabela 01.

**Tabela 01:** Fontes variadas de lectinas.

Lectina	Especificidade	Fonte	Espécie	Referência
FRIL	Glicose/manose	Planta (sementes)	<i>Lablab purpureus</i>	LIU, Y <i>et al.</i> , 2020
NTL-125	Manose	Planta (bulbo)	<i>Narcissus tazetta</i>	SAKAR <i>et al.</i> , 2022
MAL	Manose	Planta (pseudocaule)	<i>Musa acuminata</i>	SRINIVAS, SHIVAMADHU, e JAYARAMA, 2021
MvRL	Glicose	Planta (rizoma)	<i>Microgranna vacciniifolia</i>	SILVA <i>et al.</i> , 2021
GCL	Manose	Alga (inteira)	<i>Grateloupia chiangii</i>	HWANG <i>et al.</i> , 2020
Lectina Siglec-7, -8 e -9	Ácido siálico	Bactéria	<i>Escherichia coli</i>	PRÖPSTER <i>et al.</i> , 2015
SHA	l - ramnose– e d - galactose	Bactéria	<i>Streptomyces sp.</i>	FUJITA-YAMAGUCHI <i>et al.</i> , 2018
HBPLc	Fucose-manose	Protozoário	<i>Leishmania chagasi</i>	MARTINS <i>et al.</i> , 2015
Gal/galnac	Galactose	Protozoário	<i>Entamoeba histolytica</i>	SÁNCHEZ <i>et al.</i> , 2016
AofleA	Fucose	Fungo	<i>Arthrotrypis oligospora</i>	LIU, M <i>et al.</i> , 2020
PSL	Neu5Ac $\alpha$ 2-6Gal $\beta$	Fungo	<i>Polyporus squamosus</i>	KADIRVELRAJ <i>et al.</i> , 2011
RBL	Ramnose e galactose	Inseto	<i>Rhodnius prolixus</i>	ARAÚJO <i>et al.</i> , 2021
BJcuL	Galactose	Serpente	<i>Bothrops jararacussu</i>	ZISCHLER <i>et al.</i> , 2022
zFEL	-	Peixe	<i>Danio rerio</i>	QIAO <i>et al.</i> , 2022
Aalb_CTL1	Manose	Mosquito	<i>Aedes albopictus</i>	CHENG <i>et al.</i> , 2014

Fonte: Própria (2022).

### Funções das Lectinas

Para as lectinas nunca foi empregada uma única definição da sua função. As particularidades de cada tipo de lectinas fizeram com que inúmeras funções fossem descobertas em cada organismo ou interação a determinado carboidrato. Assim enfatizando a amplitude da finalidade desse grande grupo de proteínas (MISHRA *et al.*, 2019).

No Reino Plantae as lectinas estão envolvidas na maioria dos eventos biológicos e fisiológicos, estando presentes desde a germinação até a defesa contra potenciais predadores, e em respostas a estímulos simbióticos, bióticos ou abióticos. Nas plantas as lectinas: participam da mitose para a formação de células e dos protoplastos, assim como também estão envolvidas na morfogênese; reconhecem receptores de membranas; auxiliam nos processos de crescimento e de espessamento da parede celular; são uma das moléculas encarregadas de transportar, armazenar e fixar carboidratos; desempenham algumas atividades enzimáticas e como proteínas de reserva; agem na proteção celular e na fagocitose contra predadores e patógenos; e medeiam a relação de simbiose entre as raízes e bactérias (POVINELI & FINARDI, 2002; MISHRA *et al.*, 2019).

Lectinas presentes em animais têm suas funções intimamente ligadas às suas estruturas primárias. Apesar de não serem de origem imunológica, uma das principais funções nos animais é o reconhecimento de agentes patogênicos. Alguns receptores de manose presentes na superfície da membrana de macrófagos são capazes de interagir com a manose de glicanos expressos por algum patógeno, isso facilita a detecção desses agentes pelos macrófagos que por sua vez irão agir na destruição desse inimigo. Além de agir no reconhecimento, adesão e na sinalização de células, lectinas já foram observadas capazes de agir na morfogênese de células animais e na migração celular (LOH *et al.*, 2017; MARTÍNEZ-ALARCÓN *et al.*, 2018; XIA *et al.*, 2018).

Como citado anteriormente, as lectinas possuem um papel importante na adesão celular, e isso se estende aos microrganismos. Bactérias e vírus, por exemplo, podem expressar em sua superfície de membrana lectinas como proteínas estruturais que irão agir na adesão a células do hospedeiro, facilitando a sua invasão. As lectinas de fungos possuem uma grande afinidade por resíduos de N-acetil galactosamina e mucinas, e além de interagirem com os glicoconjugados do hospedeiro, estão envolvidas no desenvolvimento do próprio fungo (MISHRA *et al.*, 2019; JÉGOUZO *et al.*, 2020).

As diversas atividades biológicas que as lectinas são capazes de realizar, fizeram com que o campo da imunologia não fosse o único de aplicação dessas glicoproteínas. Sendo elas extensamente utilizadas em vários outros ramos da medicina, incluindo a medicina veterinária, e também em muitos setores industriais como a agroindústria (CHETTRI *et al.*, 2021).

### *Lectinas como estratégia defensiva de plantas*

Diversas espécies de invertebrados possuem a herbivoria como principal ou único hábito alimentar, o que os levam a consumirem os mais diversos tipos de plantas existentes. Alguns desses indivíduos se reproduzem em grande quantidade e podem se tornar um perigo as plantações, já que o descontrole da população levará a um maior consumo dos vegetais. Esse é um dos maiores problemas enfrentados na agricultura, as pragas agrícolas (como são conhecidos esses animais) causam prejuízos a plantação como a redução da produção e a má qualidade dos produtos, fazendo com que ocorra uma queda no lucro das vendas desses produtos. Para se proteger das pragas as plantas desenvolveram diversos atributos físicos e/ou bioquímicos que lhe permitem responder ao ataque ou até mesmo a capacidade de evitá-lo por afastar o inseto de suas estruturas (MIRANDA, 2018; BARROS *et al.*, 2019).

As lectinas são uma das proteínas produzidas por plantas que agem como barreira bioquímica contra patógenos, fazendo com que insetos os microrganismo parem de danificar seu organismo. A extração de lectinas para uso como inseticidas vem crescendo cada vez mais, já que a tendência é abandonar o uso de compostos tóxicos ao ambiente e a saúde humana e consolidar o uso de defensivos agrícolas de composição mais natural possível. Os efeitos das lectinas como inseticidas já estudados se concentram na ação da proteína no sistema digestório dos indivíduos, revelando que a interação da lectina com carboidratos presentes nesse sistema pode causar danos como a desregulação na ação de enzimas digestiva e o processo de intoxicação (SANTOS, 2018). O extrato da semente de *Moringa oleifera* é rico em lectinas, denominadas WSMoL, essas foram exploradas quanto a seu potencial inseticida contra o *Sitophilus zeamais* popularmente conhecido como “gorgulho-do-milho”, inseto que traz prejuízos ao ramo da alimentação e agricultura por se alimentar de alimentos industrializados e cereais. A WSMoL foi capaz de afetar o funcionamento intestinal desse inseto por estimular atividade tipo tripsina, levando o morte indivíduo a morte (OLIVEIRA *et al.*, 2020). A ação de

lectinas no intestino de insetos também foi detectada por LAGARDA-DIAZ *et al.* (2016), os autores evidenciaram que a lectina PF2 extraída da Fabaceae *Olneya tesota* possui atividades larvicidas sobre a espécie *Zabrotes subfasciatus* (caruncho-do-feijoeiro), que levou consideravelmente a morte desse besouro predador de leguminosas de grande consideração econômica negativa.

### *Lectinas nas atividades pecuárias e no bem estar animal*

A inseminação artificial é um processo que permite o melhoramento genético de linhagens futuras antes da concepção ou até mesmo permite que ocorra a gravidez de fêmeas que possuem dificuldade para concretizar a gestação. O desejo por raças puras e animais que proporcionem o melhor produto faz com que a técnica cresça entre o setor pecuário, levando os criadores de bovinos, suínos e ovinos, por exemplo, a adquirirem cada vez mais a inseminação artificial. Entretanto, a técnica enfrenta alguns problemas como os fatores anatômicos e fisiológicos dos animais e a viabilidade do espermatozoide, fazendo aumentar o número de buscas por soluções para esses e outros limites da inseminação artificial (SILVA, 2016). Como visto, as lectinas não possuem apenas uma função e sua capacidade de se associar a vários tipos de carboidratos permitem seu uso para diversos fins, entre eles o uso de lectinas na inseminação artificial. Essas glicoproteínas são vistas como ótimos biomarcadores molecular de espermatozoides de humanos e animais, as lectinas galectina-1, 7, 8, GalNAc-T6 e ERGIC-53 são uns dos tipos de um *microarray* lectinas humanas que foram capazes a se ligar a membrana de espermatozoides humanos trazendo benefícios como o aumento da reação acrossômica, processo onde são liberadas enzimas que permitem a entrada dos espermatozoides no oócito (SUN *et al.*, 2016). Lectinas específicas de GalNAc foram observadas por Dutta *et al.* (2019) e demonstraram ser capazes a se ligarem a triglicerídeos presentes na membrana de espermatozoides de bovinos e suínos, a interação permitiu que a vida útil do esperma fosse prolongada e que sua viabilidade fosse aumentada em até 60%. O processo de congelamento do sêmen pode causar danos ao esperma como a redução na motilidade, viabilidade, DNA e acrossomo dos espermatozoides principalmente no uso após o descongelamento. O revestimento de espermatozoides de burro com nanopartículas magnéticas compostas por lectina PNA (lectina do amendoim) levou a um decréscimo de danos causados pelo crio congelamento,

dando ao espermatozoide mais motilidade, maior integridade da membrana e menos prejuízos ao acrosomo (YOUSEF *et al.*, 2020).

A mastite bovina é uma inflamação causada que levam a alterações patológicas do tecido mamário. A doença não tem uma única causa, podendo ocorrer a partir de um trauma na região, por disfunções fisiológicas ou metabólicas ou por uma infecção causada por microrganismos. Quando de origem infecciosa, geralmente, a mastite é causada por bactérias dos gêneros *Staphylococcus sp.* e *Streptococcus sp.* e são contagiosas, aumentando assim o risco de ter um grande número de indivíduos contaminados. Um rebanho com mastite trás diversos problemas na produção e comercialização do leite e seus derivados, o leite de um animal com mastite está sujeito a alterações químicas e físicas, podendo ser alterados sabor, textura e cor do produto. Conseqüentemente isso leva a uma queda na produção de leite e derivados e no lucro obtidos por sua comercialização. Tirando uma das maiores vantagens da bovinocultura (BHATTARAI *et al.*, 2018; MASSOTE *et al.*, 2019). O interesse na saúde do rebanho e também na economia, levam inúmeros pesquisadores a estudarem intervenções de prevenção e novos medicamentos para serem utilizados no tratamento da mastite. Novas buscas levaram ao uso de lectinas contra a infecção bacteriana causadora da doença. Lectinas foram estudadas em ensaios de combinação gênica contra o desenvolvimento de mastite. Uma dessas pesquisas envolve a interação da lectina ligadora de manose (*mannose-binding lectin* – MBL) com uma serina protease I (MASP-1), objetivando tornar bovinos naturalmente mais resistentes a infecções que levam à mastite (DOBÓ *et al.*, 2014; ZHANG *et al.*, 2019). Um dos processos fisiológicos de respostas a infecções é o sistema complemento, que está incluso nas imunidades inata e adaptativa e proporciona uma série de respostas inflamatórias para o combate a infecção. A MBL é um dos principais componentes desse sistema, na via das lectinas (imunidade adaptativa) essa lectina age reconhecendo a manose presente na superfície de bactérias (SEKINE *et al.*, 2013; SAHU *et al.*, 2021). No processo ocorre a ligação da MBL a serina proteases associadas à MBL (MASP), formando o complexo MBL-MASP que levará a última fase do sistema complemento onde o complexo C5bC6C7 será formado e por sua vez junto a proteína C8 causará danos à membrana da bactéria, levando a lise celular (DEGASPERI *et al.*, 2019; FERREIRA & CORTES, 2022). Isso torna o papel das lectinas na imunidade ainda mais importante, tornando como opção de combate a mastite recombinações gênicas que aumentem a produção de lectina ligadora de manose e conseqüentemente a atuação do sistema

complemento contra patógenos, levando a um rebanho mais resistente ao desenvolvimento da mastite ou outras infecções bacterianas (ZHANG *et al.*, 2019).

*Escherichia coli* é uma bactéria Gram-negativa comum a microbiota intestinal de humanos e alguns animais. Algumas cepas da *E. coli* são capazes de causar infecções por todo o organismo, principalmente no trato digestório, causando doenças como gastroenterite que trazem sintomas leves, moderados ou graves (DENAMUR *et al.*, 2021). Os animais bovinos são considerados grandes reservatórios da *E. Coli*, a contaminação da carne dos bovinos ocorre principalmente quando são submetidas a processos industriais, como por exemplo a técnica de moagem, a embalagem, transporte e armazenamento, onde o produto será inúmeras vezes manipulados e expostos a equipamentos que podem estar contaminados (DA SILVA *et al.*, 2014). Inúmeras linhagens patogênicas já foram relatadas em boi e vacas, como a *E. coli* do sorotipo O157:H7, causando surtos gastrointestinais nesses animais e a contaminação de seus produtos, principalmente a carne bovina, gerando prejuízos na saúde do rebanho e população que consome a carne, e perdas econômicas nas atividades pecuárias. Lectinas já foram observadas no organismo de animais bovinos demonstrando potencial combate a *Escherichia coli* O157:H7, as interlectinas bovinas são capazes de reconhecer resíduos de galactofuranose em bactérias e funcionam como receptores da glicoproteína antimicrobiana lactoferrina que interagem com o patógeno e aciona os processos da imunidade inata para cessar a ação da bactéria (BLEASE *et al.*, 2009). Porém essas propriedades não tornam o rebanho resistente a contaminação por *E. coli*, sendo necessária o desenvolvimento de técnicas ou produtos biotecnológicos que ajam contra essa ou outras bactérias que possam contaminar o rebanho e seus produtos, como as práticas gênicas que levam ao aumento na produção de lectinas pelo próprio organismo ou o uso de substâncias antibacterianas de origem biológica como já foi relatado o sucesso no uso de uma lectina vegetal isolada da romã (*Punica granatum*), a PgTe, contra isolados de *Escherichia coli* (DA SILVA *et al.*, 2019b).

Outra enfermidade que acomete os bovinos e outros mamíferos como búfalos e os humanos é a tuberculose. A tuberculose bovina é uma infecção bacteriana causada por *Mycobacterium bovis*, bacilos da família Mycobacteriaceae muito conhecida por englobar outras bactérias atenuantes na saúde pública. Por ser uma doença infectocontagiosa possuem uma transmissão rápida e fácil entre os indivíduos, sendo as vias aéreas as principais porta de entradas da *M. bovis*. Ao se instalarem nos pulmões (principal local de infestação) a *M. bovis*

causa a morte de células e tecidos do local caracterizando-os como nódulos da tuberculose causando sintomas respiratórios, neurológicos, fraqueza, perda de peso e outros. A transmissão da doença pode ocorrer antes mesmo do aparecimento dos sintomas, ou seja, antes que ocorra as lesões teciduais. A tuberculose bovina é uma zoonose, doença que pode ser transmitida de animais para os humanos, neste caso dos bovinos para o homem. A transmissão pode ocorrer de modo direto, por aerossóis, ou de modo indireto, através do consumo de leite contaminados. Colectinas são lectinas capazes de reconhecer padrões moleculares associados aos patógenos, as colectinas CL-43 e CL-46 foram capazes de interagir com *Mycobacterium bovis* através da manose presente em sua membrana externa, que junto com a ligação ao dimicolato de trealose serve não só para sinalizar a presença da bactéria no organismo, mas também permite a sua imobilização e sinalização para as células de defesa. Uma lectina ligadora de manose (MBL) e ficolinas também são lectinas que foram estudadas acerca da interação com cepas de *Mycobacterium sp.* e incentivam a via lectina do sistema complemento fazendo com que o sistema adaptativo imunológico seja enriquecido contra a ação de *M. bovis* ou outra linhagem da mesma família (BARTLOMIEJCZYK *et al.*, 2013; JÉGOUZO *et al.*, 2020).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Contudo, é significativo que as propriedades das lectinas as fazem ser proteínas de ampla aplicação em diversos eixos e setores industriais. Seu emprego na agricultura e na pecuária é notório e muito benéfico já que consegue solucionar alguns dos principais problemas que atingem a criação de vegetais e animais com fins lucrativos ou não. Também é evidente o *upgrade* que lectinas podem proporcionar no agronegócio a partir do melhoramento genético e dos produtos gerados. Sendo assim, é indispensável o desenvolvimento de novas pesquisas quanto o potencial das lectinas já que demonstram tamanho benefícios a agroindústria.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, C. A. C. *et al.* A rhamnose-binding lectin from *Rhodnius prolixus* and the impact of its silencing on gut bacterial microbiota and *Trypanosoma cruzi*. **Developmental & Comparative Immunology**, v. 114, p. 103823, 2021.

BHATTARAI, D. *et al.* Mechanism of pattern recognition receptors (PRRs) and host pathogen interplay in bovine mastitis. **Microbial pathogenesis**, v. 120, p. 64-70, 2018.

BARTLOMIEJCZYK, M. A. *et al.* The interaction of complement-activating lectins with *Mycobacterium tuberculosis*. **Molecular Immunology**, v. 3, n. 56, p. 303, 2013.

BARROS, G. S. C. *et al.* A questão econômica da incidência de pragas e doenças e da escolha dos métodos de controle. In: BARROS *et al.* **Mensuração econômica da incidência de pragas e doenças no Brasil: uma aplicação para as culturas de soja, milho e algodão**. 1. ed. São Paulo: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2019. cap. 1, p. 4-5.

BLEASE, S. C. *et al.* Bovine intelectins: cDNA sequencing and expression in the bovine intestine. **Research in veterinary science**, v. 86, n. 2, p. 254-256, 2009.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **PIB do agronegócio brasileiro**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em 15 mai. 2022.

CHENG, J. *et al.* Cloning and characterization of a mannose binding C-type lectin gene from salivary gland of *Aedes albopictus*. **Parasites & vectors**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2014.

CHEETRI, D. *et al.* Lectins: Biological significance to biotechnological application. **Carbohydrate Research**, v. 506, p. 108367, 2021.

DA SILVA, J. D. F. *et al.* *Portulaca elatior* root contains a trehalose-binding lectin with antibacterial and antifungal activities. **International journal of biological macromolecules**, v. 126, p. 291-297, 2019a.

DA SILVA, D. J. R. *et al.* Contaminação de carne bovina moída por *Escherichia coli* e *Salmonella sp.* **Revista contexto & saúde**, v. 14, n. 26, p. 20-27, 2014.

DA SILVA, N. L. C. *et al.* Exploring lectin–glycan interactions to combat COVID-19: Lessons acquired from other enveloped viruses. **Glycobiology**, v. 31, n. 4, p. 358-371, 2021.

DA SILVA, P. M. *et al.* *Punica granatum* sarcotesta lectin (PgTeL) has antibacterial activity and synergistic effects with antibiotics against  $\beta$ -lactamase-producing *Escherichia coli*. **International journal of biological macromolecules**, v. 135, p. 931-939, 2019b.

DE CONINCK, T.; VAN DAMME, E. J. M. The multiple roles of plant lectins. **Plant Science**, v. 313, p. 111096, 2021.

DEGASPERI, G. R. *et al.* Revisitando o Sistema Complemento—Revisão de Literatura. **Jornal Interdisciplinar de Biociências**, v. 4, n. 1, p. 30-34, 2019.

DENAMUR, E. *et al.* The population genetics of pathogenic *Escherichia coli*. **Nature Reviews Microbiology**, v. 19, n. 1, p. 37-54, 2021.

Descritores em Ciências da Saúde. **Abrina**. 2007. Disponível em:  
[https://decs.bvsalud.org/ths/resource/?id=39&filter=ths\\_exact\\_term&q=abrina#Details](https://decs.bvsalud.org/ths/resource/?id=39&filter=ths_exact_term&q=abrina#Details).  
Acesso em 21 abr. 2022.

DOBÓ, J. *et al.* Multiple roles of complement MASP-1 at the interface of innate immune response and coagulation. **Molecular immunology**, v. 61, n. 2, p. 69-78, 2014.

DUTTA, S. *et al.* Sulfated Lewis A trisaccharide on oviduct membrane glycoproteins binds bovine sperm and lengthens sperm lifespan. **Journal of Biological Chemistry**, v. 294, n. 36, p. 13445-13463, 2019.

EL-MARADNY, Y. A. *et al.* Lectins purified from medicinal and edible mushrooms: Insights into their antiviral activity against pathogenic viruses. **International journal of biological macromolecules**, v. 179, p. 239-258, 2021.

FILHO, P. E. C. **Investigação de antígenos eritrocitários do sistema ABO utilizando quantum dots conjugados a anticorpos monoclonais e à lectina *Ulex europaeus***. 2013. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

FAVERO, A. **Isolamento, caracterização da lectina d as sementes de *Eugenia pyriformis* e potencial antimicrobiano**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas à Saúde). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão.

FERREIRA, V.; CORTES C. The Complement System. **Encyclopedia of Infection and Immunity**, v. 1, p.144-169, 2022.

FUJITA-YAMAGUCHI, Y. *et al.* Mass spectrometric revival of an l-rhamnose–and d-galactose–specific lectin from a lost strain of *Streptomyces*. **Journal of Biological Chemistry**, v. 293, n. 1, p. 368-378, 2018.

GALLEGOS, B. *et al.* Lectins in human pathogenic fungi. **Revista iberoamericana de micología**, v. 31, n. 1, p. 72-75, 2014.

GAUTAM, A. K. *et al.* Legume lectins: Potential use as a diagnostics and therapeutics against the cancer. **International journal of biological macromolecules**, v. 142, p. 474-483, 2020.

HWANG, H. J. *et al.* Characterization of a novel mannose-binding lectin with antiviral activities from red alga, *Grateloupia chiangii*. **Biomolecules**, v. 10, n. 2, p. 333, 2020.

GOMES, N. M. *et al.* Ação bactericida de isoaglutininas ABO em diferentes diluições de anticorpos anti-ABO. **Revista de Biotecnologia & Ciência**, v. 10, n. 2, 2021.

JAYANTHI, S. *et al.* Growth inhibition and antibiofilm potential of Ag nanoparticles coated with lectin, an arthropod immune molecule. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 170, p. 208-216, 2017.

JÉGOUZO, S. AF *et al.* Mammalian lectin arrays for screening host–microbe interactions. **Journal of Biological Chemistry**, v. 295, n. 14, p. 4541-4555, 2020.

KADIRVELRAJ, R. *et al.* Structure and binding analysis of *Polyporus squamosus* lectin in complex with the Neu5Aca2-6Galβ1-4GlcNAc human-type influenza receptor. **Glycobiology**, v. 21, n. 7, p. 973-984, 2011.

KOIKE, M. K.; KOCHI, A. K.; PINTO, D. Y. G. Uso das Sementes de *Moringa Oleifera* no Tratamento da Água. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 114, p. 1038-1039, 2020.

KOTECHA, H.; PODUVAL, P. B. Microbial lectins: roles and applications. *In: Advances in Biological Science Research*. Academic Press, 2019. p. 135-147.

KONOZY, E. H. E.; OSMAN, M. E. M.; DIRAR, A. I. Plant Lectins as Potent Anti-coronaviruses, Anti-inflammatory, Antinociceptive and Antiulcer Agents. **Saudi Journal of Biological Sciences**, p. 103301, 2022.

LAGARDA-DIAZ, I. *et al.* Identification of membrane proteins of the midgut of *Zabrotes subfasciatus* larvae associated with the insecticidal mechanism of PF2 lectin. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 19, n. 3, p. 677-682, 2016.

LIU, M. *et al.* Structural insights into the fungi-nematodes interaction mediated by fucose-specific lectin AofleA from *Arthrobotrys oligospora*. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 164, p. 783-793, 2020.

LOH, S. H. *et al.* Animal lectins: potential receptors for ginseng polysaccharides. **Journal of ginseng research**, v. 41, n. 1, p. 1-9, 2017.

LIU, Y. *et al.* A carbohydrate-binding protein from the edible Lablab beans effectively blocks the infections of influenza viruses and SARS-CoV-2. **Cell reports**, v. 32, n. 6, p. 108016, 2020.

LU, Y. *et al.* Comparative genomic analysis of C-type lectin-domain genes in seven holometabolous insect species. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 126, p. 103451, 2020.

MARTÍNEZ-ALARCÓN, D.; BLANCO-LABRA, A.; GARCÍA-GASCA, T. Expression of lectins in heterologous systems. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 2, p. 616, 2018.

MARTINS, T. V. F. *et al.* *Leishmania chagasi* heparin-binding protein: Cell localization and participation in *L. chagasi* infection. **Molecular and biochemical parasitology**, v. 204, n. 1, p. 34-43, 2015.

MASSOTE, V. P. *et al.* Diagnóstico e controle de mastite bovina: uma revisão de literatura. **Revista Agroveterinária do Sul de Minas**, v. 1, n. 1, p. 41-54, 2019.

MIRANDA, S. H. G. **A economia da proteção fitossanitária e seus desafios**. 2018. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniao-cepea/a-economia-da-protecao-fitossanitaria-e-seus-desafios.aspx>. Acesso em 19 mai. 2022.

MISHRA, A. *et al.* Structure-function and application of plant lectins in disease biology and immunity. **Food and Chemical Toxicology**, v. 134, p. 110827, 2019.

NAITHANI, S. *et al.* Plant lectins and their many roles: Carbohydrate-binding and beyond. **Journal of Plant Physiology**, v. 266, p. 153531, 2021.

NUNES, T. Sistema ABO. **Ponto Biologia**, 2017. Disponível em: [https://pontobiologia.com.br/sistema-abo-de-grupos-sanguineos/796px-abo\\_sangre\\_tipo-svg/?doing\\_wp\\_cron=1651713056.9151210784912109375000](https://pontobiologia.com.br/sistema-abo-de-grupos-sanguineos/796px-abo_sangre_tipo-svg/?doing_wp_cron=1651713056.9151210784912109375000). Acesso em: 04 mai. 2022.

OLIVEIRA, A. P. S. *et al.* Evaluation of the insecticidal activity of *Moringa oleifera* seed extract and lectin (WSMoL) against *Sitophilus zeamais*. **Journal of stored products research**, v. 87, p. 101615, 2020.

OLIVEIRA, J. F. C. **Lectinas vegetais: de moléculas de defesa de plantas às suas diversas aplicações biotecnológicas**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

OLIVERIA, M. V. **Determinação estrutural de uma lectina pró-inflamatória de sementes de *Vatairea guianensis* (Aublet)**. 2017. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia de Recursos Naturais). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

OLIVEIRA, M. V. *et al.* Purification and characterization of a highly thermostable GlcNAc-binding lectin from *Collaea speciosa* seeds. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 193, p. 1562-1571, 2021.

PATRIOTA, L. L. S. *et al.* Purification, characterization, and immunomodulatory activity of a lectin from the seeds of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.). **Current Research in Biotechnology**, v. 4, p. 203-210, 2022.

POVINELI, K. L.; FINARDI FILHO, F. The multiple functions of plant lectins. **Revista da Sociedade brasileira de Alimentação e Nutrição**, v. 24, p. 135-156, 2002.

PRÖPSTER, J. M. *et al.* Functional Siglec lectin domains from soluble expression in the cytoplasm of *Escherichia coli*. **Protein Expression and Purification**, v. 109, p. 14-22, 2015.

QIAO, H. *et al.* Cross-species opsonic activity of zebrafish fish-egg lectin on mouse macrophages. **Developmental & Comparative Immunology**, v. 129, p. 104332, 2022.

RAMOS, D. B. M. *et al.* Antinociceptive activity of *Schinus terebinthifolia* leaf lectin (SteLL) in sarcoma 180-bearing mice. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 259, p. 112952, 2020.

SAHU, S. K. *et al.* Emerging roles of the complement system in host–pathogen interactions. **Trends in microbiology**, 2021.

SILVA, A. C. **Uso da lectina do Quiabo (*Abelmoschus esculentus*) como marcador da célula espermática ovina.** Dissertação (Mestrado em Ciências). 2016. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SÁNCHEZ, V. *et al.* *Entamoeba histolytica*: Overexpression of the gal/galnac lectin, ehcp2 and ehcp5 genes in an in vivo model of amebiasis. **Parasitology international**, v. 65, n. 6, p. 665-667, 2016.

SANTOS, J. A. S. **Revisão bibliográfica da ação inseticida de lectinas. Monografia** (Licenciatura em Química). 2018. Universidade Federal de Alagoas, Macéio.

SARKAR, A. *et al.* A Novel Plant Lectin, NTL-125, Interferes with SARS-CoV-2 Interaction with hACE2. **Virus research**, p. 198768, 2022.

SILVA, G. C. *et al.* Antinociceptive and Anti-Inflammatory Effects of Saline Extract and Lectin-Rich Fraction from *Microgramma vacciniifolia* Rhizome in Mice. **Chemistry & Biodiversity**, v. 18, n. 6, p. e2100125, 2021.

SEKINE, H. *et al.* The role of MASP-1/3 in complement activation. **Complement Therapeutics**, p. 41-53, 2013.

SOL, F. G. *et al.* Lectinas Encargadas de descifrar los códigos relativos a los glúcidos, estas proteínas se caracterizan por su exquisita selectividad, lo que las convierte en valiosas herramientas bioquímicas. **Investigación y Ciencia, Espanha**, v. 1, n. 361, p.58-67, out. 2006.

SOUSA, B. L. **Caracterização parcial de uma Pro-Lectina funcional de sementes de *Dioclea grandiflora* Benth expressa em *Escherichia coli*.** 2010. 93f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SRINIVAS, B. K.; SHIVAMADHU, M. C.; JAYARAMA, S. *Musa acuminata* lectin exerts anti-cancer effects on HeLa and EAC cells via activation of caspase and inhibitions of Akt, Erk, and Jnk pathway expression and suppresses the neoangiogenesis in in-vivo models. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 166, p. 1173-1187, 2021.

SUN, Y. *et al.* A human lectin microarray for sperm surface glycosylation analysis. **Molecular & Cellular Proteomics**, v. 15, n. 9, p. 2839-2851, 2016.

VALENTIM, R. S. **Plantas da caatinga como fontes de atividades antioxidante, antibacteriana, inibidora de tripsina e lectínica. Isolamento de lectina de sementes de *Apuleia leiocarpa* (vogel) J.F. Macbride.** 2017. Tese (Doutorado em Bioquímica e Fisiologia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

XIA, X. *et al.* Insect C-type lectins in innate immunity. **Developmental & Comparative Immunology**, v. 83, p. 70-79, 2018.

WINK, M. Evolution of secondary metabolites in legumes (Fabaceae). **South African Journal of Botany**, v. 89, p. 164-175, 2013.

YOUSEF, M. S. *et al.* Nano-depletion of acrosome-damaged donkey sperm by using lectin peanut agglutinin (PNA)-magnetic nanoparticles. **Theriogenology**, v. 151, p. 103-111, 2020.

ZHANG, H. *et al.* Polymorphisms of mannose-binding lectin-associated serine protease 1 (MASP1) and its relationship with milk performance traits and complement activity in Chinese Holstein cattle. **Research in veterinary science**, v. 124, p. 346-351, 2019.

ZIMDAHL, R. L. Agricultural biotechnology - opportunities and strengths. *In*: ZIMDAHL. **Agriculture's ethical horizon**. 3. ed. Amsterdã: Elsevier, 2022a. cap. 8, p. 165-190.

ZISCHLER, L. *et al.* Evidence that BJcuL, a C-type lectin from *Bothrops jararacussu* venom, influences deubiquitinase activity, resulting in the accumulation of anti-apoptotic proteins in two colorectal cancer cell lines. **International Journal of Biological Macromolecules**, 2022.