

ACSA

**Agropecuária Científica
no Semiárido**



Interações ecológicas e evolutivas entre: plantas, herbívoros e seus inimigos naturais

Thamyres S. Gonçalves^{*1}

Recebido em 13/03/2015; Aceito para publicação em 03/08/2015

*Autor para correspondência

¹Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; Email: sabrina5thamy@yahoo.com.br

RESUMO: Este trabalho traz uma revisão acerca da intrínseca relação existente entre a evolução de espécies de plantas e de animais herbívoros, e de como isso é influenciado pela existência de inimigos naturais desses organismos. O objetivo foi reunir um conjunto de informações que pudessem convencer o leitor de como é importante conhecer esses processos e considerar essas interações naturais no desenvolvimento de atividades humanas sobre os ecossistemas nativos. Os resultados da pesquisa mostram que a ecologia evolutiva de cada um desses grupos é interdependente de relações tritróficas entre plantas, herbívoros e os inimigos naturais. As considerações finais apontam para o desafio de se aprofundar no entendimento dessas interações entre os três níveis tróficos que pode ser a base do entendimento de muitos dos processos biológicos da natureza até o momento desconhecidos pela ciência.

Palavras-chave: mecanismos da biodiversidade, relações tritróficas, organismos, populações, comunidades

Ecological and evolutive interactions between: plants, herbivory and natural enemies

ABSTRACT: This paper presents a review of the intrinsic relationship between the evolution of species of plants and herbivorous animals, and how this is influenced by the existence of natural enemies such organisms. The aim was to bring together a set of information that could convince the reader how important it is to know these processes and consider these natural interactions in the development of human activities on native ecosystems. The survey results show that the evolutionary ecology of each of these groups is interdependent of tritrophic relationships between plants, herbivores and natural enemies. The conclusions point to the challenge of deepening the understanding of these interactions among the three trophic levels that may underlie the understanding of many biological processes of nature hitherto unknown to science.

Keywords: mechanisms of biodiversity, tritrophics relations ships, organisms, population, communities

INTRODUÇÃO

Foi abordado por Silva et al. (2012) que embora se possam estudar separadamente cada componente de um sistema, na realidade eles se acham todos interligados, formando a grande cadeia da existência do universo. Num contexto ecológico, é fato que um organismo ou população de uma espécie não ocorre isoladamente, pois os indivíduos, na verdade, fazem parte de um sistema complexo e interdependente com outros organismos, de tal maneira que a dinâmica de todos é afetada mutuamente pelos aspectos intrínsecos a cada grupo populacional específico.

Com base nisto é bem provável que a maior parte de todo o equilíbrio natural que existe no geossistema planeta Terra, incluindo todas as suas esferas, sobretudo a biosfera, possa ser entendido ou talvez resumido na palavra interação. Foi das interações entre elementos que aconteceram todos os processos biogeoquímicos que culminaram na conhecida explosão do Big Bang, e sucedidas de outras inúmeras interações entre os diversos elementos e ciclos que surgiu a vida na Terra (DARWIN, 1979). E desde o seu surgimento essa vida foi acompanhada sempre de interações. As interações sejam talvez o motivo pelo qual foi possível que os seres pudessem evoluir, pois o sucesso da vida na Terra representa, sem nenhuma dúvida, o sucesso das interações entre os organismos (LIMA et al., 2013).

Desse modo há que se acreditar antes na interação para se acreditar na evolução. Na ecologia a manutenção das interações entre os organismos é de suma importância pois é dessas várias interações dos organismos entre si e destes com a paisagem, com o hábitat, com o ambiente é que surge a biodiversidade (FORERO-MEDIDA & VIEIRA, 2007; AB'SABER, 2003). Conforme Townsend (2006) não se pode quando dizemos que as populações no ecossistema estão em equilíbrio natural

esperar compreender a estrutura e dinâmica de populações ecológicas sem antes entender as conexões entre os organismos, concordando com isto Begon et al. (1996) escrevem que as interações entre os organismos são de certa forma a base conectiva entre os diferentes processos que atuam no equilíbrio de populações.

Segundo Ricklefs (2003) a interação acontece por uma lei que é fundamental na natureza: por que tudo deve comer, e a maioria dos organismos se arrisca a ser comida.

Entre os organismos podem existir vários tipos de interações, as mais estudadas pela ecologia, e portanto tidas até o momento atual da ciência como as mais importantes são incluídas dentro das categorias de competição, predação, parasitismo e mutualismo (BEGON et al., 1996). Essas interações, também denominadas relações tritróficas, ocorrem dentro de um ambiente físico e químico espacialmente diversificado e dinâmico (LIMA et al., 2013). Portanto, a interação constitui um processo de coevolução entre plantas, insetos e microrganismos que vem se desenvolvendo por milhões de anos, garantindo a vida no ecossistema terrestre (LOVATTO et al., 2012).

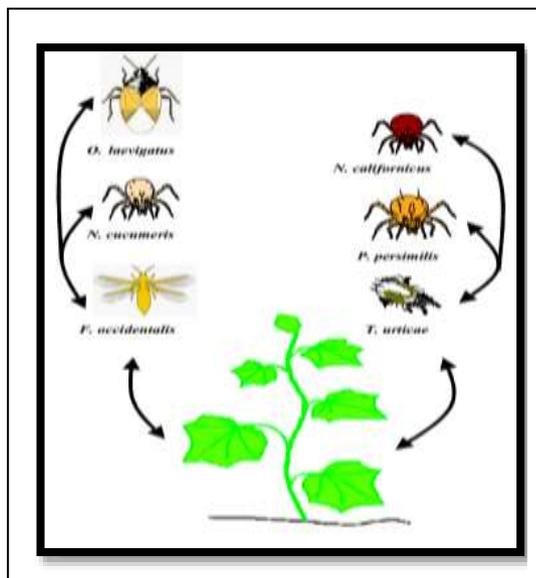
Assumindo-se a concepção do Ricklefs (2003) sobre as interações entre os organismos, surgem então as cadeias tróficas já que todos os organismos utilizam os corpos de outros organismos como fonte alimentar (TOWNSEND et al., 2010). As interações tróficas entre os organismos podem se dar de diversas formas, que vão desde as mais simples até algumas cadeias tróficas um pouco mais complexas.

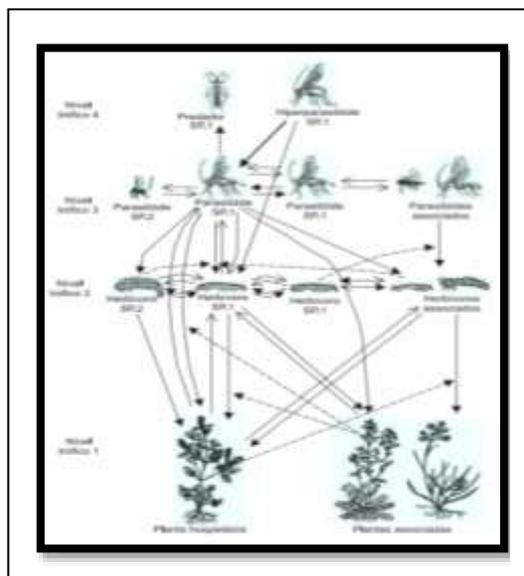
Nesse processo ecológico, um organismo alimenta-se e vive às custas de outro, com efeitos na regulação do crescimento populacional de ambos. É (AGUIAR-MENEZES & MENEZES, 2005). Dentro de qualquer ecossistema

têm-se organismos decompositores, produtores e consumidores interagindo com os fatores abióticos e inter-relacionando-se de forma complexa (LOVATTO et al., 2012). Assim, os diferentes ecossistemas naturais são compostos por, no mínimo, três níveis tróficos que interagem entre si: plantas, herbívoros e inimigos naturais (LIMA et al., 2013). Ainda conforme Lima et al. (2013) essas interações, incluem vários mecanismos de ataque e defesa entre os diferentes grupos populacionais de organismos.

De acordo com Silva (2012) é importante observar sobre as interações tróficas que a linearização dos sistemas em cadeia trófica (produtor primário: consumidor primário: consumidor secundário) não é consistente em sistemas complexos, que são mais comuns do que os sistemas simples, pois um mesmo organismo pode ocupar posições tróficas distintas (fitófago e predador). Assim, num contexto mais amplo, teia alimentar é o conceito mais adequado para designar os níveis de interações existentes num sistema.

Tão importante quanto conhecer é compreender esses processos de interação entre plantas, herbívoros e inimigos naturais, pois apenas com o conhecimento de como funcionam a cadeias e as teias tróficas presentes em cada ecossistema é que será possível manejar de forma adequada esses ambientes privando por sua conservação e manutenção das bases ecológicas que sustentam o equilíbrio natural das populações. Além disso, o saber sobre as interações tritróficas entre plantas, herbívoros e seus inimigos naturais pode ser de importância crucial no desenvolvimento de uma agricultura mais conservacionista, mantendo um nível de controle menos impactante sobre os ambientes agrícolas que são sistemas naturalmente fragilizados quanto a manutenção de seus processos naturais. Com base no reconhecimento da importância em se estudar esses processos de interação natural entre populações de plantas e de herbívoros e a função ecológica dos inimigos naturais esse trabalho teve o objetivo de realizar uma revisão teórica desses processos.





Fonte: (a) VENZON et al.(2001);(b) AGUIAR-MENEZES & MENEZES (2005).

Figura 1 - Exemplos de dois diferentes sistemas de cadeias tróficas com diferentes níveis de complexidade

Sobre as plantas: seus processos de interação por herbivoria e inimigos naturais

As plantas passaram ao longo dos anos por diversos processos de evolução em suas estruturas fisiológicas, morfológicas e fenotípicas associadas quase sempre ao desenvolvimento evolutivo do próprio geossistema do planeta, ou seja, pela formação dos diversos ecossistemas (RIZZINI, 1997; LOVATTO et al., 2012). E esse processo todo de evolução das plantas esteve sempre associado a algum tipo de atividade evolutiva das interações entre cada grupo populacional e os demais organismos com os quais a espécie interage em sua história de vida, já que os efeitos das condições sobre as interações entre organismos podem afetar uma determinada população de maneira direta ou não, pois, embora os organismos respondam individualmente a cada situação em seu ambiente, os efeitos das condições ambientais podem ser fortemente determinados por outras populações com as quais aquele determinado organismo interage no ecossistema (TOWNSEND et al., 2010).

Como as plantas não estão sozinhas nesse imenso sistema Terra, elas interagem de diversas formas com vários outros organismos.

Dentre essas interações, uma das mais importantes para a evolução das plantas é a herbivoria (LOVATTO et al., 2012; LIMA et al., 2013), de acordo com Aguiar-Menezes & Menezes (2005) aproximadamente, 50% de todas as espécies de insetos conhecidas – mais de 1.115.000 das espécies descritas são herbívoras. Porém não são apenas as plantas que se beneficiam dessa interação num contexto evolutivo, os herbívoros também estão em constante evolução para se adaptarem as novas formas de defesa criada pelas plantas.

De acordo com muitos autores plantas e herbívoros travam uma verdadeira batalha bioquímico-evolutiva (ÂNGELO & DALMOLIN, 2007; SILVA et al., 2012). Essas interações entre plantas, herbívoros e seus inimigos naturais formam uma estrutura complexa de interação tritrófica, pois de acordo com Lima et al., (2013) em qualquer relação entre planta e herbívoro deve ser incluído o terceiro

nível trófico, que são os inimigos naturais. Nessas interações entre plantas, herbívoros e inimigos naturais geralmente ocorrem fatores como o efeito direto da planta sobre a biologia ou comportamento do inimigo natural, devido a substâncias químicas ou

características morfológicas presentes na planta e, também, do efeito da planta sobre o herbívoro alterando no comportamento, desenvolvimento e tamanho destes, o que, indiretamente, também afeta a população dos inimigos naturais (Figura 2).

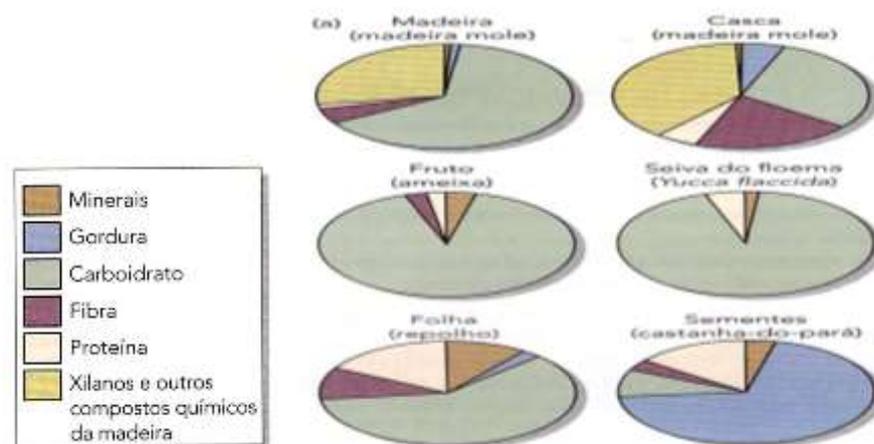
Estímulo	Efeito no comportamento
<u>Cairomônio</u>	<u>Favorável ao inseto</u>
Atraente	Orienta em direção à planta
Arrestante	Pára ou torna vagaroso o movimento
Excitante	Induz à picada inicial, mordida, penetração ou oviposição
Estimulante de alimentação	Promove a continuidade da alimentação
<u>Alomônio</u>	<u>Adverso ao inseto</u>
Repelente	Orienta em direção oposta à planta
Estimulante locomotor	Inicia ou acelera seu movimento
Supressante	Inibe a picada, mordida ou penetração inicial
Deterrente	Impede a manutenção da alimentação ou oviposição

Fonte: Silva (et al., 2012).

Figura 2 - Alguns estímulos das plantas que atuam no comportamento dos herbívoros

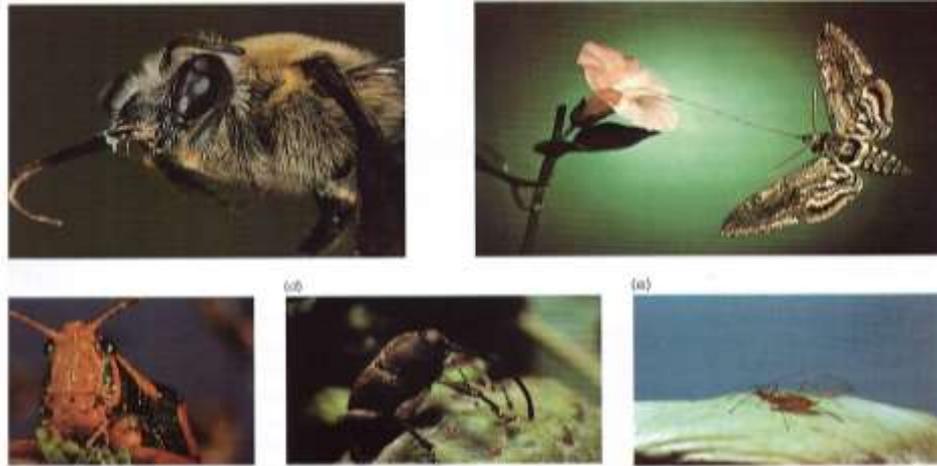
As diversas partes de uma planta tem composições diferentes desse modo, oferecem para os herbívoros recursos completamente distintos (Figura 3) (TOWNSEND et al., 2010) em cada uma dessas partes direcionando-os a se especializarem para ter acesso a parte específica da planta onde está o recurso de que necessita o herbívoro.

Por sua vez, a diversidade de recursos alimentares diferentes oferecidos pelas plantas aos herbívoros está associada a quantidade diferente de peças bucais e tratos digestórios desenvolvidos por estes animais para conseguirem consumi-las (Figura 4).



Fonte: TOWNSEND et al. (2010).

Figura 3 - Composições de cada parte da planta que podem servir como recursos alimentares para os herbívoros



Fonte: TOWNSEND et al.(2010).

Figura 4 - Exemplos da diversidade de peças bucais especializadas em insetos herbívoros

Estratégias de defesa das plantas

Para Townsend et al. (2010), toda característica de um organismo que aumente o gasto de energia de um consumidor para descobri-lo ou manipulá-lo, é uma defesa, se, como consequência, o consumidor coma menos. As plantas estão sujeitas ao ataque de diferentes espécies de herbívoros que por sua vez também as atacam de diferentes formas portanto, as estratégias de defesa da planta são desenvolvidas de acordo com a necessidade que esta possui de se defender, pois o desenvolvimento de uma estratégia defensiva demanda um certo gasto energético, assim sendo essas estratégias de defesa ao longo do tempo passam a fazer parte da história evolutiva da espécie e tendem a ser repassadas na constituição genética daquela população para as futuras gerações de indivíduos daquele fenótipo (ÂNGELO & DALMOLIN, 2007).

Quanto aos diferentes tipos de estratégias defensivas das plantas contra o ataque de herbívoros, boa parte dos autores as classificam com as seguintes denominações: defesas constitutivas e defesas induzidas. As defesas constitutivas são aquelas já repassadas na própria carga genética da espécie, ou seja, que tenham sido desenvolvidas a mais tempo e já fazem parte da história

de vida da planta. As defesas induzidas são aquelas desenvolvidas apenas de acordo com a necessidade momentânea de se defender (ÂNGELO & DALMOLIN, 2007; AGUIAR-MENEZES & MENEZES, 2005). Ambos os tipos de defesa podem ocorrer por processos físicos, químicos e biológicos (TOWNSEND et al., 2010; ÂNGELO & DALMOLIN, 2007).

Ângelo & DalMolin (2007) falam de defesas mecânicas que segundo estes autores seriam estruturas desenvolvidas para impedir o acesso de herbívoros as partes vegetais, como obstáculos a inserção do aparelho bucal e oviporação ou mesmo a simples permanência do herbívoro. Embora estes autores tenham a concepção de “defesas mecânicas” como uma classificação nominal singular dentro do espectro de mecanismos de defesa utilizados pelas plantas, os argumentos e exemplos apresentados por eles mais aparentam falar de defesas bioquímicas e morfológicas.

Uma das grandes dificuldades dos insetos na herbivoria é o suprimento nutricional (ÂNGELO & DALMOLIN, 2007; TOWNSEND et al., 2010), pois, a maior parte da planta não possui a quantidade de nutrientes necessária ao suprimento do herbívoro, que é geralmente especializado para acessar

apenas uma ou outra parte da planta, já que seria difícil desenvolver estratégias de defesa para o acesso a todas as partes da espécie, uma vez que a planta também estará o tempo todo desenvolvendo estratégias de defesa contra o ataque por herbivoria. Desse modo, os herbívoros por sua vez precisam ser extremamente seletivos sobre qual parte da planta acessar afim de obter o suprimento nutricional necessário a sua manutenção vital, destacando que, as diferentes espécies herbívoras necessitam de nutrientes em quantidades distintas.

Conforme já mencionado a maior parte da batalha travada entre plantas e herbívoros envolve as estratégias bioquímicas de defesa, ataque e contra-ataque de ambos, inclusive a maioria dos trabalhos dão muita ênfase a essas estratégias de defesas onde a planta utiliza-se de substâncias ou processos químicos na defesa contra herbivoria, certamente pela importância que tais substâncias produzidas podem ter para o interesse humano, como por exemplo, o farmacológico. Essas substâncias são chamadas de metabólitos secundários, por não exercerem aparentemente uma função nas rotas bioquímicas “primordiais” das plantas (TOWNSEND et al., 2010).

A maioria dos produtos do metabolismo secundário presentes nas plantas são tóxicos, não apenas para os herbívoros em potencial, mas para as próprias plantas, essas substâncias químicas vegetais nocivas tem sido classificadas em dois tipos gerais, os compostos químicos quantitativos, cuja eficácia na ação contra herbivoria depende de altas concentrações, esses tipos de metabólitos geralmente são associados a defesa constitutiva, pois são produzidos pelas plantas independente do ataque pelos herbívoros. No segundo caso têm-se os compostos químicos qualitativos, um tipo de defesa induzida os quais são venenosos mesmo em

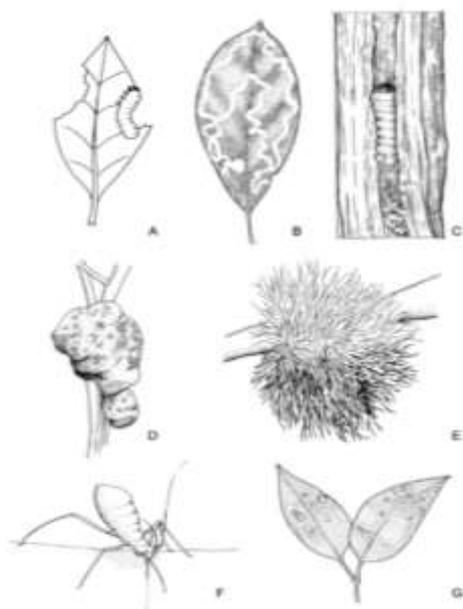
pequenas quantidades produzidos apenas em resposta imediata da planta ao ataque de herbívoros (ÂNGELO & DALMOLIN, 2007; TOWNSEND et al., 2010).

Os inimigos naturais são necessários para a manutenção do equilíbrio das populações no ecossistema pois, na ausência de inimigos naturais, indivíduos com menores investimentos em defesa são favorecidos em relação aos indivíduos melhor defendidos, pelo fato de esses últimos terem investido seus recursos em defesas o que significa que, em ambientes tomados por plantas invasoras, é provável encontrar espécies com menores concentrações de compostos de defesa. Por isso, uma das estratégias de defesa das plantas contra a herbivoria é a atração do inimigo natural do herbívoro (SILVA et al., 2012). De acordo com Ângelo & Dal Molin (2007) os inimigos naturais dos organismos herbívoros desempenham um papel importante na dimensão da própria herbivoria, através da eventual redução da população desses organismos, destacando a importância do chamado terceiro nível trófico, relacionando predadores, parasitoides e patógenos, e sua influência nas interações entre as plantas e os herbívoros que as consomem. Para fins didáticos, é comum a classificação dos herbívoros de acordo com o órgão que consomem e o tipo de dano que produzem, ou seja, mais ou menos em guildas ecológicas (Figura 5).

Os inimigos naturais fazem parte da continuidade ecológica no processo evolutivo de interações na qual cada espécie de planta está envolvida, pois sem eles haveria uma tendência de estagnação no nível de interação entre a planta e o herbívoro. Todavia, as práticas agrícolas extremamente agressivas aos processos naturais dos ecossistemas que têm se consolidado cada vez mais em virtude de necessidades humanas de se ampliar exorbitantemente a produção de alimentos trazem a tendência de anular

esses processos da natureza, tornando os sistemas naturais mais fragilizados, através da utilização muitas vezes

desnecessária e ineficiente de agroquímicos, agrotóxicos, fertilizantes minerais e pesticidas agrícolas.



Fonte: ÂNGELO & DALMOLIN (2007).

Figura 5. Exemplos de formas de ataque de herbívoros a plantas. A: desfolhador; B: minador; C: broqueador; D: galha induzida por microrganismos; E: galha induzida por inseto; F: sugador; G: patógeno

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da enorme quantidade de informações que tem sido gerada pela ciência atualmente, torna-se um instigante desafio a busca por se compreender qual a inter-relação entre os diferentes organismos e processos na natureza. Têm-se por um lado um conjunto de dados imensurável sobre as espécies de plantas conhecidas, taxonomizadas e descritas, por outro uma quantidade enorme de animais dos quais muitas vezes só se sabe o nome científico a eles atribuído, como no caso de grande parte do grupo de insetos por exemplo, e em outra vertente uma quantidade enorme de microrganismos associados a essas plantas e animais que quase nada conhecemos sobre a profundidade da ecologia evolutiva dessas interações. Nesse contexto, um trabalho de trata de contextualizar e sobretudo valorizar a importância e necessidade do conhecimento dessas

relações tritróficas mostra-se de relevante contribuição na tarefa de incentivar pesquisas que investiguem ao máximo as interações ecológicas e evolutivas entre plantas, herbívoros e inimigos naturais.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Mário Marcos do Espírito Santo pelo incentivo na produção desse trabalho. A todos os colegas do mestrado em Biologia da Conservação na Universidade Estadual de Montes Claros. Ao apoio financeiro da CAPES. A Mariana Dupin pelas críticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. **Os domínios de Natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

- AGUIAR-MENEZES, E.L.; MENEZES, E.B. **Bases Ecológicas das Interações entre Insetos e Plantas no Manejo Ecológico de Pragas Agrícolas.** In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. (Ed.). *Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica Sustentável.* Brasília, DF; Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 323-339.
- ÂNGELO, A. C.; DALMOLIN, A. **Interações herbívoro planta e suas implicações para o controle biológico – que tipos de inimigos naturais procurar?** In: Pedrosa-Macedo, J. H.; DalMolin, A.; Smith, C. W. (org.). *O Araçazeiro: Ecologia e Controle Biológico.* FUPEF, Curitiba, 2007. p. 71-91.
- BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecology – individuals, populations and communities.** 2^a Ed. Blackwell Scientific Publications, 1996.
- DARWIN, C. **A origem das espécies.** Traduzido por Eduardo Fonseca. Editora Hemus, 1979. 471p.
- FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M.V. Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem. **Revista Oecologia Brasiliensis**, v.11, n.4, p. 493-502, 2007.
- LIMA, J. S.; PINTO, O. R. O. HONORATO, T. B.; MELO, J. G. M.; PINTO, C. M. Interações tritróficas nos agroecossistemas. **Revista Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n.16, 2013.
- LOVATTO, P. B.; SCHIEDECK, G.; GARCIA, F. R. M. A interação co-evolutiva entre insetos e plantas como estratégia ao manejo agroecológico em agroecossistemas sustentáveis. **Revista Interciência**, v. 37, n.9, p. 657-663, 2012.
- RICKLEFS, R. E. Traduzido por BUENO, C. (et al). **A economia da natureza.** Ed. Guanabara Koogan S.A. Rio de Janeiro, 2003. Pg.305.
- RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil:** aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. 2. ^a Ed. Âmbito Cultural Edições Ltda, 1997.
- SILVA, A. G.; SOUZA, B. H. S.; RODRIGUES, N. E. L.; BOTTEGA, D. B.; BOIÇA-JUNIOR, A. L. Interação tritrófica: aspectos gerais e suas implicações no manejo integrados de pragas. **Revista Nucleus**, v.9, n.1, p. 35-48, 2012.
- TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia.** Tradução por MOREIRA, G. R. P. (et al). 2^a ed. Porto Alegre, Artmed, 2006.
- TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia.** Tradução por Leandro da Silva Duarte, 3^a ed. Porto Alegre, Artmed, 2010.576p.
- VENZON, M.; PALLINI, A.; JANSSEN, A. Interactions mediated by predators in Arthropod food webs. **Neotropical Entomology**, v.1, n. 30,p. 1-9, 2001.