

Carrapato dos Bovinos: métodos de controle e mecanismos de resistência a acaricidas



ISSN 1517-5111
ISSN online 2176-5081
Janeiro, 2010

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 278

Carrapato dos Bovinos: métodos de controle e mecanismos de resistência a acaricidas

*Cícero Donizete Pereira
Guilherme Rocha Lino de Souza
Milla Alves Baffi*

Embrapa Cerrados
Planaltina, DF
2010

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina, DF

Fone: (61) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Fernando Antônio Macena da Silva*

Secretária-Executiva: *Marina de Fátima Vilela*

Secretária: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Jussara Flores de Oliveira Arbués*

Equipe de revisão: *Francisca Elijani do Nascimento*

Jussara Flores de Oliveira Arbués

Assistente de revisão: *Elizelva de Carvalho Menezes*

Normalização bibliográfica: *Paloma Guimarães Correa de Oliveira*

Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Capa: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Foto(s) da capa: *Roberto Guimarães Júnior*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Sousa*

Alexandre Moreira Veloso

1ª edição

1ª impressão (2010): tiragem 100 exemplares

Edição online (2010)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

P436 Pereira, Cícero Donizete.

Carrapato dos bovinos: métodos de controle e mecanismos de resistência a acaricidas / Cícero Donizete Pereira, Guilherme Rocha Lino de Souza, Milla Alves Baffi. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2010.

30 p. – (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081 ; 278).

1. Carrapato. 2. Bovino. 3. Sanidade animal. I. Souza, Guilherme Rocha Lino de. II. Baffi, Milla Alves. III. Título. IV. Série.

636.089 696 - CDD 21

© Embrapa 2010

Autores

Cícero Donizete Pereira

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Cerrados

cicero.pereira@cpac.embrapa.br

Guilherme Rocha Lino de Souza

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.

Professor da Universidade Federal de Goiás

grlino@hotmail.com

Milla Alves Baffi

Bióloga, D.Sc.

Professora-Adjunta I

Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG)

Universidade Federal de Uberaba (UFU)

millabaffi@iciag.ufu.br

Apresentação

O carrapato dos bovinos (*Rhipicephalus microplus*), anteriormente conhecido como *Boophilus microplus*, é um dos ectoparasitos mais importantes para a agropecuária brasileira e demais regiões tropicais e subtropicais, sendo responsável por perdas econômicas significativas. Estima-se que, entre os prejuízos causados por esse parasita à bovinocultura, 65% seja de ordem direta e 35% indireta, gerando perdas na produção de leite, natalidade e ganho de peso, assim como, aumento da mortalidade e consumo de carrapaticidas, além dos prejuízos causados à indústria do couro.

Por décadas, uma verdadeira guerra foi e ainda está sendo travada para o efetivo controle do carrapato dos bovinos no planeta. A principal estratégia é a utilização do controle químico por meio dos acaricidas. Nesse cenário, temos, de um lado, moléculas químicas e metodologias de controle integrado; de outro, o inimigo cada vez mais fortalecido pela seleção de indivíduos geneticamente resistentes aos carrapaticidas. Como consequência, ainda dessa batalha química, temos a poluição do meio ambiente, a presença de resíduos químicos nos alimentos e a possibilidade de contaminação pessoal pela má condição ou falta de informação adequada durante a aplicação dos produtos. Os custos para desenvolvimento de novas drogas, o curto período de vida útil dos carrapaticidas, a crescente exigência do mercado consumidor por alimentos sem resíduos químicos e a preocupação com o meio ambiente têm despertado o interesse no desenvolvimento de novos métodos de controle.

José Robson Bezerra Sereno
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Introdução.....	9
Ciclo de Vida	10
Controle.....	11
Mecanismos de Resistência do Carrapato dos Bovinos a Acaricidas ..	18
Considerações Finais	21
Referências	22
Abstract.....	30

Carrapato dos Bovinos: métodos de controle e mecanismos de resistência a acaricidas

Cícero Donizete Pereira

Guilherme Rocha Lino de Souza

Milla Alves Baffi

Introdução

O carrapato dos bovinos, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, é um importante ectoparasito para a bovinocultura brasileira e demais regiões tropicais e subtropicais. Originário da Ásia, está presente entre os paralelos 32° N e 32° S, área de grandes rebanhos bovinos comerciais nas américas, África, Ásia e Austrália (GONZALES, 1975). De acordo com Cordoves (1997), o Brasil é um país com características climáticas que favorecem a sobrevivência e o desenvolvimento do *R. microplus* na maioria dos meses do ano. Ademais, esse carrapato está presente em todos os estados brasileiros, apesar da grande variação climática. No Sudeste e Centro-Oeste, desenvolvem-se quatro gerações anuais do parasito, e, na Região Sul, ocorrem de duas a três gerações. Além disso, os diferentes métodos de criação encontrados no Brasil e as diferentes raças contribuem para impedir a utilização de um método de controle padrão.

Esse carrapato provoca prejuízos diretos e indiretos aos bovinos, tais como diminuição na produção de leite e carne, danos ao couro e transmissão dos protozoários *Babesia bovis*, *B. bigemina* e da rickettsia *Anaplasma marginale*, ocasionando o quadro clínico conhecido como tristeza parasitária bovina. É também observado um agravamento dos prejuízos por causa da introdução de raças bovinas europeias e do aumento da resistência aos carrapaticidas comerciais, resultando na seleção de populações resistentes (JONGEJAN; UILENBERG, 1994; CASTRO, 1997).

Rosário-Cruz et al. (2009) ressaltam os altos custos do uso de drogas e acaricidas para a manutenção da sanidade dos rebanhos bovinos em consequência da alta infestação de *R. Microplus*, o que afeta economicamente a bovinocultura, resultando um expressivo custo anual na pecuária sul-americana. Além de características climáticas, as forrageiras comumente encontradas nos trópicos apresentam características como alto potencial de produção, folhas largas e uma rápida propagação, favorecendo o desenvolvimento da fase de vida livre desse carrapato. A importância econômica desse parasito é tão grande que chega a comprometer o desenvolvimento da pecuária nessas regiões (HORN, 1987; CORDOVES, 1997, FRAGA et al., 2003).

Ciclo de Vida

O ciclo biológico do *R. microplus*, diferentemente de outros carrapatos, é completado pela passagem em apenas um hospedeiro, como demonstrado, de forma simplificada, na Figura 1.

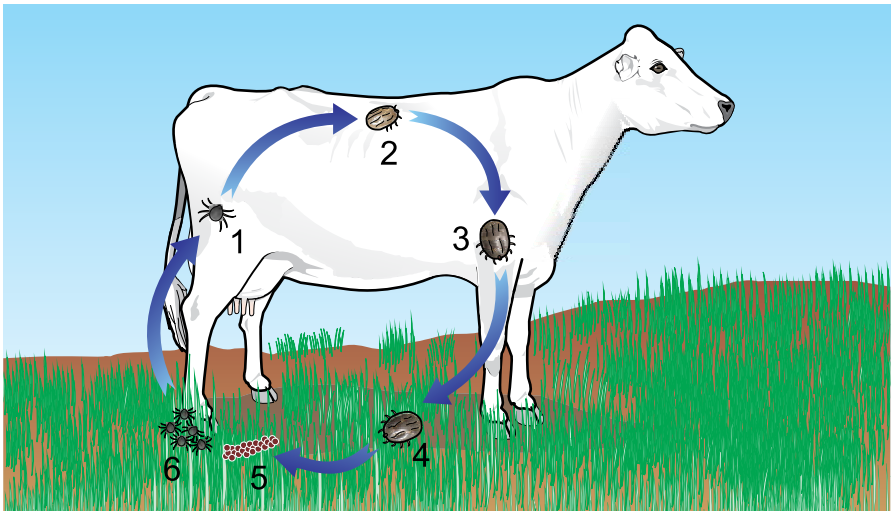


Figura 1. Ciclo de vida do carrapato bovino. (1) larva infectando o animal; (2) fêmea iniciando o repasto sanguíneo; (3) fêmea (teleógina) totalmente ingurgitada; (4) teleógina no solo, após desprendimento do animal; (5) ovos de carrapato; (6) larvas de carrapato prontas para infectar o hospedeiro.

Após desprender-se do bovino, a fêmea ingurgitada procura um local protegido da luz solar direta para realizar a postura, que pode durar de uma semana a vários meses, dependendo das condições ambientais como temperatura e umidade. Uma vez completada a postura, a fêmea morre. Após a eclosão dos ovos, a larva, que é extremamente ativa, migra por geotropismo negativo para as extremidades das folhas da pastagem, procurando o hospedeiro. Ao entrar em contato com o bovino, a larva dirige-se para regiões corporais mais propícias ao seu desenvolvimento como a parte posterior das coxas, regiões perineal, perianal e perivulvar e a face interna das orelhas. Após fixação, a larva alimenta-se inicialmente de linfa e sofre ecdise para ninfa em cerca de sete dias. O período de ninfa prolonga-se por outros sete dias e, após nova ecdise, ocorre a diferenciação sexual. No estágio adulto, a fêmea inicia o repasto sanguíneo, realiza a cópula e aumenta o volume sanguíneo ingurgitado até que, totalmente ingurgitada, cai no solo. O ciclo de vida parasitário tem duração média de 21 dias. O macho permanece no bovino, sobrevivendo por um período de tempo até duas vezes maior do que o das fêmeas (CORDOVES, 1997).

Controle

O controle desse carrapato é bastante complexo em virtude da interação de vários fatores, como a raça do bovino, a época do ano, as condições ambientais, o manejo, entre outros. A questão da raça, por exemplo, é muito importante. É sabido que a resistência ao parasito aumenta com a maior porcentagem de genes do *Bos indicus* no rebanho e o oposto é observado com a introdução de raças bovinas europeias (ANDRADE, 1996; PEREIRA, 2003).

Diferentes mecanismos de defesa, incluindo a autolimpeza, características da pele, coloração da pelagem, características do pelo e respostas imunológicas mais específicas, estão envolvidos na redução do número de carrapatos que parasitam o bovino. Também a influência de fatores, tais como idade, sexo, estação do ano, tipo de pastagens, entre outros, devem ser levados em consideração (ANDRADE, 1996).

Pesquisas demonstram que, na implementação de mecanismo estratégico de controle ao carrapato, deve-se levar em consideração as condições climáticas, as características genéticas e o tipo de manejo de cada região (CORDOVES, 1997; FRAGA et al., 2003).

Controle químico

O controle desse parasita tem sido feito, principalmente, com o uso de carrapaticidas (De LA FUENTE et al, 2000; FRAGA et al, 2005; VARGAS, 2003), e a introdução dessas drogas, com variados princípios ativos (organofosforados, formamidinas, piretroides e avermectinas), é considerada um dos fatores preponderantes no desenvolvimento da pecuária em várias regiões (CASTRO; NEWSON, 1993). No entanto, o uso desses produtos químicos tem aumentado cada vez mais, e muitas vezes ocorre de forma indiscriminada e sem conhecimento técnico (utilização de subdosagens, modo de aplicação incorreto, uso de produtos inadequados, etc), promovendo uma seleção de carrapatos resistentes aos diferentes princípios ativos utilizados nos pesticidas. Isso traz um sério problema à pecuária brasileira, entre eles, o fato de, em alguns lugares, não existir mais produtos capazes de controlar eficientemente populações de carrapatos (PEREIRA, 2003; SAUERESSIG, 1999). A falta de embasamento técnico na adoção do controle, associada ao baixo nível de escolaridade dos produtores rurais de algumas regiões, reduzem a eficiência e a vida útil dos produtos mais amplamente utilizados no controle químico desse parasito (ROCHA et al., 2006; SANTOS et al., 2009).

Por décadas, uma verdadeira guerra foi e ainda está sendo travada para o efetivo controle do carrapato dos bovinos no planeta. Nesse cenário, temos, de um lado, moléculas químicas e metodologias de controle integrado; de outro, o inimigo cada vez mais fortalecido pela seleção de indivíduos geneticamente resistentes aos carrapaticidas (GRAF et al., 2004). Como consequência, ainda dessa batalha química, temos a poluição do meio ambiente, a presença de resíduos químicos nos alimentos e a possibilidade de contaminação pessoal pela má condição ou falta de informação adequada durante a aplicação dos produtos.

Para uma maior eficácia do controle químico de *R. Microplus*, além da adoção de algumas medidas complementares, como rotação de pastagens e descarte ou banho mais frequentes dos animais mais sensíveis, são imprescindíveis a escolha e o uso correto, tanto nas concentrações e na dose do pesticida por animal, quanto na frequência de aplicação, assim como a mudança de produto quando necessária. Para cada produto, devem-se respeitar as recomendações do fabricante, como a concentração, a dose por animal e a carência para o abate e ordenha.

Em caso da constatação de carrapatos resistentes à carrapaticidas no rebanho, mediante observação do retorno imediato das infestações por carrapatos ou por a não alteração aparente no número de parasitas nos bovinos após a aplicação do produto, um técnico especializado deve ser consultado para a recomendação adequada de um novo produto.

Formas alternativas de controle

Os custos crescentes e a necessidade cada vez mais frequente do desenvolvimento de novas drogas estão comprometendo a atividade agropecuária, pois os preços desses produtos prejudicam a rentabilidade do criador (CASTRO; NEWSON, 1993; KAY; KEMP, 1994, FRISCH, 1999, DA SILVA VAZ JUNIOR, 2000). Outro fator importante que impõe a procura de novos métodos de controle como o imunológico e o biológico é a crescente exigência do mercado consumidor por alimentos com níveis cada vez menores de resíduos químicos e que não contaminem o ambiente (RODRIGUEZ et al., 1995).

Nesse contexto, o desenvolvimento de formas alternativas para o controle desse carrapato vem sendo muito estudado nos últimos anos. Assim, merecem destaques as pesquisas direcionadas ao uso do controle imunológico por meio de vacinas (RIDING et al., 1994; WILLADSEN, 2001; CANALES et al., 2009), e, em menor escala, ao controle biológico, pelo uso de organismos entomopatogênicos (MONTEIRO et al., 1998; BASSO et al., 2005) e fitoterápicos (OLAVO et al., 2008; LEEMON, 2008; BAHIENSE, 2006). Tanto no caso do controle químico, como nos métodos alternativos, o conhecimento da

dinâmica das populações de carrapato que ocorrem em cada região é fundamental para o sucesso dos programas de controle (MOUNT et al., 1991).

No Brasil, o controle dos carrapatos com remédios energizados (produtos homeopáticos) e extratos vegetais não faz parte das alternativas tradicionais, mas pesquisas recentes demonstram que alguns remédios homeopáticos controlam a infestação por carrapatos em bovinos, cavalos e cães (ARENALES; COELHO, 2002). Neves et al. (2009) demonstraram a eficiência de nosódio (extrato de carrapatos em álcool 70%) no controle do carrapato dos bovinos, mas alertam para a adoção de práticas que proporcionem maior sucesso no uso da homeopatia, incluindo a capacitação dos agricultores envolvidos com a atividade, discussão das informações sobre o ciclo de vida e dinâmica populacional do carrapato, além do manejo do rebanho.

Em relação ao uso de microorganismos visando ao controle de carrapatos, ainda são necessários avanços. Entretanto, o sucesso no uso de vírus (*Baculovirus*), bactérias (*Bacillus thuringiensis*) e fungos (*Metarhizium anisopliae*) no controle de pragas da agricultura e desse carrapato indica que o controle biológico desses ácaros parasitas de animais pode ser viável (ALVES, 1986; BASSO et al., 2005; LEEMON, 2008; BAHIANSE, 2006).

Outra abordagem possível é a identificação de genes e seus produtos relacionados à resistência do hospedeiro ao carrapato e a seleção fenotípica de indivíduos resistentes para programas de melhoramento genético bovino (GASPARIN, 2007).

Controle imunológico do carrapato dos bovinos

Entre os métodos não químicos utilizados, talvez o mais promissor seja o controle imunológico. A melhor relação custo/benefício, segurança tanto para o aplicador quanto para o consumidor, nenhuma contaminação ambiental e ausência de período de carência após a aplicação são fatores importantes na escolha desse método, principalmente na pecuária de leite (VAZ JUNIOR, 2000). Naturalmente,

estudos iniciais com antígenos vacinais foram feitos com proteínas presentes nas glândulas salivares do carrapato. Essa abordagem inicial pretendia identificar alvos que fossem rapidamente reconhecidos pelo sistema imune do hospedeiro e conseqüentemente interferisse na capacidade de alimentação e nutrição do parasita. Rapidamente foi observado que os antígenos que são oferecidos ao hospedeiro durante o parasitismo apresentam baixa eficiência, pois mecanismos de escape da resposta imune, aprimorados durante sua coevolução com o hospedeiro, são largamente utilizados pelo carrapato (BARRIGA, 1999, WILLADSEN et al., 1998). Um novo conceito (antígeno oculto) surgiu para definir uma ou mais proteínas imunogênicas do parasita, que, durante a infestação, não são apresentadas ao sistema imune do hospedeiro e, portanto, não induzem resposta imune natural. Contudo, se administradas artificialmente, essas proteínas produziriam anticorpos e outros elementos efetores que poderiam provocar, quando ingeridos, danos ao parasita, teoricamente mais eficazes que uma resposta imune natural (WILLADSEN et al., 1998). Vários outros antígenos foram testados na tentativa de desenvolver uma vacina eficaz. Nesse caso, o caráter poliantigênico de uma vacina passa a ser interessante, aumentando sua eficácia no controle do parasita pelo reconhecimento e afinidade a vários alvos. Dessa forma, o avanço na área da genômica possibilita um maior entendimento dos mecanismos moleculares da resistência e permite o desenvolvimento de novas ferramentas para a imunoterapia baseada na identificação de novas moléculas-alvo candidatas a vacinas para o controle do carrapato bovino (ROSARIO-CRUZ et al., 2009).

Um desses antígenos responsáveis por lesões intestinais do carrapato dos bovinos foi purificado e caracterizado, recebendo a denominação de Bm86. Trata-se de uma glicoproteína de 89 kDa e ponto isoelétrico de 5.1 a 5.6 (WILLADSEN et al., 1989). A sequência de nucleotídeos do cDNA continha 1.982 pares de base que precediam os 650 aminoácidos da Bm86, dos quais 10% eram cisteínas (RAND et al., 1989). Essa sequência tinha grande afinidade com o precursor do fator de crescimento epidérmico e a Bm86 poderia ter alguma função

semelhante a esse fator, mas ocorreria nas células intestinais do parasito. A proteína Bm86 foi clonada e expressa em *Escherichia coli*. Esse antígeno está localizado nas microvilosidades da membrana das células epiteliais do intestino e pode ter alguma função diretamente relacionada à endocitose (GOUGH et al., 1993). Peptídeos sintéticos (SBm4912, SBm7462 e SBm19733) derivados da Bm86 foram construídos e utilizados para a imunização de animais apresentando eficácia variada (PATARROYO et al., 2002).

Antígeno BMA7, similar a mucinas de vertebrados; Bm91 em glândulas salivares; Bm95; BYC (*Boophilus Yolk pro-Cathepsin*), isolado de ovos; proteína inibidora de serino-proteases (BMTI) e antígeno B também já foram isolados e testados como antígenos vacinais (RIDING et al., 1994; WILLADSEN, 2001). Uma vitelina, proteína presente em maior quantidade nos ovos do *R. microplus*, foi isolada e purificada, assim como a proteína GP80, que foi purificada de larvas (TELLAM et al., 2002). Anticorpos produzidos contra essas duas proteínas reconhecem um polipeptídeo de 200 kDa presente na hemolinfa de fêmeas adultas de carrapato. Em ovinos vacinados com essas proteínas, foi observada redução no número e no peso das fêmeas de carrapatos e também redução na capacidade reprodutiva destas (TELLAM et al., 2002). Mais recentemente, a observação da secreção de calreticulina durante a alimentação do carrapato evidenciou sua relação com o processo de interação parasita-hospedeiro. A Calreticulina recombinante utilizada no estudo foi expressa em *E. coli*, purificada e testada em bovinos e camundongos (PARIZI et al., 2009).

Considerando todos os antígenos testados, a Bm86 e suas variantes, sem dúvida, têm demonstrado, até o momento, ser a mais utilizada nos testes como antígeno vacinal. Genes ortólogos à Bm86 têm sido testados e seus produtos demonstraram uma relativa eficiência no controle de *R. microplus* em bovinos (NCANALES et al., 2009). No entanto, a eficácia desses antígenos ainda não justifica sua utilização como único método de controle, devendo-se utilizá-los associados aos métodos químicos convencionais.

Novas metodologias têm sido aplicadas para identificação e seleção de proteínas ou peptídeos para o controle imunológico do carrapato bovino. Destaca-se aqui a tecnologia do phage display, uma técnica de seleção na qual um peptídeo ou proteína é expresso fusionado a uma proteína do capsídeo de um bacteriófago e permite a seleção de uma grande variedade de peptídeos ligantes a moléculas-alvo (PRUDENCIO et al., 2009). A biblioteca de peptídeos ou proteínas com as sequências randomizadas é expressa no exterior da partícula viral, enquanto o material genético codificante para cada sequência encontra-se no genoma viral. Com isso, é possível a correlação entre cada sequência da proteína variante e sua respectiva sequência de DNA, facilitando sua caracterização baseada na afinidade de ligação a outras moléculas como anticorpos. O peptídeo ou proteína expresso na superfície do fago possibilita a seleção de sequências baseada na afinidade de ligação a uma molécula-alvo por um processo de seleção *in vitro*, em que a biblioteca de peptídeos é incubada com o alvo imobilizado em um suporte sólido ou em solução. Lavagens sucessivas eliminam os fagos não ligantes, e os fagos com alta afinidade permanecem ligados e são eluídos com soluções tampões adequadas. O *pool* de fagos reativos é amplificado em *E. coli* para serem utilizados nos ciclos posteriores de seleção para enriquecimento e maturação da afinidade durante todo o processo que compreende ciclos de ligação, eluição e amplificação. Após vários ciclos, os clones individuais são caracterizados por sequenciamento de DNA ou imunoenaios (PARMLEY; SMITH, 1988).

A técnica permite a caracterização por bioinformática de uma grande quantidade de mimetopos, isto é, peptídeos que mimetizam partes da proteína natural que realmente participam do processo de reconhecimento antígeno-anticorpo. O termo mimetopos refere-se a pequenos peptídeos que se ligam especificamente a um sítio de ligação do receptor e que mimetizam o epítipo natural sem necessariamente apresentar similaridade com a sequência de aminoácidos do alvo natural, mas apresentam importantes aplicações na caracterização de antígenos vacinais. Os mimetopos podem ser sintetizados quimicamente, expressos como proteínas recombinantes únicas ou

fusionados a outros peptídeos (CANALES et al., 2009), possibilitando a utilização de vários epítopos em uma mesma construção genética apenas com a região imunogênica do antígeno, sendo desnecessária a utilização da proteína completa. Essa versatilidade de utilização dos peptídeos selecionados é de grande importância para a indústria, pois permite uma fácil adaptação de sua planta industrial para produção em larga escala de peptídeos candidatos vacinais, além de apresentar algumas características desejáveis como ausência de contaminantes, caracterização química conhecida, alto grau de pureza, fácil armazenagem, alta estabilidade e baixo custo na produção em escala industrial (PATARROYO et al., 2002).

Mecanismos de Resistência do Carrapato dos Bovinos a Acaricidas

A resistência de *R. microplus*, assim como de muitos artrópodes, resulta de vários mecanismos bioquímicos e fisiológicos como: redução na absorção do carrapaticida, aumento da metabolização pelas esterases, oxidases ou glutathion-transferases e, ainda, modificação do alvo do pesticida (BAYUGAR et al., 2002; HE et al., 2002). Mutações em ponto na subunidade do receptor GABA, no sítio ativo da acetilcolinesterase (Ache), mutações geneticamente ligadas a canais de sódio e amplificação de genes para esterases podem ocorrer simultaneamente numa população possibilitando uma resistência controlada por vários mecanismos (HEMINGWAY, 2000; VULULE et al., 1999; HE et al., 1999).

A origem genética da resistência a acaricidas tem sido muito estudada em artrópodes, e algumas pesquisas demonstraram que esse fenômeno pode originar-se a partir de amplificação gênica e mutações de ponto (FOURNIER et al., 1992; VULULE et al., 1999; HE et al., 1999). Mutero et al. (1994) identificaram mutações de ponto no gene que codifica para a acetilcolinesterase (AchE) em linhagens mutantes de *D. melanogaster* resistentes a organofosforados e carbamatos, e demonstraram que altos índices de resistência são obtidos pela combinação de várias mutações no sítio ativo dessa enzima. Esses autores discutiram ainda que a recombinação entre mutações isoladas

pré-existentes também contribuiu para a combinação de várias mutações em uma mesma proteína, favorecendo o desenvolvimento de resistência a inseticidas.

Mutações de ponto podem ocorrer também nos genes que codificam, por exemplo, a subunidade do receptor GABA, que controla os canais de cloro (para inseticidas ciclodienos), mutações ligadas geneticamente a canais de sódio (piretroides e DDT) e, ainda, mutações nos genes que codificam para oxidades e glutathion S-transferases (várias classes de inseticidas) (BERRADA; FOURNIER, 1997; HEMINGWAY, 2000). Em uma população, geralmente ocorre a combinação de vários mecanismos resultando na expressão global da resistência (ROSARIO-CRUZ et al., 2009).

Em *R. microplus*, uma mutação de ponto no gene para carboxilesterase B foi identificada em linhagens resistentes a piretroides (HERNANDEZ et al., 2000). Posteriormente, Hernandez et al. (2002) indicaram que um transcrito de carboxilesterase foi mais abundante em cepas de carrapatos bovinos resistentes a piretroides. Alguns estudos demonstraram, ainda, a relação do aumento da atividade da acetilcolinesterase com resistência a organofosforados (BAXTER; BARKER, 1999; BAFFI et al., 2005).

Outro mecanismo pelo qual os artrópodes, em geral, adquirem resistência a pesticidas é a superprodução de enzimas esterásicas em virtude da amplificação gênica. Esse fenômeno pode ser evidenciado em várias espécies de insetos, como o afídeo *Myzus persicae* (FIELD et al., 1999) e em mosquitos do gênero *Culex* (HAWKES; HEMINGWAY, 2002).

Esterases pertencem a um grupo de enzimas que hidrolisam preferencialmente ésteres de ácidos carboxílicos, podendo atuar também sobre outros substratos que contenham ligações amidas (OAKESHOTT et al., 1993). Essas enzimas também podem estar relacionadas com outras atividades fisiológicas, como a regulação dos níveis de hormônio juvenil (HIDAYAT; GOODMAN, 1994), processos digestivos (ARGENTINE; JAMES, 1995) e no comportamento reprodutivo (LABATE et al., 1990).

As esterases são classificadas com base na sensibilidade a diferentes inibidores, divididas em quatro classes: arilesterases, carboxilesterases, colinesterases e acetilesterases. As carboxilesterases e as colinesterases são as mais caracterizadas dentro do grupo e têm sido muito estudadas na avaliação da resistência a pesticidas em muitos insetos e aracnídeos (CAMPBELL et al., 1998; STUMPF et al., 2001; VILLATE; BACHMANN, 2002). Em *Haematobia irritans*, Guerrero et al. (1999) identificaram uma acetilcolinesterase insensível a organofosforados em moscas resistentes ao diazinon. Nos mosquitos *Culex* e *Anopheles gambiae*, foram detectadas acetilcolinesterases e carboxilesterases envolvidas tanto na metabolização como no sequestro de moléculas inseticidas (HEMINGWAY; KARUNARATNE, 1998; HEMINGWAY; FIELD, 2002). Tsagkarakou et al. (2002) caracterizaram uma acetilcolinesterase menos sensível ao paraxon em *Tetranychus urticae*.

A relação entre resistência e metabolização por esterases em *R. microplus* tem sido investigada por vários autores. Wright e Ahrens (1988) e Baxter e Barker (1998) demonstraram a relação do aumento da atividade da acetilcolinesterase com a resistência a organofosforados em linhagens mexicanas e australianas de *R. microplus*. Jamroz et al. (2000) verificaram um aumento na atividade de carboxilesterases em linhagens mexicanas resistentes a piretroides. Mutações de ponto nos genes para carboxilesterase B e acetilcolinesterase foram identificadas nessas linhagens (HERNANDEZ et al., 1999, HERNANDEZ et al., 2000) e, posteriormente, Hernandez et al. (2002) identificaram um transcrito de carboxilesterase, contendo uma mutação de ponto, mais abundante em uma linhagem resistente de *B. microplus*. Baxter e Barker (2002) isolaram e sequenciaram dois genes da acetilcolinesterase em linhagens australianas sensíveis e resistentes a organofosforados.

Análises do canal de sódio em diversas espécies indicam que sua subunidade primária é uma única proteína transmembrana de aproximadamente 260 kDa, subunidade α , constituída por quatro domínios homólogos e associada com duas subunidades β auxiliares:

$\beta 1$ e $\beta 2$ (GOLDIN, 1994, apud JAMROZ et al., 1998; PLUMMER; MEISLER, 1999).

A subunidade α é constituída por quatro domínios: SI, SII, SIII e SIV. Esses domínios são conectados por dois grandes interdomínios citoplasmáticos em forma de loops (ID I/II, ID II/III) e por um menor, altamente conservado, ID III/IV. Esses domínios contribuem para as três funções essenciais do canal de sódio: abertura, seleção de íons e inativação rápida (MARBAN et al., 1998).

Piretroides exercem um efeito neurotóxico no canal de sódio promovendo de forma gradual sua inativação. Mutações no gene de canal de sódio têm sido descritas conferindo sítios de insensibilidade ao efeito neurotóxico dos piretroides (JAMROZ et al., 2000; JAMROZ et al., 1998; HE et al., 1999; PEREIRA et al., 2004). Mutações na região II S6 do canal de sódio de cepas kdr (knockdown resistance) e mutações localizadas próximas ao início do sítio ligante entre os domínios III e IV têm sido associadas com resistência a piretroides (HE et al., 1999; SODERLUND; LEE, 2001). Roosignol (1988) verificou que moscas domésticas kdr apresentavam-se 4 a 21 vezes mais resistentes que moscas selvagens.

He et al. (1999), trabalhando com cepas de *R. microplus*, identificaram, em cepas altamente resistentes a DDT e piretroides, uma mutação de ponto na região IIIS6, havendo uma mudança de uma timina por adenina, a qual resultou numa mudança de aminoácido de Fenilalanina para Isoleucina. No entanto, essa mutação não foi encontrada em cepas mexicanas de *R. microplus* resistentes a piretroide, podendo haver, de acordo com os autores, outros mecanismos de resistência envolvidos nesse processo.

Considerações Finais

Considerando o controle e a avaliação da resistência de carrapatos dos bovinos a diversas bases químicas nos últimos anos, deparamos com um alarmante cenário. Nesse período, os principais produtos

utilizados no controle desses carrapatos foram à base de piretroides, o que provocou a seleção sistemática de populações resistentes desses ácaros a esse princípio ativo em todas as regiões do Brasil. Com a substituição dos piretroides por outros produtos como, por exemplo, àqueles a base de amitraz, houve um aumento significativo na eficiência do controle, mas, após seis anos, testes *in vitro* demonstraram um declínio significativo, algo entorno de 16%, na eficácia desses produtos, demonstrando, de forma geral, uma vida útil muito reduzida dos pesticidas no mercado. Estudos identificaram prováveis causas como falhas de manejo, número inadequado de aplicações por ano, aplicação de acaricida somente quando visualizadas as formas adultas, uso exclusivo de acaricidas para o controle do carrapato e a alta taxa de reprodução do carrapato dos bovinos favorecendo a seleção e fixação da resistência aos acaricidas observadas no campo. Uma alternativa promissora para o controle mais efetivo dessa praga seria a utilização de métodos imunológicos, mas o uso de vacinas ainda não substituiu totalmente os métodos tradicionais de controle, apesar dos esforços de pesquisas no estudo de novos antígenos-alvo desenvolvidos para a formulação de vacinas mais eficazes.

Nesse contexto, fica evidente a necessidade de desenvolvimento e adoção de novos métodos de controle associados ao controle químico nos programas de controle estratégico do carrapato dos bovinos. Além disso, uma melhor orientação técnica sobre o manejo junto aos produtores rurais e o uso racional dos produtos são imprescindíveis para o prolongamento da vida útil e eficácia dos acaricidas no controle desse carrapato.

Referências

ARGENTINE, J. A.; JAMES, A. A. Characterization of a salivary gland-specific esterase 1995in the vector mosquito *Aedes aegypti*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 25, p. 621-630.

ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. São Paulo, SP: Manole, 1986. 235 p.

ANDRADE, A. B. F. **Aspectos genéticos e ambientais da resistência a *Boophilus microplus* de bovinos da raça gir, da estação experimental da EPAMIG, Uberaba, MG, Brasil.** 1996. 79 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). UNESP. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, SP.

ARENALES, M. C.; COELHO, E. N. Controle complementar de carrapatos (*Boophilus microplus*) em gado leiteiro (*Bos taurus*) - holandês (puro e cruzado) com a administração do produto homeopático - fator C&MC[®], na fazenda da "EPAMIG". Brasil. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL GLOBAL SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BOVINOS DE CORTE, I., 2002. **Anais...** Disponível em: < <http://www.conferencia.uncnet.br/pantanal>>.

BAFFI, M. A.; PEREIRA, C. D.; SOUZA, G. R. L.; BONETTI, A. M.; CERON C. R.; GOULART, L. R. Esterase profile in a pyrethroid-resistant Brazilian strain of the cattle tick *Boophilus microplus* (Acari, Ixodidae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 28, n. 4, p. 749-753, 2005.

BABIENSE, T. C.; FERNANDES, E. K. K.; BITTENCOURT, V. R. E. P. Compatibility of the fungus *Metarhizium anisopliae* and deltamethrin to control a resistant strain of *Boophilus microplus* tick. **Veterinary Parasitology**, v. 141, n. 3-4, p. 319-324, 2006.

BARRIGA, O. O. Evidence and mechanisms of immunosuppression in tick infestations. **Genetic Analysis-Biomolecular Engineering**, v. 15, n. 3-5, p. 139-142, 1999.

BASSO, L. M. S.; MONTEIRO, A. C.; BELO, M. A. A.; GARCIA, M. V.; MOCHI, D. A. Controle de larvas de *Boophilus microplus* por *Metarhizium anisopliae* em pastagens infestadas artificialmente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 6, p. 595-600, 2005.

BAXTER, G. D. AND BARKER S. C. Comparison of acetylcholinesterase genes from cattle ticks. **International Journal for Parasitology**, v. 29, p. 1765-1774, 1999.

BAYUGAR, R. C., ROLA, B., BURGHARDT, R. C., WAGNER, G. G., HOLMAN, P. J. Basal cellular alterations of esterase, glutathione, glutathioneS-transferase, intracellular calcium, and membrane potentials in coumaphos-resistant *Boophilus microplus* (Acari, Ixodidae) cell lines. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 72, p.1-9, 2002

BERRADA, S., FOURNIER, D. Transposition-mediated transcriptional overexpression as a mechanism of insecticide resistance. **Molecular Genetics and Genomics**, v. 256, p. 348-354, 1997.

CAMPBELL, P. M.; NEWCOMB, R. D.; RUSSEL, R. J.; OAKESHOTT, J. G. Two different amino acid substitutions in the ali-esterase, E3, confer alternative types of organophosphorous insecticide resistance in the sheep blowfly, *Lucilia cuprina*. **Molecular Genetics and Genomics**, v. 28, p.139-150, 1998.

CANALES, M.; ALMAZÁN, C.; NARANJO, V.; JONGEJAN, F.; DE LA FUENTE J. Vaccination with recombinant *Boophilus annulatus* Bm86 ortholog protein, Ba86, protects

cattle against *B. annulatus* and *B. microplus* infestations. **BMC Biotechnology**, v. 31, p. 9 – 29, 2009.

CORDOVES, C. O. **Carrapato: controle e erradicação**. Guaíba, RS: Livraria e Editora Agropecuária, 1997. 130 p.

VAZ JÚNIOR, I. S.; TERMIGNONI, C.; MASUDA, A.; OLIVEIRA, P. Vacina contra carrapato. **Biociência e Desenvolvimento**, v. 13, p. 18-23, 2000.

CASTRO, J. J. DE. Sustainable tick and tickborn disease control in livestock improvement in developing countries. **Veterinary Parasitology**, v. 71, n. 2-3, p. 77-97, 1997.

CASTRO, J. J. DE.; NEWSON, R. M. Host resistance in cattle tick control. **Parasitology**, v. 9, p. 13-17, 1993.

DE LA FUENTE, J.; GARCÍA-GARCÍA, J. C.; GONZÁLEZ, D. M.; IZQUIERDO, G. OCHAGAVIA, M. E. Molecular analysis of *Boophilus microplus* (Acari:Ixodidae) tick strains. **Veterinary Parasitology**, v. 92, p 209-222, 2000.

FIELD, L. M.; BLACKMAN, R. L.; TYLER-SMITH, C.; DEVONSHIRE, A. L. Relationship between amount of esterase and gene copy number in insecticide-resistant *Myzus persicae*. **Biochemical Journal**, v. 339, p. 737-742, 1999.

FOURNIER, D.; MUTERO, A.; RUNGGER, D. *Drosophila* acetylcholinesterase: Expression of a functional precursor in *Xenopus* oocytes. **European Journal of Biochemistry**, v. 203, p. 513-519, 1992.

FRAGA, A. B.; ALENCAR, M. A.; FIGUEIREDO, L. A.; RAZOOK, A. G. CYRILLO, J. N. S. G. Análise de Fatores Genéticos e Ambientais que Afetam a Infestação de Fêmeas Bovinas da Raça Caracu por Carrapatos (*Boophilus microplus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1578-1586, 2003 (Supl. 1)

FRISCH, J. E. Towards a permanent solution for controlling cattle ticks. **International Journal for Parasitology**, v. 29, p. 57-71, 1999.

GASPARIN, G. Mapping of quantitative trait loci controlling tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* resistance on bovine chromosomes 5, 7 and 14. **Animal Genetics**, v. 38, n. 5, p. 453-459, 2007.

GOLDIN, A. L. Molecular analysis of sodium channel inactivation. In: PERACCHIA, C. (Ed.). **Handbook of membrand channels, f. 19**. San Diego: Academic Press, 1994, p. 121-135.

GONZALES, J. C. **O controle dos carrapatos dos bovinos**. Porto Alegre, RS: Sulina, 1975. 104 p.

GOUGH, J. M.; KEMP, D. H. Localization of low abundance protein (Bm86) on the gut cells of the cattle tick *Boophilus microplus* by immunogold labeling. **Journal for Parasitology**, v. 79, p. 900-907, 1993

GUERRERO, F. D.; PRUETT, J. H.; KUNZ, S. E.; KAMMLAH, D. M. Esterase profiles of diazinon-susceptible and resistant horn flies (Diptera, Muscidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 92, n 2, p. 286-292. 1999.

HAWKES, N. J., HEMINGWAY, J. Analysis of the promoter for the b-esterase genes associated with insecticide resistance in the mosquito *Culex quinquefasciatus*. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1574, p. 51-62, 2002.

HE, H.; CHEN, A. C.; DAVEY, R. B.; IVIE, G. W.; WAGNER, G. G.; GEORGE, J. E. Sequence analysis of the para-type sodium channel gene from pyrethroid-resistant *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). **Journal of Medical Entomology**, v. 36, n. 5, p. 539-533, 1999.

HE, H.; CHEN, A. C.; DAVEY, R. B.; IVIE, G. W. Molecular cloning and nucleotide sequence of a new P450 gene, CYP319A1, from the cattle tick, *Boophilus microplus*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 32, p. 303-309, 2002.

HEMINGWAY, J., KARUNARATNE, S. H. P. P. Mosquito carboxylesterases: a review of the molecular biology and biochemistry of a major insecticide resistance mechanism. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 12, p.1-12, 1998.

HEMINGWAY, J. The molecular basis of two contrasting metabolic mechanisms of insecticide resistance. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 30, p. 1009-1015, 2000.

HERNANDEZ, R.; GUERRERO, F. D.; GEORGE, J. E.; WAGNER, G. G. Allele frequency and gene expression of a putative carboxylesterase-encoding gene in a pyrethroid resistant strain of the tick *Boophilus microplus*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, n. 32, p. 1009-1016. 2002.

HERNANDEZ, R.; GUERRERO, F. D.; GEORGE, J. E.; WAGNER, G. G. Allele frequency and gene expression of a putative carboxylesterase-encoding gene in a pyrethroid resistant strain of the tick *Boophilus microplus*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 32, p. 1009-1016, 2002.

HERNANDEZ, R.; HE, H.; CHEN, A. C., IVIE, G. W. WAGHELA, S. D., GEORGE, J. E., WAGNER, G. G. Identification of a point mutation in an esterase gene in different populations of the southern cattle tick, *Boophilus microplus*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 30, p. 969-977, 2000.

HERNANDEZ, R.; HE, H.; CHEN, A. C.; IVIE, G. W.; GEORGE, J. E.; WAGNER, G. G. Cloning and sequencing of a putative acetylcholinesterase cDNA from *Boophilus microplus*. **Journal of Medical Entomology**, v. 36, n. 6, p. 764-770, 1999.

HIDAYAT, P.; GOODMAN, W. G. Juvenile hormone and hemolymph juvenile hormone binding protein titers and their interaction in the hemolymph of fourth stadium *Manduca sexta*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 24, n. 7, p. 709-715, 1994.

HORN, S. Ectoparasites of animals and their impact on the economy of South America. In: WORLD VETERINARY CONGRESS, 23., 1987. **Proceedings...** Montreal, 1987.

JAMROZ, R. C.; GUERRERO, F. D.; KAMMLAH, D. M.; KUNZ, S. E. Role of the kdr and super-kdr sodium channel mutation of allelic frequency to resistance: correlation of allelic frequency to resistance level in wild and laboratory populations of horn flies (*Haematobia irritans*). **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 28, p. 1031-1037, 1998.

JAMROZ, R. C.; GUERRERO, F. D.; PRUTETT, J. H. OEHLER, D. D.; MILLER, R. J. Molecular and Biochemical survey of Acaricide Resistance Mechanisms in Larvae From Mexican Strains of The Southern Cattle Tick, *Boophilus microplus*. **Journal of Insect Physiology**, p. 685-695, v. 46, 2000.

JONGEJAN, F.; UILENBERG, G. Ticks and control methods. *Revue scientifique et technique International Office of Epizootics*, v. 13, p. 1201-1226, 1994.

KAY, B. H.; KEMP, D. H. Vaccines against arthropods. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 50, p. 87-96, 1994.

LABATE, B.; GAME, Y.; COOKE, H.; OAKSHOTT, J. G. The number and distribution of esterase 6 alleles in populations of *Drosophila melanogaster*. **Heredity**, v. 63, p. 203-208, 1990.

LEEMON, D. M.; JONSSON, N. N. Laboratory studies on Australian isolates of *Metharhizium anisopliae* as a biopesticide for the cattle tick *Boophilus microplus*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 97, n. 1, p. 40-49, 2008.

MARBAN, E.; UAMAGISHI, T.; TOMASLI, G. F. Structure and function of voltage-gated sodium channels. **The Journal of Physiology**, v. 508, p. 647-657, 1998.

MONTEIRO, A. C.; FIORIN, A. C.; CORREIA, A. C. B. Pathogenicity of isolates of *Metharhizium anisopliae* (mestch.) sorokin towards the cattle *Boophilus microplus* (can.) (Acari: Ixodidae) under laboratory conditions. **Revista de Microbiologia**, v. 29, p. 109-112, 1998.

MOUNT, G. A.; HAILE, D. G.; DAVEY, R. B.; COOKSEY, L. M. Computer simulation of *Boophilus* cattle tick (Acari:Ixodidae) population dynamics. **Journal of Medical Entomology**, v. 28, p. 223-240, 1991.

MUTERO, A.; PRALAVORIO, M.; BRIDE, J. M.; FOURNIER, D. Resistance associated point mutations in insecticide-insensitive acetylcholinesterase. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 91, p. 5922-5926, 1994.

NEVES, H. H.; MATA, M. G. F.; MELLO, D. F. M. Manejo agroecológico de carrapato com a utilização de preparados homeopáticos em assentamento de reforma agrária. **Revista Brasileira de agroecologia**, v. 4, n. 2, 2009.

OAKESHOTT, J. G.; VAN PAPENRECHT, E. A.; BOYCE, T. M.; HEALY, M. J.; RUSSELL, R. J. Evolutionary genetics of drosophila esterases. **Genetica**, v. 90, p. 239-268, 1993.

OLIVO, C. J.; CARVALHO, N. M.; SILVA, J. H. S.; VOGEL, F. F.; MASSARIO, P.; MEINERZ, G.; AGNOLIN, C.; MOREL, A. F. VIAU, L. V. Óleo de citronela no controle do carrapato de bovinos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 406-410, 2008.

PARIZI, L. F.; RECH, H.; FERREIRA C. A.; IMAMURA, S.; OHASHI, K.; ONUMA, M.; MASUDA, A.; VAZ IDA, S. JUNIOR. Comparative immunogenicity of haemaphysalis longicornis and rhipicephalus (*Boophilus microplus calreticulins*). **Veterinary Parasitology**, v. 164, n. 2-4, p. 282-90, 2009.

PARMLEY, S. F.; SMITH, G. P. Antibody-selectable filamentous fd phage vectors: affinity purification of target genes. **Gene**, v. 73, p. 305-318, 1988.

PATARROYO, M. E.; VARGAS, M. I.; PRATES, A. A.; DIAS MENDES, M. A. Immunization of cattle with synthetic peptides derived from the *Boophilus microplus* gut protein (Bm86). **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 88, p. 163-172, 2002.

PEREIRA, C. D. **Análise molecular e bioquímica da resistência do *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) à cipermetrina**. 2003. 65 f. Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Genética e Bioquímica. Uberlândia, MG.

PEREIRA, C. D.; KERR, W. E.; SOUZA, G. R. L.; FRANCO, M. M.; GOULART, L. R. Identificação de mutações no gene do canal de sódio associadas à resistência em *Boophilus microplus* por RT-PCR assimétrico de baixa stringência. **Revista Bioscience Journal**, v. 20, n. 1, p. 125-130. 2004.

PLUMMER, N. W.; MSISLER, M. H. Evolution and diversity of mammalian sodium channel genes. **Genomics**, v. 57, p. 323-331, 1999.

PRUDENCIO, C. R.; NASCIMENTO FILHO, M. M.; MARRA, A. O DE; DE SOUZA, G. R.; ALMEIDA, J. F.; CARDOSO, R.; SZABÓ, M. P.; GOULART, L. R. In silico analysis for identification of tick phagotopes selected by phage-displayed libraries. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 18, p. 45-47, 2009.

RIDING, G. A.; JARMEY, J.; MCKENNA, R. V.; PEARSON, R.; COBON, G. S.; WILLADSEN, P. A protective "concealed" antigen from *Boophilus microplus*: purification, localization and possible function. **The Journal of Immunology**, v. 153, p. 5158-5166, 1994.

ROCHA, C. M. B. M.; OLIVEIRA, P. R.; LEITE R. C.; CARDOSO, L. C.; CALIC, S. B.; FURLONG, J. Percepção dos produtores de leite do município de Passos, MG, sobre o carrapato *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1235-1242, 2006.

RODRIGUEZ, M.; MASSARD, C. L.; FONSECA, A. H.; RAMOS, N. F.; MACHADO, H.; LABARTA, De LA FUENTES, J. Effect of vaccination with a recombinant Bm86 antigen preparation on natural infestation of *Boophilus microplus* in grazing dairy and beef pure and cross-bred-cattle in Brazil. **Vaccine**, v. 13, p. 1804-1808, 1995.

- ROOSIGNOL, D. P. Reduction in number of nerve membrane sodium channels in pyrethroid resistant house flies. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 32, p. 146-152. 1988
- ROSARIO-CRUZ, R.; ALMAZAN, C.; MILLER, R. J.; DOMINGUEZ-GARCIA, D. I.; HERNADEZ-ORTIZ, R.; DE LA FUENTE, J. Genetic basis and impact of tick acaricide resistance. **Frontiers in bioscience**, v. 1, n. 14, p. 2657-2665, 2009.
- ROSÁRIO-CRUZ, R.; GUERRERO, F. D.; MILLER, R. J. RODRIGUEZ-VIVAS, R. I.; TIJERINA, M.; DOMINGUEZ-GARCIA, D. I.; HERNADEZ-ORTIZ, R.; CORNEL, A. J.; MCABE, R. D. ALONSO-DIAS, M. A. Molecular survey of pyrethroid resistance mechanisms in Mexican field populations of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Parasitology Research**, v. 105, p. 1145–1153, 2009.
- RUSSEL, R. J. Evolutionary genetics of Drosophila esterases. **Genetica**, v. 90, p. 239-268, 1993.
- SODERLUND, D. M.; LEE, S. H. Point Mutations in Homology Domain II Modify the Sensitivity of Rat Nav 1.8 Sodium Channels to the Pyrethroid Insecticide Cisethrin. **Neuro Toxicology**, v. 22, p. 755-765, 2001.
- STUMPF, N.; ZEBITZ, C. P. W.; KRAUS, W.; MOORES, G. D.; NAUEN, R. Resistance to organophosphates and biochemical genotyping of acetylcholinesterases in *Tetranychus urticae* (Acari, Tetranychidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 69, p. 131-142, 2001.
- SANTOS, T. R. B.; FARIAS, N. A. R.; CUNHA-FILHO, N. A.; PAPPEN, F. G.; VAZ-JUNIOR, I. S. Abordagem sobre o controle do carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* no sul do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira [online]**, v. 29, n.1, p. 65-70, 2009.
- SAUERESSIG, T. M. **Carrapato e resistência a carrapaticidas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. (Embrapa Cerrados. Guia técnico do produtor rural, ano IV, n. 24).
- TELLAM, R. L.; KEMP, D.; RIDING, A. G.; BRISCOE, A. S.; SMITH, B. D.; SHARP, B. P.; IRVING, B. D.; WILLADSEN, P. A reduced oviposition of *Boophilus microplus* feeding on sheep vaccinated with vitellin. **Veterinary Parasitology**, v. 103, p. 141–156, 2002.
- VARGAS M. S.; CÉSPEDES, N. S.; SÁNCHEZ, H. F.; MARTINS, J. R.; CÉSPEDES, C. O. C. Avaliação in vitro de uma cepa de campo de *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) resistente à Amitraz. **Ciência Rural**, v. 33, n. 4, p. 737-742, 2003.
- VILLATTE, F.; BACHMANN, T. T. How many genes encode cholinesterase in arthropods? **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 73, p. 122-129, 2002.
- VULULE, J. M.; BEACH, R. F.; ATIELI, F. K.; MCALLISTER, J. C.; BROGDON, W. G.; ROBERTS, J. M. Elevated oxidase and esterase levels associated with permethrin

tolerance in *Anopheles gambiae* from Kenyan villages using permethrin-impregnated nets. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 13, p. 239-244, 1999.

WILLADSEN, P. The molecular revolution in the development of vaccines against ectoparasites. **Veterinary Parasitology**, v. 101, p. 353-367, 2001.

WILLADSEN, P.; COBON, G.; HUNGERFORD, J. The role of vaccination in current and future strategies for tick control. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PARASITOLOGIA ANIMAL. **Proceedings...** Acapulco, Mexico. Proceedings. p. 88-100, 1995.

WILLADSEN, P.; MCKENNA, R. V.; RIDING, G. A. Isolation from the cattle tick, *Boophilus microplus*, of antigenic material capable of eliciting a protective immunological response in the bovine host. **International Journal for Parasitology**, v. 18, n. 2, p. 183-189, 1988.

WILLADSEN, P.; RIDING, G. A.; MCKENNA, R. V.; KEMP, D. H.; TELLAM, R. L.; NIELSEN, J. N. Immunologic control of a parasitic arthropod. Identification of a protective antigen from *Boophilus microplus*. **Journal Immunology**, v. 143, p. 1346-1351, 1989.

WRIGHT, F. C.; AHRENS, E. H. Cholinesterase insensitivity: a mechanism of resistance in Mexican strains of *Boophilus microplus* against coumaphos. **Journal of Medical Entomology**, v. 25, n. 4, p. 234-239, 1988.

Cattle Tick – control methods and resistance mechanisms to acaricides

Abstract

*The cattle tick, *Rhipicephalus. microplus*, heavily infests cattle and results in significant costs to cattle producers due to the reductions in weight gain, birth of calves and milk production. The traditional control method involves the use of acaricides, which have the disadvantage of leading to the selection of resistant tick populations, and also harmful effects to cattle, humans and the environment. This species of mite has developed resistance against a range of chemical acaricides which has stimulated the development of alternative methods of control such as use of vaccines, biological control and extract vegetable.*

*Index terms: *Rhipicephalus. microplus*, acaricide resistance, alternative control.*