

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA
LICENCIATURA EM QUÍMICA

JOÃO ARTHUR DA SILVA SANTOS

REVISÃO BIBLIOGRAFICA DA AÇÃO INSETICIDA DE LECTINAS

Maceió - AL
2018

JOÃO ARTHUR DA SILVA SANTOS

REVISÃO BIBLIOGRAFICA DA AÇÃO INSETICIDA DE LECTINAS

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Química e biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciatura em química.

Orientador: Prof. Dr. Francis Soares Gomes

Maceió – AL

2018

REVISÃO BIBLIOGRAFICA DA AÇÃO INSETICIDA DE LECTINAS

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Aprovado em: _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francis Soares Gomes (orientador)

Prof. Dr. Ruth Rufino do Nascimento

Prof. Mestr. Ricardo Costa

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo amadurecimento e aprendizado. E por ter me mantido firme para vencer todas as adversidades. Aos meus pais Edson e Ana Lúcia e a minha irmã Mariana por todo amor, educação, incentivo e apoio constante. A toda a minha família pela torcida e carinho, principalmente agradeço a minha querida avó Maria Luiza, uma mulher guerreira que me ensinou a nunca perder a fé. A minha namorada Larissa pela compreensão, dedicação, paciência, companheirismo e amor em todos os momentos de estresse para elaborar este trabalho. Aos professores e amigos de laboratório que me passaram seus conhecimentos e lições de vida, sempre me estimulando para seguir em frente, mostrando que tudo é possível, basta se dedicar.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal falar sobre a ação inseticida de algumas lectinas. Lectinas são proteínas ou glicoproteínas, proveniente de diversos organismos, que têm como sua característica principal o reconhecimento de carboidratos de forma específica e reversível. A grande diversidade das lectinas está associada com a sua presença na maioria dos organismos, apresentando funções primordiais. Podendo apresentar diversas atividades biológicas. Lectinas de plantas mostraram a capacidade de prejudicar o desenvolvimento de insetos de diferentes ordens, mas o modo de ação dessas proteínas ainda não foi completamente elucidado. Alguns desses mecanismos são: ação bacteriostática e bactericida sobre a microbiota intestinal dos insetos e alteração na atividade de enzimas relacionadas ao processo de digestão de nutrientes; inibição de enzimas que controlam espécies reativas de oxigênio; atraso no desenvolvimento larval; modificação na atividade reprodutiva, com atividade ovicida; e danificação da matriz peritrófica, importante membrana intestinal relacionada à proteção do inseto contra agentes externos e absorção de nutrientes. Futuramente, lectinas poderão ser empregadas como ferramentas biotecnológicas no controle de pragas que atacam plantações de importância econômica.

Palavras chaves: Lectinas, Insetos, Purificação e Mecanismo

ABSTRACT

The present work has as main objective to talk about the insecticidal action of some lectins. Lectins are proteins or glycoproteins, coming from several organisms, whose main characteristic is the recognition of carbohydrates in a specific and reversible way. The great diversity of lectins is associated with their presence in most organisms, with primordial functions. It can present several biological activities. Plant lectins have shown the ability to impair the development of insects of different orders, but the mode of action of these proteins has not yet been fully elucidated. Some of these mechanisms are: bacteriostatic and bactericidal action on the intestinal mycobiota of insects and alteration in the activity of enzymes related to the process of nutrient digestion; inhibition of enzymes that control reactive oxygen species; delay in larval development; modification in reproductive activity, with ovicidal activity; and peritrophic matrix damage, an important intestinal membrane related to insect protection against external agents and nutrient absorption. In the future, lectins could be used as biotechnological tools to control pests that attack plantations of economic importance.

Keywords: Lectins, Insects, Purification and Mechanism

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estrutura e características das lectinas.

Figura 2 Esquema mostrando o algumas das atividades das lectinas.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Nome da espécie de inseto, nome e sigla da lectina que são utilizadas no combate a determinados insetos e mecanismo de ação da lectina no inseto.

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

AH	Atividade Hemaglutinante;
AHE	Atividade Hemaglutinante Específica;
Ca	Cálcio;
CM	Matriz aniônica carboximetilica;
cMoL	Lectina coagulante de <i>Moringa oleifera</i> ;
Con A	Lectina de sementes de <i>Canavalia ensiformis</i> ;
DEAE	Matriz contendo grupos dietilaminoetila;
DVL	<i>Dioclea violacea</i> ;
DRC	Domínio reconhecedor de carboidratos;
GalNAc	N- acetilgalactosamina;
GNA	Aglutinina de <i>Galantus nivalis</i> ;
IFL	Lectina <i>Fenneropenaeus indicus</i> ;
Mg	Magnésio;
Mn	Manganês;
MuBL	Lectinade entrecasca de <i>Myracrodruon urundeuva</i> ;

MuHL	Lectina de semente de <i>Myracrodruon urundeuva</i> ;
MuLL	Lectina de folha de <i>Myracrodruon urundeuva</i> ;
pH	Potencial hidrogeniônico;
Lys	Lisina;
PAGE	Eletroforese em gel de poliacrilamida;
Q	Amônio quaternário;
RSA	<i>Rhizoctonia solani agglutinina</i> ;
SNA-I	<i>Sambucus nigra agglutinina</i> I;
SNA-II	<i>Sambucus nigra agglutinina</i> II;
SOD	Superóxido dismutase;
WGA	Lectina de quitina de <i>Triticum vulgaris</i> ;
WSMoL	Lectina de sementes de <i>Moringa oleifera</i> ;

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	DEFINIÇÃO A CONCEITO DAS LECTINAS	11
3.	CLASSIFICAÇÃO DAS LECTINAS	12
	3.1 Merolectinas	12
	3.2 Hololectinas	13
	3.3 Quimerolectinas	13
	3.4 Superlectinas	13
4.	PURIFICAÇÃO DE LECTINAS	14
	4.1 Extração	14
	4.2 Fracionamento	14
	4.3 Cromatografia	15
	I. Afinidade	16
	II. Gel filtração	16
	III. Troca Iônica	17
5.	CARACTERIZAÇÃO DAS LECTINAS	18
	5.1 pH	18
	5.2 Temperatura	19
	5.3 Íons	20
	5.4 Inibições por carboidratos / glicoproteínas e Hemaglutinação	20

6.	ATIVIDADES BIOLÓGICAS E BIOTECNOLÓGICAS	
	DAS LECTINAS	20
6.1	Atividades antivirais	23
6.2	Atividades antibacterianas	23
7.	ATIVIDADE INSETICIDA DAS LECTINAS	24
8.	MECANISMO DE AÇÃO INSETICIDA	27
8.1	Atuações das lectinas na microbiota intestinal	28
8.2	Efeitos das lectinas em enzimas que controlam ROS	29
8.3	Inibições do desenvolvimento larval	29
8.4	Atividades ovicida	30
8.5	Efeitos das lectinas sob a matriz peritrófica	31
9.	CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS	34
10.	REFERÊNCIAS	35

1. Introdução

Ao longo da evolução dos seres vivos muitos animais desenvolveram diversos hábitos alimentares, podendo ser herbívoros, carnívoros e onívoros, contudo é notório que dentre estes destacam-se os invertebrados, que nos faz entender que há muito a se estudar sobre os hábitos alimentares e de sobrevivência destes seres vivos. Vale ressaltar que dentro os diversos invertebrados a classe insecta é a mais populosa quando comparamos com outras pré-existentes, pois estes animais tem se adaptado a herbivoria e ao ataque de muitas espécies de plantas, o que lhes confere ser tratados como pragas agrícolas. Para ter uma maior chance de sobrevivência, as plantas desenvolveram uma grande gama de estratégias de defesa em resposta aos herbívoros e patógenos (EDWARDS & WRATTEN, 1981; AGRIOS, 1997; DEL-CLARO & SILINGARDI, 2001).

Alguns mecanismos de defesa das plantas são o desenvolvimento de fatores físicos, tais como tricomas e espinhos, que dificultam o acesso de herbívoros e patógenos aos tecidos vegetais. O outro tipo de interação que tem ocorrido é ao nível químico, principalmente entre insetos e plantas, devido às substâncias tóxicas e repelentes produzidas pelas plantas. Essas substâncias podem ser produzidas através do metabolismo primário, tais como proteínas de defesa, ou do metabolismo secundário, como alcalóides, taninos, flavonóides e aminoácidos não-protéicos (HARBORNE, 1993).

Dentre os metabólitos primários, as lectinas fazem parte de uma classe de proteínas que se ligam reversivelmente a carboidratos e glicoproteínas, possuindo um papel crucial em diversas áreas e processos biotecnológicos e de interesses médicos, bem como na defesa contra microrganismos e insetos pragas (PEUMANS & VAN DAMME, 1995; PAIVA et al., 2010, 2011a).

As lectinas têm sido encontradas nos mais diversos organismos, desde microrganismos até animais, sendo em plantas a sua maior incidência, majoritariamente as lectinas de origem vegetais podem ser consideradas agentes inseticidas eficazes, tais como as lectinas das sementes, casca e folha de *Myracrodruon urundeuva* (SÁ et al., 2008; SÁ et al., 2009).

Diferentes mecanismos de ação têm sido propostos para as lectinas inseticidas. O efeito deletério atualmente é investigado através da inserção de lectinas na dieta do inseto (MACEDO et al., 2007). No trato digestivo do inseto, as lectinas podem interagir com glicoconjugados presentes na superfície da membrana de células epiteliais levando à perturbação da organização da membrana peritrófica e da borda escovada, podendo interferir na atividade e nos mecanismos regulatórios de algumas enzimas digestivas (FITCHES & GATEHOUSE, 1998; FITCHES et al., 2008; PAIVA et al., 2012). Além disso, podem atuar sobre a alimentação dos insetos, envolvendo sensores gustatórios, ou promovendo intoxicação (SAUVION et al., 2004; MICHIELS et al., 2010; SPRAWKA & GOŁAWSKA, 2010). Contudo vale ressaltar que nem todos os mecanismos de ações de atividade inseticida foram elucidados.

Nesse trabalho será desenvolvido um estudo sobre algumas das características das lectinas. Onde a principal idéia, é de demonstra ações de lectinas com atividade inseticida e em qual mecanismo atuam.

2. Definição a conceito das lectinas

O ponto de partida dos estudos sobre lectinas foi descoberto, no século XIX, a partir de extratos de algumas espécies de plantas que tinham como característica a aglutinação de eritrócitos (BRUYLANTS E VENNERMAN 1884). A partir da constatação de aglutinação de eritrócitos por extratos de mamona (*Ricinus communis*), feita por HERMANN STILLMARK em 1888, houve um aumento na relevância das possíveis aplicações destas proteínas, as quais foram, inicialmente, denominadas de fitohemaglutininas (GABOR et al., 2001). Posteriormente, sendo descobertas nos mais diversos grupos de organismos vegetais e animais, essas biomoléculas passaram a serem denominadas de lectinas (OLIVEIRA, 2005).

Lectina é uma palavra derivada do latim *legere* cujo significado é “para escolher” ou “selecionar”, e foi utilizada inicialmente em 1954 pelos cientistas Boyd e Shapleigh. (GHAZARIAN; IDONI; OPPENHEIMER, 2011). As lectinas também são conhecidas por apresentar características de proteínas ou glicoproteínas que não possuem papel enzimático. A única exceção é representada pelas quimero lectinas, pois esse tipo de lectina apresenta no

mínimo um domínio não relacionado com a ligação aos carboidratos. Essas proteínas têm capacidade de se associarem de forma reversível, com grande afinidade, a carboidratos, monossacarídeos ou oligossacarídeos (GABIUS et al., 2002; LORIS, 2002; PEUMANS; VAN DAMME, 1995). Nesse grupo de proteínas, é encontrado um domínio reconhecedor de carboidratos (DRC), permitindo assim que as lectinas possam interagir com os segmentos glicídicos específicos (NI; TIZARD, 1996). Esse tipo de interação ocorre por conta das ligações de hidrogênio e força de Van der Waals entre os carboidratos e uma parte dos resíduos de aminoácidos presentes no DRC da lectina (LIS; SHARON, 1998).

Com isso as lectinas divergem de todos os outros tipos de proteínas e essa característica única de ligar-se a carboidratos proporciona uma habilidade de aglutinar células (DE MEJÍA; PRISECARU, 2005; GOLDSTEIN et al., 1980).

Uns dos papéis fundamentais da interação entre carboidratos e lectinas, está relacionada ao controle de processos normais e patológicos em inúmeros organismos, atuando em eventos celulares como o crescimento celular, adesão celular e divisão celular (FRANCISCO, 1991; ODINTSOVA et al., 2001; TANIDA et al., 2013). Esse tipo de ligação pode resultar em diversas ações biológicas tais como: caracterização de grupamentos sanguíneos (MATSUI et al., 2001); aglutinação de bactérias (KHIN et al., 2000); transformação de linfócitos (KILPATRICK; GRAHAM; URBANIAK, 1986); inflamação (WALSH et al., 2005); apoptose e regulação proteica (PONRAJ et al., 2016); citotoxicidade (CHATTERJEE et al., 2017) inibição tumoral (GORELIK; GALILI; RAZ, 2001); interação entre patógeno e hospedeiro (MEERT et al., 2014; SINGH; WALIA; KANWAR, 2016).

3. Classificação de lectinas

Lectinas vegetais apresentam estrutura molecular, propriedades bioquímicas e especificidade de ligação a carboidratos diversos, sendo um grupo complexo e heterogêneo de proteínas. Peumans e Van Damme (1995).

3.1 Merolectinas

Merolectinas apresentam um único sítio de reconhecimento a carboidrato, sendo chamadas de monovalentes. Elas jamais podem aglutinar glicoconjugados e células, pois, seria necessário haver pelo menos dois domínios de ligação à carboidratos (VAN PARIJS et al., 1991).

3.2 Hololectinas

Hololectinas apresentam pelo menos dois sítios idênticos de ligação a carboidratos. A maioria das proteínas vegetais pertence a esta divisão de lectinas (PEUMANS; VAN DAMME, 1995).

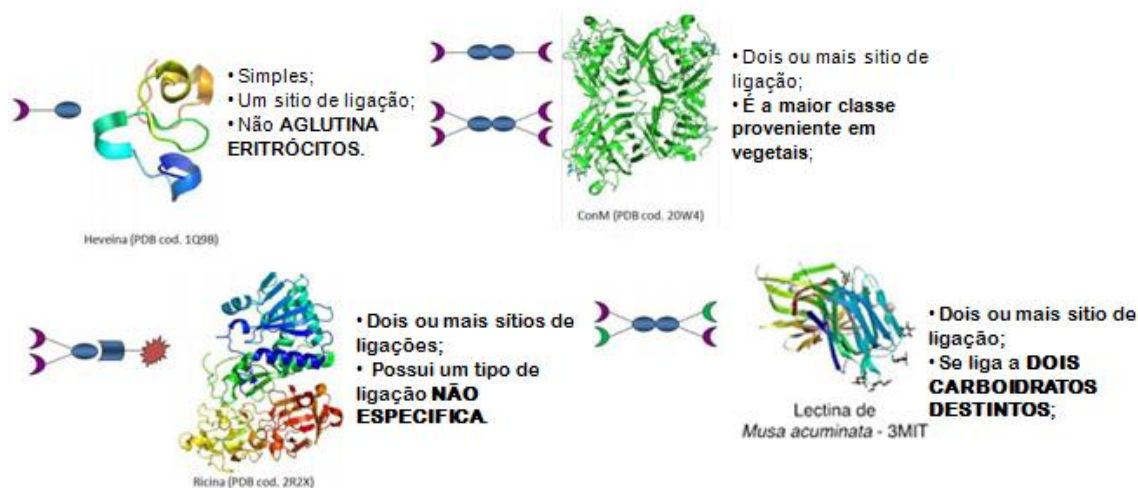
3.3 Quimerolectinas

Quimerolectinas possuem um ou mais sítios de ligação a carboidratos, e outro sítio independente da ligação a carboidrato, podendo ter atividade enzimática, por exemplo. Dependendo do número de sítios de ligações a carboidrato, as quimerolectinas podem apresentar um comportamento similar à de uma merolectina ou hololectina (PEUMANS; VAN DAMME, 1995).

3.4 Superlectinas

Superlectinas dispõem pelo menos dois sítios de ligações a carboidratos. Entretanto, diferentemente das hololectinas, as regiões de ligação a carboidratos diferenciam açúcares estruturalmente não associados (VAN DAMME et al., 1996).

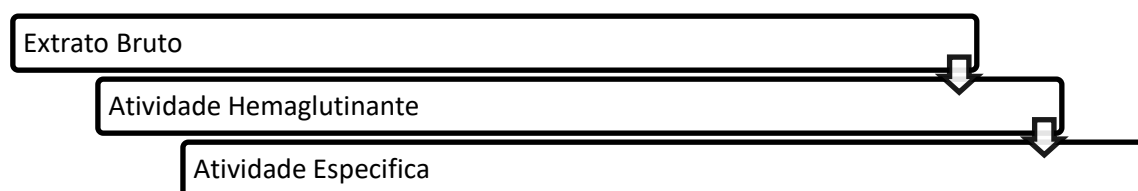
Figura 1 - Classificação estrutural de lectinas de plantas em Merolectinas, Hololectinas, Quimerolectinas e Superlectinas.



4. Purificação de Lectinas

4.1 Extração

O início de uma purificação de lectinas é a extração de proteínas em água, solução salina ou tampão. Após essa extração é feito um teste, onde é avaliada a atividade hemaglutinante (AH). Nesta atividade, as lectinas formam uma rede de hemaglutinação através das interações não-covalentes entre o sítio de reconhecimento à carboidrato da lectina e os glicoconjugados dos eritrócitos, impedindo que os eritrócitos precipitem. No ensaio, é feita uma diluição seriada da amostra e a AH é dada como o inverso da maior diluição da amostra que promoveu hemaglutinação. A atividade hemaglutinante específica (AHE) é então definida por uma razão entre a AH e a concentração protéica (mg/mL) (SANTANA et al., 2012).



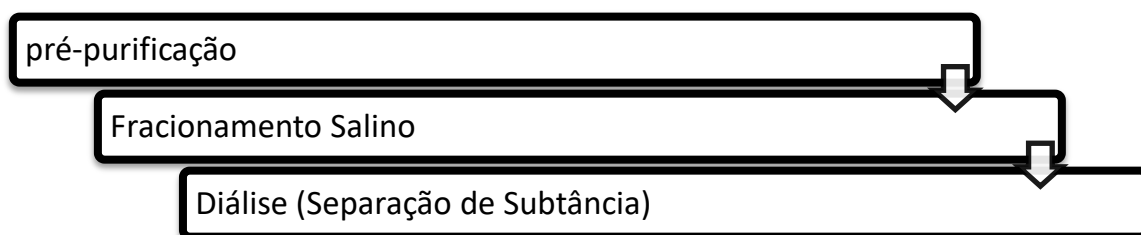
4.2 Fracionamento

Após o preparo dos extratos, os mesmos são sujeitos ao fracionamento de proteínas utilizando sulfato de amônio ou solventes orgânicos. Outros métodos de fracionamento proteico também podem ser usados, tais como precipitação isoelétrica, etanólica ou por desnaturação pelo calor, quando se sabe que a proteína de interesse é resistente ao aquecimento (SANTANA et al., 2008; DOS SANTOS, C. W. V. et al. 2016; COSTA et al., 2018).

O fracionamento salino, no entanto, é a técnica mais comumente empregada para pre-purificação de lectinas e está baseada na adição de sais em solução, com a finalidade de remover a camada de solvatação das proteínas que as mantêm em solução, fazendo com que elas precipitem em função do seu alto peso molecular. As proteínas têm baixas solubilidades em concentrações elevadas de sais, de maneira que as mesmas não ficam dispersas em solução (STRYER et al, 2008). As frações obtidas são

submetidas à diálise exaustiva, para eliminar pequenas moléculas, como diversos compostos secundários de baixo peso molecular, além de carboidratos e sal (COSTA et al., 2018).

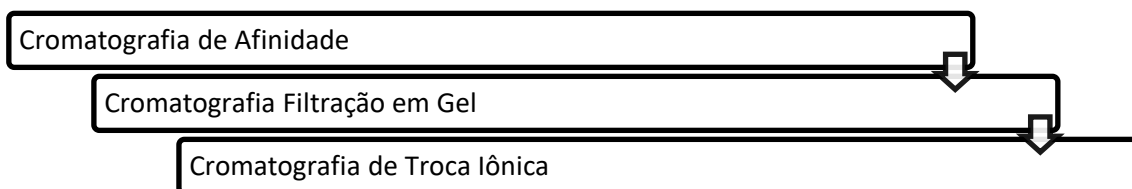
Sabe-se que compostos como taninos e lipídeos podem interagir de forma não-específica com eritrócitos resultando em uma falsa atividade hemaglutinante, faz-se necessário confirmar a AH através do ensaio de inibição por carboidratos (monossacarídeos, dissacarídeos, oligossacarídeos ou glicoproteínas). Nesse ensaio é feita uma pré-incubação de lectinas com carboidratos e glicoproteínas livres em solução antes de se adicionar os eritrócitos. Como o DRC estará ocupado, não haverá a formação da rede de hemaglutinação (COSTA et al., 2018).



4.3 Cromatografia

Diferentes procedimentos cromatográficos têm sido utilizados para a purificação de lectinas. Para que um processo de purificação alcance resultados satisfatórios, quatro variáveis devem ser levadas em conta. A primeira é a capacidade do sistema cromatográfico, isto é, a quantidade de amostra que a fase estacionária pode conter. Se esse valor exceder a capacidade da coluna, a resolução será prejudicada. A resolução corresponde ao grau de separação obtido por cromatografia: a lectina de interesse deve ser concentrada em menor quantidade de frações e separada de outras proteínas. A terceira variável é a velocidade, porque os métodos que exigem muito tempo ou muitas etapas cromatográficas podem não ter boa relação custo-benefício. Finalmente, o quarto critério é a recuperação e rendimento em termos de quantidade ou atividade biológica; assim, as técnicas usadas durante a purificação devem manter a lectina em seu estado nativo, caso o objetivo seja avaliar a atividade da lectina após a purificação (DOS SANTOS, C. W. V. et al. 2016; COSTA et al., 2018).

O isolamento dessa proteína é estimulado pela sua potencial utilização em diversas áreas da medicina clínica, bem como para o estudo estrutural e funcional dessa classe de proteínas (BIES et al., 2004). Para isso, algumas técnicas cromatográficas são utilizadas para a purificação de lectinas, separando-as de outros compostos de acordo com tamanho da molécula (cromatografia de exclusão molecular), carga (cromatografia de troca iônica) ou afinidade específica de ligação a carboidratos (cromatografia de afinidade).



- I. Uma das técnicas mais utilizadas na purificação de lectinas é a cromatografia por afinidade, devido à especificidade destas proteínas para os carboidratos. Há uma grande variedade de matrizes de afinidade compostas por polissacarídeos que são utilizadas para purificação de lectina. Essas proteínas adsorvem a essas matrizes através de ligações não covalentes e são usualmente eluídas com alta pureza, alterando o valor do pH, força iônica ou usando um outro ligante específico (carboidratos livres que competem com a matriz pelo DRC da lectina) (POHLEVEN et al., 2012). Lectinas que se ligam de N-acetilglucosamina podem ser isoladas por coluna de quitina (COELHO et al., 2009; NAPOLEÃO et al., 2011). Matrizes que contenham monossacarídeos imobilizados, dissacarídeos ou glicoconjugados (como a manose-Sepharose 4B, Lactose-Sepharose, Mucin-Sepharose) também podem ser usadas para purificar lectinas (SINGH et al., 2014; ZHOU et al., 2014).
- II. A matriz tradicional de filtração em gel Sephadex também pode ser usada como um suporte de afinidade para a purificação de lectinas de ligação à glicose (CORREIA e COELHO, 1995). A técnica da cromatografia de filtração em gel (exclusão de tamanho) baseia-se na separação das proteínas de acordo com a sua massa molecular. Este método consiste em uma fase estacionária composta por uma

matriz porosa reticulada. As proteínas de alta massa molecular são coletadas mais rapidamente que aquelas de tamanho reduzido, pois as moléculas menores entram nos poros e passam por um maior número de canais. Alguns exemplos de matrizes de filtração em gel são Sephadex, Superdex, Sepharose (polímeros de glicose), Sephacryl (um polímero de dextranopoliacrilamida) e Bio-Gel (poliacrilamida). No gel filtração, fatores como volume da amostra aplicada, tamanho do Bids (esfera), altura da coluna e fluxo da cromatografia, afetam drasticamente na resolução do experimento. Quanto maior a altura, menor o fluxo e maior a concentração da amostra aplicada na coluna, mais efetiva será a cromatografia (separação da amostra).

- III. Já na cromatografia de troca iônica, ela é baseada na carga líquida de proteína em um valor de pH específico. Proteína de carga negativamente (aniônica) podem ser isoladas por uma matriz carga positivamente (catiônica) ou vice-versa. Assim, se a lectina possuir uma carga líquida oposta à da matriz, ela se ligará, enquanto as outras moléculas serão eliminadas na etapa de lavagem. A eluição da proteína adsorvida é feita por meio de um gradiente salino e/ou de mudança de pH. Exemplos de matrizes catiônicas (permutadores aniônicos) são os que contêm os grupos dietilaminoetil (DEAE) ou amônio quaternário (Q). Entre as matrizes aniônicas (trocadores de cátions), o carboximetil (CM) é um dos grupos mais presentes (MACALDOWIE et al., 1998; BKHAIRIA et al., 2016; KHANGEMBAM E CHAKRABATI, 2015). É importante mencionar que antes da aplicação, é de fundamental importância que a coluna seja previamente equilibrada. Assim, há uma adequação do ambiente químico no interior da coluna para adsorver proteínas com cargas opostas a matriz. Quanto as vantagens da técnica, tem-se que é um método bastante simplificado, com alto controle do processo, elevada capacidade, e alto poder de resolução (DOS SANTOS, C. W. V. et al. 2016).

Métodos eletroforéticos são utilizados para a caracterização estrutural das lectinas, assim como para estabelecer o grau de pureza das mesmas. Eletroforese em gel de poliacrilamida (PAGE) para proteínas nativas revela a natureza de carga líquida da proteína purificada e PAGE sob condições desnaturantes (na presença de dodecilsulfato de sódio) e redutoras (na presença de β -mercaptoetanol ou ditiotretol, por exemplo) desdobra a proteína em suas subunidades constituintes e revela a massa molecular aparente das mesmas. Além disso, coloração específica com o reativo de Schiff no gel de poliacrilamida pode indicar a natureza glicoprotéica da proteína (PAIVA et al., 2011a).

As massas moleculares acuradas podem ser adquiridas por espectrometria de massas e a estrutura primária (sequência de aminoácidos) definida por espectrometria ou degradação de Edman. Estudos da composição de estruturas secundárias e estrutura de conformação (estruturas terciária e quaternária) podem ser realizados através de técnicas como dicroísmo circular e cristalografia de raios X (SHIRAI et al., 2009; ROCHA et al., 2011).

5. Caracterização das lectinas

5.1 Efeitos de pH em lectinas

Aminoácidos que compõem proteínas possuem diferentes polaridades em função do meio. O potencial hidrogeniônico (pH) do meio reacional determina a carga líquida de aminoácidos presente na sequência primária de peptídeos e proteínas influenciando diretamente na conformação nativa de proteínas. Por exemplo, os ácidos aspartato e glutamato possuem os seus grupamentos R polares (cadeia lateral) carregados negativamente em pH fisiológicos (7,0 - 7,4), pois o grupamento carboxila de suas cadeias laterais sofrem ionização com a desprotonação da hidroxila terminal conferindo uma carga líquida negativa em pH fisiológicos.

Por sua a variação de pH do meio pode induzir a alteração da carga líquida dos aminoácidos de modo a provocar o rompimento de diversas interações que mantêm a estrutura nativa de proteínas, induzindo a desnaturação de proteínas (NELSON E COX, 2014).

Entretanto algumas lectinas possuem a capacidade de resistir a variações de pH consideráveis, a exemplo da lectina extraída do camarão indiano (*Fenneropenaeus indicus*) – IFL que manteve atividade hemaglutinante na faixa de pH 4- 10, sendo que a faixa de pH de máxima atividade foi entre 6 e 8 (CHATTERJEE et al., 2017). Na literatura, há relatos de lectinas de origem vegetal e animal que apresentam resistência a variação de pH, como por exemplo a lectina de *Allium cepa*, extraída de cebola, que manteve sua atividade na faixa de pH entre 2 - 12 e a lectina extraída da pele de *Andrias davidianus* (espécie de salamandra) que se manteve estável na faixa de pH variante de 3 a 9 (PRASANNA et al., 2015. QUE et al., 2015)

5.2 Efeitos da temperatura em lectinas

Temperatura é uma grandeza física que determina o estado físico da matéria e o nível de energia interna em sistemas químicos e biológicos. A quantidade de calor fornecida em um sistema provoca um aumento no grau de agitação das moléculas em função do aumento da energia cinética (ITO, 2004). O aumento de energia cinética favorece as reações químicas, pois a temperatura influencia na constante de velocidade de uma reação química. O aumento da temperatura pode romper as interações fracas que mantêm a estrutura nativa de proteínas, desfazendo assim a estrutura tridimensional de proteínas.

Diversas proteínas isoladas de organismos extremofílicos apresentam termoestabilidade em temperatura acima de 70°C em função da sua rigidez estrutural e algumas modificações estruturais pós-síntese, a exemplo da metilação dos resíduos de lisina (Lys) na sequência primária dessas proteínas e de mutagênese em regiões específicas, porém não são os fatores determinantes de termo estabilidade das proteínas expressas pela maioria dos hipertermofílicos (SCANDURRA et al., 1998).

Pesquisadores de diversas partes do mundo tentam compreender como as proteínas termofílicas são estabilizadas. Estudos indicam que tal estabilização ocorre durante o empacotamento das cadeias hidrofóbicas das extremidades, onde o aumento da estabilidade dessas proteínas é inversamente proporcional a quantidade de centros hidrofóbicos expostos. Também foi observado que o

aumento de forças de Van der Waals na estrutura nativa dessas macromoléculas influencia em sua estabilidade térmica (CHEN et al., 2000).

A resistência a alta temperatura é comum para algumas proteínas, a exemplo das lectinas que possuem estabilidade em temperaturas consideradas altas. Carrillo(2017) observou por meio de técnicas de fluorescência o efeito da temperatura em estrutura de duas lectinas extraídas do fruto do coqueiro anão (*Sambucus ebulus L.*), Ebulin-f e SEL-SEL-fd, e constatou alterações significativas na estrutura nativas dessas proteínas em temperaturas superiores a 90°C, caracterizando assim um estado de desnaturação.

5.3 Íons

A estrutura química desse tipo de proteína tem como característica principal, as pontes dissulfeto (GOMES, 2004), que tem em comum os íons metálicos bivalentes (KAUSHIK; MOHANTY; SUROLIA, 2009), e quando estão associados são fundamentais na ligação da proteína com o carboidrato. Desta forma, cátions bivalentes como cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e o manganês (Mn^{2+}) são responsáveis pela estabilização e função biológica destas proteínas (KAUSHIK; MOHANTY; SUROLIA, 2009). No entanto, existem muitas lectinas que não precisam de cátion bivalente (ZANETTI, 2007), por conta que sua estrutura, detém uma conformação estrutural adequada para o reconhecimento dos glicídios

5.4 Inibições por carboidratos / glicoproteínas e Hemaglutinação

O ensaio de hemaglutinação é um método simples, versátil e de baixo custo que possibilita caracterizar a lectina quanto à especificidade de ligação a carboidratos, estabilidade em diferentes valores de pH e após aquecimento a temperaturas elevadas, bem como na presença de enzimas e outras substâncias que podem alterar a atividade da proteína. Ainda, devido às diferenças nos tipos de carboidratos presentes na superfície do eritrócito, as lectinas podem apresentar uma afinidade maior por células de determinado animal (KENNEDY et al., 1995; PAIVA et al., 2011).

6. ATIVIDADES BIOLÓGICAS E BIOTECNOLÓGICAS DAS LECTINAS

A diversidade desse tipo de proteína está associada com a sua presença na grande maioria dos organismos, apresentando funções primordiais. Vírus, por exemplo, só são capazes de infectar células animais com o auxílio de interações das lectinas virais com glicanos específicos presentes na membrana celular (HU et al., 2012).

Já para bactérias, lectinas participam da fixação de microrganismos nos tecidos de hospedeiros (SULÁK et al., 2011) e dos mecanismos de infecção (INOUE et al., 2003).

No grupo dos protozoários, lectinas têm função no reconhecimento celular, resultando no aumento da adesão às células do hospedeiro durante os estágios iniciais (VIEIRA et al., 2012), ligando os parasitas a outras células, microrganismos (WOOTTON et al., 2007) e tecidos, aumentando assim a virulência (VIEIRA et al., 2012).

Nos fungos, as lectinas estão ligadas aos processos de crescimento, dormência, mudanças morfológicas, infecções parasitárias bem como nas relações simbióticas com outros organismos e no metabolismo e reconhecimento molecular durante os estágios primários da microrização (CUNHA, 2010).

Na classe dos invertebrados, podem ser encontradas na hemolinfa, auxiliando na resistência a infecções, na adesão celular e na opsonização (processo que facilita a ação do sistema imunológico por fixar opsoninas ou fragmentos do complemento na superfície bacteriana, permitindo a fagocitose.) dos microrganismos invasores (LEE; SÖDERHÄLL, 2002), no desenvolvimento de nódulos hemocíticos (ZIMMER, 2012) e no encapsulamento e melanização dos parasitas (LING; YU, 2006).

Na classe dos vertebrados, estão associadas a inúmeras funções biológicas (KILPATRICK, 2002), associadas principalmente ao reconhecimento de moléculas mediadas por suas interações com glicídios (RAMBARUTH; DWEK, 2011), assim como na defesa contra patógenos (RAMBARUTH; DWEK, 2011), atuação no tráfego de células (BOSCHER; DENNIS; NABI, 2011), ciclo celular,

inibição celular por contato, apoptose e desenvolvimento de órgãos (NUNES et al., 2012).



Em vegetais, as lectinas têm uma bioatividade que está relacionada ao reconhecimento celular, como em processos de simbiose entre bactérias do gênero *Rhizobium* e raízes de leguminosas (DE HOFF; BRILL; HIRSCH, 2009). Além disso, elas estão envolvidas nos mecanismos de defesa contra predadores (GAOFU et al., 2008), fungos (RIBEIRO et al., 2007), bactérias (RATANAPO; NGAMJUNYAPORN; CHULAVATNATOL, 2001) e vírus (WANG et al., 2013).

As aplicações biotecnológicas das lectinas estão relacionadas com capacidade específica de reconhecer carboidratos. Lectinas podem ser utilizadas na tecnologia de biorreconhecimento como, por exemplo, em técnicas de microarrays que usam lectinas para decifrar microcódigos que refletem o estado fisiológico da célula (GEMEINER et al., 2009). Lectinas também podem ser utilizadas como meios de isolamento e no mapeamento de glicoconjugados de superfície celular (XIE et al., 2009) em cromatografia de afinidade com lectinas imobilizadas na matriz fixa para separar glicoproteínas do soro humano (QIU; ZHANG; REGNIER, 2007).

As atividades biológicas das lectinas visando as aplicações biomédicas podem envolver o uso delas como marcador histoquímico para a análise de tecidos humanos (CAMPOS et al., 2006). As lectinas estão incluídas na

diferenciação de tumores malignos e benignos uma vez que podem medir o grau de glicosilação associada a metástase (LIU; BIAN; BAO, 2010).

As ações envolvendo atividades de inibição de crescimento promovidas por lectinas são um novo trunfo nas pesquisas com lectinas, como as ações inseticida (SHANMUGAVEL et al., 2016), antiviral (KOHARUDIN; GRONENBORN, 2014), antifúngica (GOMES et al., 2012; SITOHY; DOHEIM; BADR, 2007; WANG et al., 2016; YIN; WONG; NG, 2015) e antibacteriana (GHEQUIRE et al., 2012; NG et al., 2016; SANTI-GADELHA et al., 2006; SINGH; KAUR; SINGH, 2014).

Podemos destacar dentre as principais atividades das lectinas, a sua ação inseticida contra diversos estágios de desenvolvimento e formas maduras de insetos das Ordens Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Homoptera, Hymenoptera, Isoptera, Lepidoptera e Neuroptera (PAIVA et al., 2011).

6.1 Atividades antivirais

As lectinas podem promover a proteção contra alguns tipos de vírus. Estudos podem comprovar que não se tem inibição de infecção, replicação ou propagação em vírus de plantas por lectinas, provavelmente por causa da ausência de glicanos nesses vírus. No entanto, pode-se constatar que em vírus de animais ou de seres humanos diversas lectinas são potentes inibidores de vírus, pois esses possuem glicoproteínas que podem ser reconhecidas por lectinas (BALZARINI et al., 1992).

Algumas lectinas possuem uma atividade antiviral indireta: a presença de lectinas inseticidas pode diminuir o espalhamento de doenças virais transmitidas por insetos. Scitovirina (SVN) é uma lectina isolada a partir de extratos aquosos da cianobactéria *Scytonema varium* de principal atividade a inibição do vírus HIV (Human Immunodeficiency Virus) (BOKESCH et al., 2003).

6.2 Atividades antibacterianas

Na atividade antibacteriana, lectinas interagem inicialmente com carboidratos presentes na parede celular bacteriana. O componente rígido da parede celular bacteriana é um heteropolímero que alterna ligações β 1-4 entre

resíduos de ácido N-acetilglucosamina e ácido N-acetilmurâmico. O polímero linear está presente nos dois lados da parede celular, tanto dentro como fora, apresentando ligações cruzadas com pequenos peptídios, em estruturas de bacterina, prendendo fortemente a cadeia polissacarídica que envolve a celular inteira, prevenindo a turgescência celular ou o rompimento devido a entrada osmótica de água (LEHNINGER, 2015).

A capacidade de lectinas de interagirem com carboidratos presentes na superfície de bactérias pode impedir a mobilidade e o crescimento destas. Essa interação pode alterar a estrutura da bactéria e a permeabilidade de sua membrana (GAIDAMASH; STADEN, 2002). A capacidade de reconhecer especificamente carboidratos permite com que lectinas possam atuar na identificação de espécies de bactérias através da diferença de aglutinação em placas de microtitulação, como no experimento em que foram usados 23 tipos de lectinas e foi demonstrado que a interação lectina-bactéria pode ser usada como uma possível ferramenta para identificar as espécies de *Mycobacterium* (ATHAMNA et al., 2006). As lectinas de batata, considerada como lectinas de parede celular, imobiliza linhagens consideradas avirulentas de *Pseudomonas solanacearum* (SERQUEIRA & GRAHAM, 1977). Para a linhagem virulenta a lectina não mostrou atividade, não apresentando o mesmo tipo de reconhecimento com as lectinas.

Outro mecanismo de defesa é o bloqueio de movimentos de uma bactéria normalmente móvel, por lectinas de sementes de maçã, *Datura Tramonium* (BROEKAERT & PEUMANS, 1986). A confirmação de que a atividade foi promovida pelo reconhecimento de lectinas aos carboidratos ou glicoproteínas da membrana do microrganismo foi observada ao ver que o efeito é totalmente revertido por fetuína, que se liga fortemente à lectinas.

Pesquisas recentes, sobre ligações de lectinas aos peptidioglicanos da parede celular bacteriana indicaram que diversas lectinas de leguminosas interagem fortemente com o ácido murâmico, ácido N-acetil-murâmico e dipeptídio muramil, demonstrando que o envolvimento de lectinas na defesa contra microorganismos estava sendo subestimado (AYOUBA et al., 1994).

7. Atividade inseticida de lectinas

Estudos demonstram que lectinas encontradas em tecidos vegetais naturalmente resistentes ao ataque de insetos constituem potenciais candidatos a agentes inseticidas eficazes e biodegradáveis. “A aroeira do sertão, *Myracrodruon urundeuva*, é uma árvore madeira de lei”, resistente ao ataque dos principais agentes biodeterioradores, tais como os cupins, insetos que degradam a celulose com o auxílio de simbioses (bactérias e protozoários flagelados) presentes no trato digestivo. Como podem ser visto em algumas lectinas que se ligam a quitina, foram isoladas de sementes (MuHL: *M. urundeuva heartwood lectin*) e entrecasca (MuBL: *M. urundeuva bark lectin*) desta planta (SÁ et al., 2008; SÁ et al., 2009b). Notou-se que esse tipo de lectina foi capaz de induzir a mortalidade de operários e soldados de *Nasutitermes corniger* (Cupim), espécie de cupim considerada praga urbana (SÁ et al., 2008). Já as lectinas MuHL e MuBL apresentaram atividade inseticida sobre o quarto estágio larval de *Aedes aegypti*, mosquito vetor da dengue (SÁ et al., 2009b).

Diferentes mecanismos de ação têm sido propostos para as lectinas inseticidas. Geralmente, essas proteínas são resistentes à degradação proteolítica, sendo capazes de exercer seus efeitos deletérios quando ingeridas pelos insetos. Essa resistência pode ser considerada como um fator defensivo conservado por algumas plantas (MACEDO et al., 2007). Já que uma vez presentes no trato digestivo do inseto, as lectinas podem interagir com glicoconjugados presentes na superfície da membrana de células epiteliais.

Quitina e proteínas glicosiladas contendo resíduos de N-acetilglicosamina presentes na matriz peritrófica são alvos para lectinas ligadoras de quitina. Lectinas, podendo interferir na atividade de enzimas e afetar indiretamente os mecanismos regulatórios de algumas enzimas devido à perturbação da organização da membrana peritrófica e da borda escovada (FITCHES & GATEHOUSE, 1998; FITCHES et al., 2008; PAIVA et al., 2012).

Ainda, as lectinas podem exercer uma ação deterrente sobre a alimentação dos insetos por um efeito pré-ingestão, envolvendo sensores digestores, ou por um efeito pós-ingestão, ao promoverem intoxicação (SAUVION et al., 2004; MICHIELS et al., 2010; SPRAWKA & GOŁAWSKA, 2010). Contudo, o

mecanismo de ação de lectinas com atividade termiticida sobre *N. corniger* e larvicida sobre *A. aegypti* ainda precisa ser um pouco mais elucidado. (referencia do Tiago que esta na apresentação).

Ingestão de lectina em dietas artificiais, ou sua expressão em plantas transgênicas são as técnicas mais empregadas para mostrar a redução no desempenho de insetos pertencentes a diferentes ordens, incluindo Lepidoptera, Coleoptera e Hemiptera (VANDENBORRE et al., 2011). Numerosos estudos têm abordado a toxicidade da lectina, mas apenas alguns investigaram o modo de ação pelo qual as lectinas vegetais impõem efeitos prejudiciais em insetos (CACCIA et al., 2012; FITCHES e GATEHOUSE, 1998; LI et al., 2009; MACEDO et al., 2004). Compreender o modo de ação das proteínas entomotóxicas também pode contribuir para a elucidação a evolução de plantas e insetos, bem como contribuir para o desenvolvimento de estratégias menos prejudiciais para o controle de pragas.

Tabela 1: Mostra algumas lectinas e seus mecanismos de ação, em alguns insetos.

Lectinas (Fonte)	Insetos	Mecanismo	Referências
<i>M. urundeuva</i>	<i>Nasutitermes corniger</i>	Inibiu as atividades da tripsina e β -glicosidade do intestino e estimulou as atividades de endoglucanase e fosfatase ácida.	NAPOLÉÃO, T. H. et al. Termiticidal activity of lectins from <i>Myracrodruon urundeuva</i> against <i>Nasutitermes corniger</i> and its mechanisms.
<i>Myracrodruon urundeuva</i> (MuLL)	<i>Sitophilus zeamais</i>	Exerce um efeitos deletérios, sobre <i>S. zeamais</i> , interferindo negativamente no ganho de biomassa crescimento, absorção de nutrientes e na atividade de diferentes enzimas digestivas (tripsina, α -amilase e protease).	DE SANTANA SOUZA, C. et al. Effects of <i>Opuntia ficus-indica</i> lectin on feeding, survival, and gut enzymes of maize weevil, <i>Sitophilus zeamais</i> .
<i>Galanthus nivalis aglutinina</i> (GNA)	<i>Aulacorthum solani</i>	Reduziu a fecundidade de <i>Aulacorthum solani</i> .	DOWN, R. E. et al. Snowdrop lectin inhibits development and decreases fecundity of the glasshouse potato aphid (<i>Aulacorthum</i>

			<i>solani</i>) when administered in vitro and via transgenic plants both in laboratory and glasshouse trials.
<i>Rhizoctonia solani agglutinina</i> (RSA) e <i>Sambucus nigra Agglutinina I e II</i> (SNA-I e SNA-II)	<i>Tribolium castaneum</i>	Capacidade de passar através da matriz peritrófica, reagindo com o epitélio intestinal.	WALSKI, T. et al. Penetration through the peritrophic matrix is a key to lectin toxicity against <i>Tribolium castaneum</i> .
<i>Dioclea violacea</i> (DVL)	<i>Anagasta kuehniella</i>	Inibiu as atividades carboidráticas presentes no intestino médio, como a-amilase e a glucosidase. Aminopeptidase N	COELHO, M. B. et al. Insecticidal action of <i>Annona coriacea</i> lectin against the flour moth <i>Anagasta kuehniella</i> and the rice moth <i>Corcyra cephalonica</i> (Lepidoptera: Pyralidae).
<i>Moringa oleifera</i> (WSMoL)	<i>Aedes aegypti</i>	Apresentou atividade ovicida em ovos que já completou sua embriogênese, A ausência de incubação de ovos. Indica que embriões dentro dos ovos foram mortos.	DE LIMA SANTOS, N. D. et al. Oviposition-stimulant and ovicidal activities of <i>Moringa oleifera</i> lectin on <i>Aedes aegypti</i>

8. Mecanismos de ação de lectinas inseticidas

Durante as últimas duas décadas, as lectinas das plantas foram prejudiciais ao desenvolvimento de insetos de diferentes ordens (MICHIELS et al., 2010; VANDENBORRE et al., 2011), mas o modo de ação dessas proteínas ainda não foi completamente elucidado (OLIVEIRA et al., 2011).

Os mecanismos de ação que estão atualmente sendo investigados e elucidados para lectinas inseticidas envolve a ligação de lectinas a moléculas glicosiladas do trato intestinal dos insetos, interferindo nas funções de enzimas digestivas e proteínas assimilatórias, inibindo ou

estimulando a digestão e absorção de nutrientes. Desta forma, através dessa ligação, lectinas podem afetar o metabolismo de insetos (MACEDO et al. 2007; NAPOLEÃO et al. 2012).

Que podem ser: ligação à porção glicídica de enzimas glicosiladas; ligação às enzimas através de sítios diferentes do sítio de ligação ao substrato; ligação ao substrato; ligação tanto à enzima quanto ao substrato, aumentando a afinidade entre eles (MACEDO et al., 2007).

A modulação de atividade de enzimas digestivas por lectinas vem sendo demonstrada. A modificação dessas atividades enzimáticas consegue levar a um desequilíbrio metabólico e podendo levar a morte do inseto (MICHIELS et al., 2010). Lectina inseticida isolada da folha de *Bauhinia monandra* mostrou um estímulo, sobre a atividade de α -amilase de homogenatos do intestino médio de *Callosobruchus maculatus*, provavelmente aumentando afinidade da enzima ao seu substrato (MACEDO et al. 2007). As lectinas de *Galanthus nivalis* e a concanavalina A, lectina isolada de sementes de *Canavalia ensiformis* (Fabaceae), estimularam a atividade de aminopeptidase, tripsina e glucosidases no intestino de larvas de *Lacanobia oleracea* (FITCHES & GATEHOUSE, 1998). A ação pode também ser inibitória, como mostrada para a lectina isolada da folha de *Myracrodruon urundeuva*, que inibiu a ação de proteases e a ação estimulatória sobre α -amilase do intestino de larvas de *Aedes aegypti* (NAPOLEÃO et al., 2012).

Algumas lectinas tem o poder de ultrapassar a barreira epitelial, via transcitose, alcançando o sistema circulatório do inseto, afetando as moléculas de autodefesa presentes na hemolinfa (FITCHES et al., 2001). Outro tipo de ação é quando essas proteínas são internalizadas através de vesículas de células epiteliais por endocitose e atuam bloqueando a proliferação celular (YU et al., 1999).

8.1 afetando a microbiota intestinal de insetos

Os cupins dependem da microflora intestinal para fazer a digestão da celulose, uma vez que esses microrganismos produzem a celulase. Desta

forma, lectinas podem exercer seu efeito inseticida através da ação antimicrobiana. Napoleão et al., (2014) mostrou que lectinas isoladas da casca e cerne de *M. urundeuva* (aroeira do sertão) causavam mortalidade em cupins da espécie *Nasutitermes corniger*. Adicionalmente, as lectinas isoladas também foram bactericidas contra microrganismos da flora intestinal desses insetos.

8.2 inibindo enzimas de controlam espécies reativas de oxigênio

Algumas lectinas mostraram a capacidade de atuar inibindo a atividade da superóxido dismutase (SOD). A atividade da SOD em insetos foi encontrada nas brânquias anal de larvas de insetos e esta enzima desempenha alguns papéis importantes para a resistência contra espécies reativas de oxigênio tais como o ânion superóxido (NIVSARKAR et al. 1991). O aumento da SOD em alguns insetos pode levar, em alguns casos, a resistência a alguns inseticidas já utilizados em plantações como é o caso dos piretróides (NIVSARKAR et al. 1991; MÜLLER et al. 2007). Com a inibição da atividade da SOD, ocorrerá estresse oxidativo devido a ausência de desintoxicação (SOD).

A alta inibição da atividade da SOD pela cMoL (Lectina coagulante de *M. OLEIFERA*), além de levar a um estresse oxidativo devido a menor desintoxicação do radical superóxido, também resultou em uma diminuição de larvas, gerando um controle populacional do inseto. (AGRA-NETO et al., 2014).

8.3 atrasando o desenvolvimento larval

O controle de insetos alados pode ser feito durante o desenvolvimento larval, impedindo ou dificultando a transformação deles para a fase adulta. Organofosforados são bastante utilizados no Brasil para esse fim. No entanto, devido a uma diminuição na sua eficácia devido à tolerância das larvas e a busca por segurança ambiental e biodegradabilidade, novos bioinseticidas têm sido avaliados, tais como as lectinas (COELHO et al., 2009).

A lectina isolada de sementes de *Moringa oleifera* (WSMoL), a qual apresenta elevada solubilidade em água, mostrou ação larvicida contra *Aedes aegypti*. Além disso, extratos contendo WSMoL foram capazes de atrasar o desenvolvimento larval, que parou no terceiro instar (COELHO et al., 2009). O desenvolvimento larval pode estar sendo comprometido pela inibição de enzimas digestivas interferindo na nutrição dessas larvas, como foi visualizado para a lectina de folha de *Bauhinia monandra*, que estimulou em ensaios *in vitro* a atividade de α -amilase em larvas de *Callosobruchus maculatus* (MACEDO et al., 2007). Fitches & Gatehouse (1998) reportaram que, em curto prazo, a lectina de *Galanthus nivalis* apresentou efeito estimulatório sobre tripsina, α -glicosidase e aminopeptidase de larvas de *Lacanobia oleracea* causando, em longo prazo, uma diminuição na atividade de α -glicosidase. Larvas da mosca do melão (*Bactrocera cucurbitae*) apresentaram redução nas atividades de fosfatases ácidas e alcalinas quando alimentadas com a lectina de tubérculos de *Arisaema helleborifolium*, enquanto a atividade de esterases aumentou consideravelmente (KAUR et al., 2006).

8.4 Atividades ovicida

Expressão de GNA em plantas de trigo transgênico causou efeitos significativos nos pulgões do trigo, o que está ligada aos níveis de expressão da proteína nas diferentes linhas transgênicas. Embora a sobrevivência de pulgões que foram criados em plantas que expressam GNA não foi afetada, sua fecundidade foi reduzida significativamente. Esse mecanismo pode causar a reduções na taxa de eclosão de ovos. A ausência de larvas mortas em soluções mostra que o efeito é bem seletivo, com a atividade ovicida e não a larvicida da lectina (SANTOS et al., 2012).

A atividade ovicida sobre *A. aegypti* tem sido demonstrada em extratos orgânicos, óleos essenciais e lectinas através do impedimento da eclosão dos ovos (GOVINDARAJAN, 2011; GOVINDARAJAN & KARUPPANNAN, 2011; WARIKOO et al., 2011). Extratos de sementes e folhas de *Delonix elata* e óleo essencial de *Cananga odorata* apresentaram atividade ovicida contra *A. aegypti* (MARIMUTHU et al., 2012; PHASOMKUSOLSIL et al.,

2012).WSMoL também foi capaz de inibir a eclosão de ovos armazenados e análises mostraram que a lectina levou à morte dos embriões dentro dos ovos (SANTOS et al., 2012).

8.5 Danificando matriz peritrófica

A matriz peritrófica constitui uma membrana encontrada no intestino médio de insetos, exceto os das ordens Hemiptera e Homoptera (BANDYOPADHYAY et al., 2001; DAMASCENO-SÁ & SILVA, 2007), que separa o conteúdo do lúmen intestinal das células epiteliais digestivas. A matriz contém uma rede composta por quitina (polímero de N-acetilglicosamina) e glicoproteínas, como as peritrofinas (TERRA e FERREIRA, 2012). O MP é uma barreira física e bioquímica que compartimenta processos digestivos, permitindo a aquisição eficiente de nutrientes, proteção contra patógenos e reutilização de enzimas hidrolíticas (BOLOGNESI et al., 2008).

Lectinas de plantas com afinidade por N-acetilglicosamina podem, dessa forma, se ligar à quitina e proteínas glicosiladas da matriz peritrófica, interferindo nos processos de digestão e absorção de nutrientes (PEUMANS & VAN DAMME, 1995; ZHU-SALZMAN et al., 1998; ZHU-SALZMAN & SALZMAN, 2001; CARLINI & GROSSI-DE-SÁ, 2002; MACEDO et al., 2004; MACEDO et al., 2007).

Anomalias na formação da membrana peritrófica funcional e a ruptura das estruturas de microvilosidades foram relatadas em insetos alimentados com dietas contendo lectina (FITCHES e GATEHOUSE, 1998; HOPKINS e HARPER, 2001; LI et al., 2009). (CACCIA et al. 2012) Lectina de bulbos de *Hippeastrum striatum* (amarílis) interagem com as células da borda em escova do intestino médio e interfere com a absorção normal de nutrientes da *Spodoptera littoralis*, afetando o crescimento larval normal. Habibi et al. (2000), ao estudarem os efeitos da fitohemaglutinina (PHA) sobre o epitélio intestinal de *Lygushesperus* (Heteroptera), observaram através de imunofluorescência e microscopia eletrônica a ruptura e fechamento do

lúmen deste órgão. A lectina de tubérculo de *Arum maculatum* (Araceae) também mostrou capacidade de se ligar à glicoproteínas no intestino médio de *Lipaphis erysimi* (Homoptera) e *Aphis craccivora* (Hemiptera) (DUTTA et al., 2005). Lectina ligadora de manose (DB1) isolada de *Dioscorea batatas* (inhame) mostrou propriedades inseticidas contra *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), espécie de mariposa cujas lagartas têm atacado as plantações de algodão. DB1 inibiu a emergência de adultos de *H. armigera* e técnica de imunomarcagem revelou que ela se ligou à membrana peritropical destes insetos (OHIZUMI et al., 2009).

As ações das lectinas com a matriz peritropical e glicoconjugados do trato intestinal, afeta na absorção dos nutrientes e vias de sinalização e transporte (FITCHES et al., 1998; VANDENBORRE et al., 2011; WALSKI et al., 2014; OLIVEIRA ET al., 2015). Em outros casos, notou-se que o metabolismo do inseto também pode ser desestabilizado, através da interação das lectinas com enzimas digestivas e proteínas transportadoras (ALBUQUERQUE et al., 2012; AGRA-NETO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2015).

Por conta de alguns insetos como o pulgões não possuem uma matriz peritropical no intestino, as lectinas podem interagir livremente com o epitélio intestinal, revelando todo o seu potencial inseticida. (WALSKI et al., 2014). Após avaliação, foi observado anomalias ultraestruturais na formação da matriz peritropical de insetos alimentados com a lectina ligadora de quitina de *Triticum vulgaris* (WGA). Notou-se algumas camadas desorganizadas em larvas de *Ostrinia nubilalis* e alterações morfológicas nas microvilosidades de larvas de *Drosophila* (HARPER et al., 1998; LI et al., 2009; VANDENBORRE et al., 2011).

Lectina das sementes de *Canavalia ensiformis* (Con A) gerou a redução da permeabilidade da matriz peritropical, assim como redução no movimento de nutrientes e enzimas digestivas por meio dos poros da membrana peritropical (EISEMANN et al., 1994).

Antes de sugerir que a lectina possa ter a ação à nível intestinal, é necessário avaliar se essas lectinas são resistentes à degradação

proteolítica. Por exemplo, no estudo do mecanismo de ação inseticida da lectina isolada de *Galanthus nivalis* (Amarilydaceae) sobre *Nilaparvata lugens* (Homoptera), evidenciou-se que a lectina não sofreu degradação proteolítica significativa quando ingerida pelos insetos (Powell et al., 1998).

No caso da espécie de afídeos (Homoptera), que não apresentam matriz peritrófica, foi constatado que a lectina de *Allium sativum* se ligou a resíduos de carboidratos de proteínas receptoras específicas presentes nas vesículas da membrana em borda escovada, resultando na redução da permeabilidade (BANDYOPADHYAY et al., 2001).

Conclusão

As lectinas de vegetais apresentam ação de defesa contra os ataques de predadores, tais como insetos, causando a inibição no desenvolvimento, reprodução e até a morte de alguns predadores.

Foi constatado também, que esse tipo de ação, tem um grande interesse econômico e ecológico!

Deste modo essa classe de proteína apresentam grande interesse como ferramentas biotecnológicas no controle de pragas que atacam plantações de importância econômica.

Além disso, são produtos biodegradáveis com menores riscos de toxicidade para organismos não-alvos.

Referência bibliográfica

AGRA-NETO, A. C. et al. Effect of *Moringa oleifera* lectins on survival and enzyme activities of *Aedes aegypti* larvae susceptible and resistant to organophosphate. **Parasitology research**, v. 113, n. 1, p. 175-184, 2014.

AGRA-NETO, A. C.; Avaliação do potencial inseticida de lectinas de sementes de *Moringa oleifera* contra larvas de *Aedes aegypti* resistentes e susceptíveis a organofosfato e adultos de *Sitophilus zeamais*. 2014.

AIUB, C.A.F. et al. Genotoxic evaluation of the organophosphorous pesticide temephos. **Genetic and Molecular Research**, v. 1, p. 159-166, 2002.

ALTO, B. W. et al. Size alters susceptibility of vectors to dengue virus infection and dissemination. **The American journal of tropical medicine and hygiene**, v. 79, n. 5, p. 688-695, 2008.

ATHAMNA, A. et al. Rapid identification of *Mycobacterium* species by lectin agglutination. **Journal of microbiological methods**, v. 65, n. 2, p. 209-215, 2006.

AYOUBA, Ahidjo et al. Interactions of plant lectins with the components of the bacterial cell wall peptidoglycan. **Biochemical systematics and ecology**, v. 22, n. 2, p. 153-159, 1994.

BANDYOPADHYAY, S. et al. Binding of garlic (*Allium sativum*) leaf lectin to the gut receptors of homopteran pests is correlated to its insecticidal activity. **Plant Science**, v. 161, n. 5, p. 1025-1033, 2001.

BALZARINI, Jan et al. The mannose-specific plant lectins from *Cymbidium hybrid* and *Epipactis helleborine* and the (N-acetylglucosamine) n-specific plant lectin from *Urtica dioica* are potent and selective inhibitors of human

immunodeficiency virus and cytomegalovirus replication in vitro. **Antiviral research**, v. 18, n. 2, p. 191-207, 1992.

BIES, C. et al. Lectin-mediated drug targeting: history and applications. **Advanced drug delivery reviews**, v. 56, n. 4, p. 425-435, 2004.

BOKESCH, H. R. et al. A potent novel anti-HIV protein from the cultured *cyanobacterium* *Scytonema varium*. **Biochemistry**, v. 42, n. 9, p. 2578-2584, 2003.

BOSCHER, C. et al. Glycosylation, galectins and cellular signaling. **Current opinion in cell biology**, v. 23, n. 4, p. 383-392, 2011.

BRAGA, I. A. et al. *Aedes aegypti*: vigilância, monitoramento da resistência e alternativas de controle no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 16, n. 4, p. 295-302, 2007.

BRAZOLIN, S. et al. O problema de fungos e insetos xilófagos no museu de arte sacra de Salvador–BA. ABRACOR – Textos técnicos. 2004. Disponível em: http://www.abracor.com.br/novosite/pdfs/insetos_museu_arte_sacra.pdf. Acesso em: 28 out. 2007.

CACCIA, S. et al. Mechanism of entomotoxicity of the plant lectin from *Hippeastrum hybrid* (Amaryllis) in *Spodoptera littoralis* larvae. **Journal of insect physiology**, v. 58, n. 9, p. 1177-1183, 2012.

CAMPBELL, C. T. et al. Metabolic oligosaccharide engineering: perspectives, applications, and future directions. **Molecular BioSystems**, v. 3, n. 3, p. 187-194, 2007.

CAMPOS, D. et al. Probing the O-glycoproteome of gastric cancer cell lines for biomarker discovery. **Molecular & Cellular Proteomics**, p. mcp. M114. 046862, 2015.

CAMPOS, L. M. et al. Acridinium ester conjugated to lectin as *chemiluminescent histochemistry* marker. **Biomarkers**, v. 11, n. 5, p. 480-484, 2006.

CANEPELE, M. A. B. et al. Correlation between the infestation level of *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera, Curculionidae) and the quality factors of stored corn, *Zea mays* L.(Poaceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 47, n. 4, p. 625-630, 2003.

CARRILLO, C. et al. Effects of temperature, pH and sugar binding on the structures of lectins ebulin f and SELfd. **Food Chemistry**, v. 220, p. 324-330, 2017.

CHATTERJEE, B. et al. A novel L-fucose-binding lectin from *Fenneropenaeus indicus* induced cytotoxicity in breast cancer cells. **The Journal of Biochemistry**, v. 161, n. 1, p. 87-97, 2017.

COELHO, L. CBB et al. Protein purification by affinity chromatography. In: **Protein Purification**. InTech, 2012.

COELHO, M. B. et al. Insecticidal action of *Annona coriacea* lectin against the flour moth *Anagasta kuehniella* and the rice moth *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera: Pyralidae). **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 146, n. 3, p. 406-414, 2007.

CORREIA, Maria TS; COELHO, Luana CBB. Purification of a glucose/mannose specific lectin, isoform 1, from seeds of *Cratylia mollis* Mart.(Camaratu bean). **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 55, n. 3, p. 261-273, 1995.

COSTA, Ricardo Bezerra et al. Purification and characterization of a lectin with refolding ability from *Genipa americana* bark. **International journal of biological macromolecules**, v. 119, p. 517-523, 2018.

CUNHA, D. C. S. **Purificação, caracterização e efeitos imunomodulatório e antiproliferativo de uma lectina do fungo *Clavaria cristata* (Holmsk) Pers.** 2010. 54 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

DE HOFF, P. L. et al. Plant lectins: the ties that bind in root symbiosis and plant defense. **Molecular Genetics and Genomics**, v. 282, n. 1, p. 1-15, 2009.

DE MEJÍA, E. G. et al. Lectins as bioactive plant proteins: a potential in cancer treatment. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 45, n. 6, p. 425-445, 2005.

DE MELO-SANTOS, M. A. V. et al. Long lasting persistence of *Bacillus thuringiensis* serovar. israelensis larvicidal activity in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) breeding places is associated to bacteria recycling. **Biological Control**, v. 49, n. 2, p. 186-191, 2009.

DELATORRE, P. et al. Crystal structure of a lectin from *Canavalia maritima* (ConM) in complex with trehalose and maltose reveals relevant mutation in ConA-like lectins. **Journal of structural biology**, v. 154, n. 3, p. 280-286, 2006.

DERRON, J. O. et al. [Potato aphids: sampling, biology, dynamics and forecasting]. [French]. **Revue suisse d'agriculture**, 1995.

DOS SANTOS, Claudio Wilian Victor et al. Purification and characterization of trypsin from *Luphiosilurus alexandri* pyloric cecum. *Biochemistry and biophysics reports*, v. 8, p. 29-33, 2016.

DUTTA, I. et al. Constitutive and phloem specific expression of *Allium sativum* leaf agglutinin (ASAL) to engineer aphid (*Lipaphis erysimi*) resistance in transgenic Indian mustard (*Brassica juncea*). **Plant Science**, v. 169, n. 6, p. 996-1007, 2005.

FIGUEIREDO, L. R. Nasutitermes: uma nova ameaça para os grandes centros urbanos. **Boletim Bay Pro Profissional**, v. 3, p. 1, 2004.

FITCHES, E. et al. In vitro and in vivo binding of snowdrop (*Galanthus nivalis* agglutinin; GNA) and jackbean (*Canavalia ensiformis*; Con A) lectins within tomato moth (*Lacanobia oleracea*) larvae; mechanisms of insecticidal action. **Journal of Insect Physiology**, v. 47, n. 7, p. 777-787, 2001.

FITCHES, E. et al. An evaluation of garlic lectin as an alternative carrier domain for insecticidal fusion proteins. *Insect Science*, v. 15, p. 483-495, 2008.

FITCHES, E.; GATEHOUSE, J.A. A comparison of the short and long term effects of insecticidal lectins on the activities of soluble and brush border enzymes of tomato moth larvae (*Lacanobia oleracea*). *Journal of Insect Physiology*, v. 44, p. 1213-1224, 1998.

FORATTINI, Oswaldo Paulo. **Entomologia médica: Culicini: Haemagogus, Mansonia, Culiseta, Sabethini. Toxorhynchitini. Arbovirases, Filariose bancroftiana. Genética.** Faculdade de Higiene e Saúde Pública, Depto. de Parasitologia, 1965.

FRANCISCO, S. S. Lectin Cell Adhesion Molecules (LEC-CAMs): A New Inflammation. v. 146, n. 1 991, p. 139–146, 1991.

GABIUS, H. J. et al. The sugar code: functional lectinomics. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects**, v. 1572, n. 2-3, p. 165-177, 2002.

GABOR, F. et al. The interaction between wheat germ agglutinin and other plant lectins with prostate cancer cells Du-145. **International journal of pharmaceutics**, v. 221, n. 1-2, p. 35-47, 2001.

GAIDAMASHVILI, M. et al. Interaction of lectin-like proteins of South African medicinal plants with *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 80, n. 2-3, p. 131-135, 2002.

GALLO, D. et al. Entomologia agrícola. Piracicaba, FEALQ, 920p. **Macedo, Macedo, Campos, Novaretti e Ferraz**, v. 158, 2002.

GAOFU, Qi et al. In vitro assessment of plant lectins with anti-pinewood nematode activity. **Journal of invertebrate pathology**, v. 98, n. 1, p. 40-45, 2008.

GEMEINER, P. et al. Lectinomics. II. A highway to biomedical/clinical diagnostics. **Biotechnology Advances**, v. 27, n. 1, p. 1–15, 2009.

GHAZARIAN, H. et al. A glycobiology review: carbohydrates, lectins and implications in cancer therapeutics. **Acta histochemica**, v. 113, n. 3, p. 236-247, 2011.

GHEQUIRE, Maarten GK et al. Plant lectin-like antibacterial proteins from phytopathogens *Pseudomonas syringae* and *Xanthomonas citri*. **Environmental microbiology reports**, v. 4, n. 4, p. 373-380, 2012.

GOMES, B. S. et al. Antifungal activity of lectins against yeast of vaginal secretion. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 43, n. 2, p. 770-778, 2012.

GOMES, C. E. M. et al. **Purificação, caracterização e atividade bioinseticida de um inibidor de tripsina de sementes de *Crotalaria pallida***. 2004. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte

GOLDSTEIN, Irwin J. What should be called a lectin?. **Nature**, v. 285, p. 66, 1980.

GORELK, E. et al. On the role of cell surface carbohydrates and their binding proteins (lectins) in tumor metastasis. **Cancer and Metastasis Reviews**, v. 20, n. 3-4, p. 245-277, 2001.

HEGEDUS, D. et al. New insights into peritrophic matrix synthesis, architecture, and function. **Annual review of entomology**, v. 54, p. 285-302, 2009.

HOJO, Masaru et al. Identification of soldier caste-specific protein in the frontal gland of nasute termite *Nasutitermes takasagoensis* (Isoptera: Termitidae). **Insect biochemistry and molecular biology**, v. 35, n. 4, p. 347-354, 2005.

HU, L et al. Cell attachment protein VP8* of a human rotavirus specifically interacts with A-type histo-blood group antigen. **Nature**, v. 485, n. 7397, p. 256, 2012.

INOUE, K. et al. Structural analysis by X-ray crystallography and calorimetry of a haemagglutinin component (HA1) of the progenitor toxin from *Clostridium botulinum*. **Microbiology**, [S.l.], v. 149, n. 12, p. 3361 – 70, Dec. 2003.

ITO, José Amando. Técnicas Espectroscópicas em Biofísica. **Caderno de Física da UEFS**, v. 3, n. 01, p. 21-29, 2004.

KAMBHAMPATI, S et al. Taxonomy and phylogeny of termites. In: ABE, T.; BIGNELL, D. E.; HIGASHI, M. (eds.). **Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 1-23.

KAMIMURA, K. et al. Effect of temperature on the development of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. **Medical Entomology and Zoology Journal**, v. 53, p. 53-58, 2002.

KAUSHIK, S et al. The role of metal ions in substrate recognition and stability of concanavalin A: a molecular dynamics study. **Biophysical journal**, v. 96, n. 1, p. 21-34, 2009.

KENNEDY, J. F. et al. Lectins, versatile proteins of recognition: a review. **Carbohydrate Polymers**, v. 26, n. 3, p. 219-230, 1995.

KEHINDE, K. et al. Comparative Biological Activity of *Synzygium aromaticum* (L) and *Xylopiia ethiopica* on *Rhizopetha dominica* F (Coleoptera: Bostrychidae) and *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera: Cuculionidae) in Maize Grains. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 7, n. 3, p. 339-342, 2004.

KHIN, M. M. et al. Agglutination of *Helicobacter pylori* coccoids by lectins. **World Journal of Gastroenterology**, v. 6, n. 2, p. 202–209, 2000.

KILPATRICK, D. C.; GRAHAM, C.; URBANIAK, S. J. Inhibition of human lymphocyte transformation by tomato lectin. **Scand J Immunol**, v. 24, n. 1, p. 11–19, 1986.

KILPATRICK, D. C. Animal lectins: a historical introduction and overview. **Biochimica et Biophysica Acta-General Subjects**, [S.l.], v. 1572, n. 2 - 3, p. 187 - 197, Sep. 2002.

KOHARUDIN, L. M. I et al. Antiviral lectins as potential HIV microbicides. **Elsevier**, v. 7, p. 95–100, 2014.

LEE, S. Y et al. Early events in crustacean innate immunity. **Fish and Shellfish Immunology**, [S.l.], v. 12, n. 5, p. 421 - 437, May 2002.

LI, H.-M. et al. Transcriptional signatures in response to wheat germ agglutinin and starvation in *Drosophila melanogaster* larval midgut. **Insect molecular biology**, v. 18, n. 1, p. 21-31, 2009.

LIMA FILHO, M et al. Production of the Mediterranean flour moth, *Anagasta kuehniella* (Zeller)(Lepidoptera: Pyralidae), on an artificial diet containing corn meal. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 1, p. 37-42, 2001.

LING, E. et al. Cellular encapsulation and melanization are enhanced by immulectins, pattern recognition receptors from the tobacco hornworm *Manduca sexta*. **Developmental & Comparative Immunology**, v. 30, n. 3, p. 289-299, 2006.

LIS, H. et al. Lectins: carbohydrate-specific proteins that mediate cellular recognition. **Chemical reviews**, v. 98, n. 2, p. 637-674, 1998.

LIU, B et al. Plant lectins: potential antineoplastic drugs from bench to clinic. **Cancer letters**, v. 287, n. 1, p. 1-12, 2010.

LORINI, I et al. **Pragas de grãos armazenados: resultados de pesquisa**. Passo Fundo^ eRS RS: EMBRAPA-CNPT, 1994.

LORIS, R. Principles of structures of animal and plant lectins. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects**, v. 1572, n. 2-3, p. 198-208, 2002.

MACEDO, M L R et al. Purification and characterization of an N-acetylglucosamine-binding lectin from *Koeleria paniculata* seeds and its effect on the larval development of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 51, n. 10, p. 2980-2986, 2003.

MACEDO, M L R et al. Mechanisms of the insecticidal action of TEL (*Talisia esculenta* lectin) against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). **Archives of Insect Biochemistry and Physiology: Published in Collaboration with the Entomological Society of America**, v. 56, n. 2, p. 84-96, 2004.

MACEDO, M L R et al. Insecticidal action of Bauhinia monandra leaf lectin (BmoLL) against Anagasta kuehniella (Lepidoptera: Pyralidae), Zabrotes subfasciatus and Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 146, n. 4, p. 486-498, 2007.

MARSARO JÚNIOR, A L. et al. Amylase inhibitors in corn hybrids as a resistance factor to Sitophilus zeamais (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 3, p. 433-450, 2005.

MATSUI, T. et al. Comparative study of blood group-recognizing lectins toward ABO blood group antigens on neoglycoproteins, glycoproteins and complex-type oligosaccharides. **Biochimica et Biophysica Acta - General Subjects**, v. 1525, n. 1–2, p. 50–57, 2001.

MEERT, P. et al. Development and application of a novel recombinant Aleuria aurantia lectin with enhanced core fucose binding for identification of glycoprotein biomarkers of hepatocellular carcinoma. **Proteomics**, p. 1–26, 2014.

MELTZER, E. et al. A travel medicine view of dengue and dengue hemorrhagic fever. **Travel Medicine and Infectious Disease**, v. 7, p. 278-283, 2009.

MICHIELS, K et al. Plant-insect interactions: what can we learn from plant lectins?. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology: Published in Collaboration with the Entomological Society of America**, v. 73, n. 4, p. 193-212, 2010.

MONATH, T.P. Treatment of yellow fever. **Antiviral Research**, v. 78, p. 116-124, 2008.

MÜLLER, G. J. et al. Anti-apoptotic signaling and failure of apoptosis in the ischemic rat hippocampus. **Neurobiology of disease**, v. 25, n. 3, p. 582-593, 2007.

NG, T. B. et al. Fungal proteinaceous compounds with multiple biological activities. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 2016.

NI, Y. et al. Lectin-carbohydrate interaction in the immune system. **Veterinary immunology and immunopathology**, v. 55, n. 1-3, p. 205-223, 1996.

NIVSARKAR, M. et al. Superoxide dismutase in the anal gills of the mosquito larvae of *Aedes aegypti*: Its inhibition by α -terthienyl. **Archives of insect biochemistry and physiology**, v. 16, n. 4, p. 249-255, 1991.

NUNES, E. S. et al. Inactivation and fragmentation of lectin from *Bothrops leucurus* snake venom by gamma irradiation. **Radiation Physics and Chemistry**, [S.l.], v. 81, n. 4, p. 484 - 487, Apr. 2012.

ODINTSOVA, N. A. et al. Effect of lectin from the ascidian on the growth and the adhesion of HeLa cells. **Molecular and cellular biochemistry**, v. 221, n. 1-2, p. 133-138, 2001.

OHIZUMI, Y. et al. Mannose-binding lectin from yam (*Dioscorea batatas*) tubers with insecticidal properties against *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 57, n. 7, p. 2896-2902, 2009.

OLIVEIRA, C.F.R. et al. Evaluation of seed coagulant *Moringa oleifera* lectin (cMoL) as a bioinsecticidal tool with potential for the control of insects. **Process Biochemistry**, v. 46, p. 498-504, 2011.

PAES, J. B. et al. Resistência das madeiras de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), cássia (*Senna siamea*) e ipê (*Tabebuia impetiginosa*) a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. **Floresta e Ambiente**, v. 9, n. 1, p. 135-144, 2002.

PAIVA, P. M. G. et al. Plant compounds with *Aedes aegypti* larvicidal activity and other biological properties. **Bioprocess sciences and technology. New York: Nova Publishers Inc**, p. 269-94, 2011.

PAIVA, P. MG et al. Effects of plant lectins and trypsin inhibitors on development, morphology and biochemistry of insect larvae. **Larvae: Morphology, Biology and Life Cycle**, p. 37-55, 2012.

PEDERSEN, J. R. Insects: Identification, damage, and detection. **Storage of cereal grains and their products**, p. 435-489, 1992.

PEUMANS, W. et al. Lectins as plant defense proteins. **Plant physiology**, v. 109, n. 2, p. 347, 1995.

POHLEVEN, J. et al. Affinity chromatography of lectins. In: **Affinity Chromatography**. InTech, 2012.

PONRAJ, T. et al. Protein regulation and Apoptotic induction in human breast carcinoma cells (MCF-7) through lectin from *G. beatus*. **International journal of biological macromolecules**, v. 95, p. 1235-1245, 2017.

POUPARDIN, R. et al. Cross-induction of detoxification genes by environmental xenobiotics and insecticides in the mosquito *Aedes aegypti*: impact on larval tolerance to chemical insecticides. **Insect biochemistry and molecular biology**, v. 38, n. 5, p. 540-551, 2008.

POWELL, K. S. et al. Immunohistochemical and developmental studies to elucidate the mechanism of action of the snowdrop lectin on the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal). **Journal of Insect Physiology**, v. 44, n. 7-8, p. 529-539, 1998.

PUSZTAI, A. et al. Antinutritive effects of wheat-germ agglutinin and other N-acetylglucosamine-specific lectins. **British Journal of Nutrition**, v. 70, n. 1, p. 313-321, 1993.

QIU, R et al. A method for the identification of glycoproteins from human serum by a combination of lectin affinity chromatography along with anion exchange and Cu-IMAC selection of tryptic peptides. **Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences**, v. 845, n. 1, p. 143–150, 2007.

RAMBARUTH, N. D. S; DWEK, M. V. Cell surface glycan-lectin interactions in tumor metastasis. **Acta Histochemia**, [S.l.], v. 113, n. 6, p. 591 - 600, Oct. 2011.

RATANAPO, S et al. Interaction of a mulberry leaf lectin with a phytopathogenic bacterium, *P. syringae* pv *mori*. **Plant Science**, v. 160, n. 4, p. 739-744, 2001.

RIBEIRO, S. F. F. et al. A new peptide of melon seeds which shows sequence homology with vicilin: Partial characterization and antifungal activity. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 111, n. 4, p. 399 – 405, Feb. 2007.

ROCHA, B. A. M et al. Structural basis for both pro-and anti-inflammatory response induced by mannose-specific legume lectin from *Cymbosema roseum*. **Biochimie**, v. 93, n. 5, p. 806-816, 2011. SA, R. A. et al. Induction of mortality on *Nasutitermes corniger* (Isoptera, Termitidae) by *Myracrodruon urundeuva* heartwood lectin. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 62, n. 4, p. 460-464, 2008.

SÁ, R A. et al. Antibacterial and antifungal activities of *Myracrodruon urundeuva* heartwood. **Wood Science and Technology**, v. 43, n. 1-2, p. 85-95, 2009.

SÁ, R A et al. Larvicidal activity of lectins from *Myracrodruon urundeuva* on *Aedes aegypti*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 149, n. 3, p. 300-306, 2009.

SANTANA, M. A. et al. A novel and efficient and low-cost methodology for purification of *Macrotyloma axillare* (Leguminosae) seed lectin. **International journal of biological macromolecules**, v. 43, n. 4, p. 352-358, 2008.

SANTANA, G. M. S. et al. Electrochemical potential of *Microgramma vacciniifolia* rhizome lectin. **Bioelectrochemistry**, v. 85, p. 56-60, 2012.

SANTOS, Nataly Diniz de Lima et al. Oviposition-stimulant and ovicidal activities of *Moringa oleifera* lectin on *Aedes aegypti*. **PLoS One**, v. 7, n. 9, p. e44840, 2012.

SANTI-GADELHA, T. et al. Purification and biological effects of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) seed lectin. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 350, n. 4, p. 1050-1055, 2006.

SAUVION, N et al. Effects of jackbean lectin (ConA) on the feeding behaviour and kinetics of intoxication of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 110, n. 1, p. 31-44, 2004.

SCANDURRA, R. et al. Protein thermostability in extremophiles. **Biochimie**, v. 80, n. 11, p. 933-941, 1998.

SCHEFFRAHN, R. H. et al. *Nasutitermes costalis* (Isoptera: Termitidae) in Florida: first record of a non-endemic establishment by a higher termite. **Florida Entomologist**, v. 85, n. 1, p. 273-275, 2002.

SEQUEIRA, L et al. Agglutination of avirulent strains of *Pseudomonas sofanacearum* by potato lectin. **Physiological Plant Pathology**, v. 11, n. 1, p. 43-54, 1977.

SERVICE, M.W. **Medical entomology for students**. 1^a ed. London: Chapman & Hall, 1996.

SHANMUGAVEL, S et al. Isolation and analysis of mannose/trehalose/maltose specific lectin from jack bean with antibruchid activity. **International journal of biological macromolecules**, v. 91, p. 1-14, 2016.

SINGH, K. et al. A tuber lectin from *Arisaema helleborifolium* Schott with anti-insect activity against melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) and anti-cancer effect on human cancer cell lines. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 445, n. 1, p. 156-165, 2006.

SINGH, R S et al. Purification and characterization of a mucin specific mycelial lectin from *Aspergillus gorakhpurensis*: application for mitogenic and antimicrobial activity. **PloS one**, v. 9, n. 10, p. e109265, 2014.

SINGH, R. S. et al. Protozoa lectins and their role in host–pathogen interactions. **Biotechnology advances**, v. 34, n. 5, p. 1018-1029, 2016.

SITOHY, M et al. Isolation and characterization of a lectin with antifungal activity from Egyptian *Pisum sativum* seeds. **Food chemistry**, v. 104, n. 3, p. 971-979, 2007.

STILLMARK, H. **Ueber Ricin, ein giftiges Ferment aus den Samen von Ricinus comm. L. und einigen anderen Euphorbiaceen: Inaugural-Dissertation.** 1888. Tese de Doutorado. Dorpat: Schnakenburg.

SPRAWKA, I et al. Effect of the lectin PHA on the feeding behavior of the grain aphid. **Journal of pest science**, v. 83, n. 2, p. 149-155, 2010.

ŠULÁK, O. et al. Burkholderia cenocepacia BC2L-C is a super lectin with dual specificity and proinflammatory activity. **PLoS pathogens**, v. 7, n. 9, p. e1002238, 2011.

TANIDA, S. et al. Binding of the sialic acid binding lectin, Siglec-9, to the membrane mucin, MUC1, induces recruitment of β -catenin and subsequent cell growth. **Journal of Biological Chemistry**, p. jbc. M113. 471318, 2013.

TAUIL, P. L. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 18, n. 3, p. 867-871, 2002.

TELLAM, R. L et al. Peritrophic matrix proteins. **Insect biochemistry and molecular biology**, v. 29, n. 2, p. 87-101, 1999.

VAN DAMME, E J M et al. Molecular cloning of two different mannose-binding lectins from tulip bulbs. **European journal of biochemistry**, v. 236, n. 2, p. 419-427, 1996.

VAN PARIJS, J et al. Hevein: an antifungal protein from rubber-tree (Hevea brasiliensis) latex. **Planta**, v. 183, n. 2, p. 258-264, 1991.

VANDENBORRE, G et al. Plant lectins as defense proteins against phytophagous insects. **Phytochemistry**, v. 72, n. 13, p. 1538-1550, 2011.

VENKATRAO, S. et al. Effect of insect infestation on stored grain. III.—Studies on kaffir corn (Sorghum vulgare). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 9, n. 12, p. 837-839, 1958.

VIEIRA, P B et al. Mecanismos específicos de patogenicidade de protozoários de mucosa: Entamoeba histolytica, Giardia lamblia e Trichomonas vaginalis. **Clinical & Biomedical Research**, v. 32, n. 1.

WALSH, M. C. et al. Mannose-Binding Lectin Is a Regulator of Inflammation That Accompanies Myocardial Ischemia and Reperfusion Injury. **The Journal of Immunology**, v. 175, n. 1, p. 541–546, 2005.

WALSKI, Tomasz; VAN DAMME, Els JM; SMAGGHE, Guy. Penetration through the peritrophic matrix is a key to lectin toxicity against *Tribolium castaneum*. *Journal of insect physiology*, v. 70, p. 94-101, 2014.

WANG, S X et al. Purification and characterization of a novel lectin with antiphytovirus activities from the wild mushroom *Paxillus involutus*. **Protein and peptide letters**, v. 20, n. 7, p. 767-774, 2013.

WANG, H et al. The C-type lectin receptor MCL mediates vaccine-induced immunity against infection with *Blastomyces dermatitidis*. **Infection and immunity**, p. IAI. 01263-15, 2015.

WOOTTON, E. C. et al. Biochemical prey recognition by planktonic protozoa. **Environmental Microbiology**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 216 – 222, Jan. 2007.

WU, A M. et al. Differential contributions of recognition factors of two plant lectins—*Amaranthus caudatus* lectin and *Arachis hypogaea* agglutinin, reacting with Thomsen-Friedenreich disaccharide (Gal β 1–3GalNAc α 1–Ser/Thr). **Biochimie**, v. 90, n. 11-12, p. 1769-1780, 2008

YIN, C et al. Isolation of a Hemagglutinin with Potent Antiproliferative Activity and a Large Antifungal Defensin from *Phaseolus vulgaris* cv. Hokkaido Large Pinto Beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 22, p. 5439–5448, 2015.

XIE, M. et al. Lectin-modified trifunctional nanobiosensors for mapping cell surface glycoconjugates. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 24, n. 5, p. 1311–1317, 2009.

ZANETTI, G. D. Lectina dos rizomas de *Arundo Donax* L.: purificação, caracterização, propriedades, imuno-histoquímica e separação das isoformas. 2007.

ZIMMER, K. R. **Atividade antibiofilme e antibiótica da cera dos ovos e de metabólitos produzidos por bactérias associadas ao carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus***. 2012. 241 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012