

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO**

**DINÂMICA POPULACIONAL E SURTOS DE *Stomoxys
calcitrans* EM USINA SUCROALCOOLEIRA E
PROPRIEDADES PECUÁRIAS ADJACENTES**

Taciany Ferreira de Souza Dominghetti

**CAMPO GRANDE, MS
2017**

Lombada

2017		DINÂMICA POPULACIONAL E SURTOS DE <i>Stomoxys calcitrans</i> EM USINA SUCROALCOOLEIRA E PROPRIEDADES PECUÁRIAS ADJACENTES.		DOMINGHETTI
------	--	--	--	-------------

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO**

**DINÂMICA POPULACIONAL E SURTOS DE *Stomoxys calcitrans* EM USINA SUCROALCOOLEIRA E
PROPRIEDADES PECUÁRIAS ADJACENTES**

POPULATION DYNAMICS AND OUTBREAKS OF *Stomoxys calcitrans* IN A SUGAR-
ALCOHOL MILL AND ADJACENT LIVESTOCK PROPERTIES

Taciany Ferreira de Souza Dominghetti

Orientador: Dr. Cleber Oliveira Soares

Co-Orientador: Dr. Paulo Henrique Duarte Cançado

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.
Área de concentração: Saúde Animal.

CAMPO GRANDE, MS 2017

Certificado de aprovação

TACIANY FERREIRA DE SOUZA DOMINGHETTI

**Dinâmica populacional e surtos de *Stomoxys calcitrans* em usina
sucroalcooleira e propriedades pecuárias adjacentes**

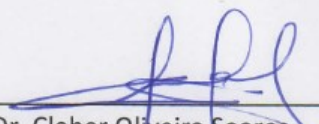
**Population dynamics of *Stomoxys calcitrans* in a sugar-alcohol mill
and adjacent livestock properties**

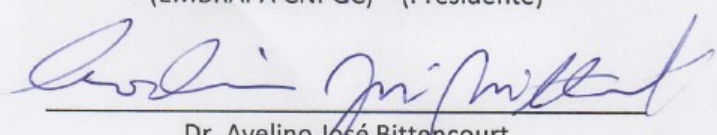
Tese apresentada à Universidade
Federal de Mato Grosso do Sul, como
requisito à obtenção do título de
doutora em Ciência Animal.

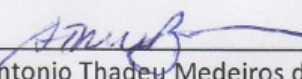
Área de concentração:
Saúde Animal.

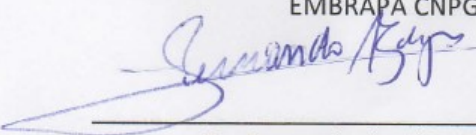
Aprovado(a) em: 22-02-2017

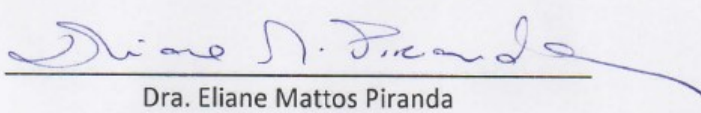
BANCA EXAMINADORA:



Dr. Cleber Oliveira Soares
(EMBRAPA CNPGC) – (Presidente)

Dr. Avelino José Bittencourt
UFRRJ

Dr. Antonio Thadeu Medeiros de Barros
EMBRAPA CNPGC

Dr. Fernando de Almeida Borges
UFMS

Dra. Eliane Mattos Piranda
UFMS

*Ao meu marido **André Dominghetti Ferreira** por proporcionar todo seu amor,
companheirismo, paciência e acalento nos momentos mais difíceis.*

*À minha mãe **Luciani Maria Feiciano** pelo amor incondicional, positivismo e dedicado apoio
que em nenhum momento faltaram.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

À **Deus**, por iluminar meu caminho e dar a oportunidade de me tornar uma pessoa melhor.

À **Universidade Federal do Mato Grosso do Sul** e ao curso de Pós-graduação em **Ciência Animal**, meu sincero agradecimento pela oportunidade e crescimento profissional.

À **Embrapa Gado de Corte**, pelo suporte e infra-estrutura que dispõe aos alunos pós-graduandos.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**, à **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)** e à **Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT)**, pela concessão das bolsas de estudo.

Ao **pesquisador Dr. Cleber Oliveira Soares**, pela oportunidade de orientação, confiança e ajuda para realização do projeto.

Ao **pesquisador Dr. Paulo Henrique Duarte Cançado**, pela orientação, confiança, incentivo e ensinamentos transmitidos, que resultaram no meu crescimento profissional.

Ao **pesquisador Dr. Antonio Thadeu Medeiro de Barros**, pela amizade oferecida, conselhos, confiança e paciência para transmitir seus conhecimentos científicos e experiência de vida.

Ao **pesquisador Dr. Wilson Werner Koller**, pela amizade, ensinamento e por toda ajuda nas coletas e apoio dado nos momentos difíceis para a realização do projeto.

Ao **pesquisador Dr. João Batista Catto**, pelos ensinamentos transmitidos.

Ao **pesquisador Dr. Gelson Feijó**, por ter ajudado com as realizações das análises estatísticas desta pesquisa.

Ao **pesquisador Dr. Manuel Claudio Motta Macedo**, pelas contribuições na realização da análise estatística.

Às estagiárias do laboratório **Hillary Oliveira, Franciely Varoni e Jaiane Barros**, por toda a ajuda na identificação e contagem das moscas.

À **TODOS** os funcionários da Embrapa Gado de Corte, pelo auxílio durante a realização da pesquisa.

À **TODOS** os funcionários da usina sucroalcooleira em que foi realizado a pesquisa no campo que de alguma forma colaboraram e se empenharam para sua realização.

À **TODOS** os produtores rurais, que permitiram acesso às suas propriedades e que, com boa vontade, colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu marido **André Dominghetti Ferreira** pelo amor, carinho, incentivo, paciência, companheirismo e apoio em todos os momentos durante estes quatro anos.

À minha mãe **Luciani Maria Feliciano**, por ter me ensinado com seu amor incondicional a ser uma mulher forte e determinada e por ter me mostrado o caminho para aprendizagem.

Aos meus avós **Jesus Batista** e **Onicia Feliciano**, por terem me acolhido nos momentos que mais precisei e com todo carinho e ternura torceram pelas minhas conquistas pessoais e profissionais.

À minha irmã **Tatiany Feliciano**, pelo amor, amizade e apoio dado durante vários momentos da minha vida.

À **TODOS** os meus familiares que de alguma forma me apoiaram, incentivaram e confiaram na minha capacidade de alcançar este título e me tornar um ser humano melhor.

À **TODAS** as minhas amigas e amigos pela amizade, alegria, consideração e apoio dado em todos os sentidos.

Serei eternamente grata a cada um dos citados!

Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer.
(Mahatma Gandhi)

Resumo

DOMINGHETTI, T. F. S. **Dinâmica populacional e surtos de *Stomoxys calcitrans* em usina sucroalcooleira e propriedades pecuárias adjacentes.** Ano. 2017. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2017.

No Brasil, surtos por mosca-dos-estábulo, *Stomoxys calcitrans*, têm causado elevados prejuízos para aos setores pecuário e sucoenergético. Deste modo, os conhecimentos sobre o comportamento bioecológico são de extrema importância para a elaboração de um Programa de Manejo Integrado para Controle da Mosca-dos-estábulo. O objetivo deste trabalho foi estudar a dinâmica populacional e surtos de *S. calcitrans* em usina sucroalcooleira e propriedades pecuárias adjacentes e, ainda, avaliar o efeito da aspersão de vinhaça em área canavieira, na abundância de adultos deste díptero. O estudo sazonal da mosca-dos-estábulo no campo foi realizado em uma usina sucroalcooleira e três estabelecimentos pecuários adjacentes, no município de Nova Alvorada do Sul, MS, de janeiro de 2013 a dezembro de 2015. As armadilhas reflexivas tipo Alsynite foram instaladas em quatro ambientes: palha com vinhaça (n= 29), palha sem vinhaça (n= 31), torta de filtro (n=5 no 1º e 2º anos e n= 10 no 3º ano) e em três fazendas pecuárias (n=15, sendo 5 armadilhas por fazenda) localizadas a uma distância máxima de 15 km da sede industrial da usina. As armadilhas foram mantidas continuamente ativas, com substituição semanal do plástico adesivo com os insetos capturadas. Para avaliar o efeito de aspersão de vinhaça em lavoura canavieira, a área em estudo foi monitorada por 21 dias, entre agosto e setembro de 2014. Foram instaladas 22 armadilhas reflexivas, distantes aproximadamente 65 m entre si, delimitando uma área de 14,4 ha. Imediatamente após a instalação das armadilhas foi realizada a fertirrigação na área de estudo. As coletas dos insetos capturados foram realizadas diariamente, em três horários (7:00, 11:00 e 15:00), totalizando 61 coletas. O material entomológico coletado foi encaminhado ao Laboratório de Parasitologia Veterinária Aplicada da Embrapa Gado de Corte, para identificação e contagem dos espécimes. Durante o estudo foram capturados 1.305.231 *S. calcitrans*. A flutuação sazonal de *S. calcitrans* associada à usina sucroalcooleira apresenta maior abundância e picos populacionais entre os meses de abril/maio a dezembro (safra) e redução da população entre janeiro a março/abril (entressafra). As variáveis climáticas não foram determinantes na ocorrência dos surtos de *S. calcitrans*, existindo maior relação com o manejo da torta de filtro, palha de cana-de-açúcar, vinhaça e resíduos pecuários. Os surtos populacionais da mosca-dos-estábulo ocorreram após o segundo mês do início da safra de cana-de-açúcar. O pátio de compostagem de torta de filtro pode atuar como inicializador do surto de *S. calcitrans* nas áreas da usina. As capturas de *S. calcitrans* foram mais intensas nas áreas canavieiras fertirrigadas com vinhaça quando comparadas com áreas sem aplicação de vinhaça. O processo de fertirrigação de áreas canavieiras pela aspersão de vinhaça é atrativo à *S. calcitrans*, aumentando a abundância desta mosca nestes locais, particularmente nos quatro dias subsequentes à aplicação. De modo geral, as propriedades pecuárias atuam na manutenção das populações de *S. calcitrans* na entressafra e as usinas sucroalcooleiras possibilitam a ocorrência de surtos ao disponibilizar extensas áreas de substratos propícios à reprodução em larga escala desta mosca durante a safra.

Palavras-chave: Mosca-dos-estábulo. Flutuação populacional. Vinhaça. Surto.

Abstract

DOMINGHETTI, T. F. S. **Population dynamics and outbreaks of *Stomoxys calcitrans* in a sugar-alcohol mill and adjacent livestock properties.** Ano. 2017. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2017.

In Brazil, outbreaks of this Stable Fly infestation, *Stomoxys calcitrans*, have caused heavy losses for livestock and sugar-energy sectors. Thus, knowledge about bioecological behavior has extreme importance to elaborate an Integrated Management Program for the control of Stable flies. This study aimed to study the seasonal fluctuation of *S. calcitrans* in a sugarcane mill and adjacent livestock properties and to evaluate the effect of vinasse spraying on a sugarcane area on abundance of adults of this fly. The seasonal study was carried out in a sugarcane mill and in three adjacent livestock ranches, in Nova Alvorada do Sul, MS, from January 2013 to December 2015. Reflective traps (Alsynite type) were installed in four environments: straw with vinasse (n = 29), straw without vinasse (n = 31), filter cake (n = 5 in the 1st and 2nd years and n = 10 in the 3rd year) and three livestock ranches (n = 15, with 5 traps per farm). The traps were at a maximum distance of 15 km from sugarcane mill headquarter. The traps were kept continuously active, with weekly replacement of the adhesive plastic with the captured flies. In order to evaluate the sprinkling effect of vinasse in sugarcane plantations, the study area was monitored for 21 days between August and September 2014. There were installed 22 reflective traps, distant about 65 m from each other, delimiting an area of 14.4 ha. Immediately after traps installation, fertigation was carried out on this study area. The insects were collected daily in three schedules (7:00, 11:00 A.M and 15:00 P.M), totaling 61 collections. The entomological material collected was sent to the Laboratory of Applied Veterinary Parasitology at Embrapa Beef Cattle, to identify and count the specimens. Seasonal fluctuation of *S. calcitrans* near sugarcane mill presents greater abundance and peaks occurring between April/May and December (harvest season) and reduction of population between January and March/April (off-season). The climatic conditions were not determinant on occurrence of *S. calcitrans* outbreaks. There was a greater relationship with management of filter cake, sugarcane straw, vinasse and cattle residues. Population outbreaks occur after the second month after sugarcane harvest. The filter cake composting yard can act as the initiator of *S. calcitrans* outbreak in sugarcane fields. The catches of *S. calcitrans* were more intense in sugarcane areas fertigated with vinasse when compared to areas without application of vinasse. Fertigation of sugarcane areas by vinasse spraying is attractive to *S. calcitrans*, increasing the abundance of this fly in those places, particularly during the first four days following vinasse application. In general, the livestock properties maintain the *S. calcitrans* populations during off-season and the sugar-alcohol mills make the outbreaks possible by providing extensive areas of substrates favorable to large scale production of this fly during the harvest season.

Keywords: Stable fly. Population fluctuation. Vinasse. Outbreak

Lista de ilustrações

Artigo 1

Figura 1- Polygon of <i>Stomoxys calcitrans</i> outbreaks associated with sugarcane mill activities in Brazil.	22
---	----

Artigo 2

Figura 1 - Mapa da área de estudo sobre dinâmica populacional de <i>Stomoxys calcitrans</i> em usina sucroalcooleira e propriedades pecuárias adjacentes, no município de Nova Alvorada do Sul, MS.....	43
---	----

Figura 2 - Armadilha reflexiva (Alsynite) utilizada para coleta de adultos de <i>Stomoxys calcitrans</i> , em Nova Alvorada do Sul, MS.....	44
---	----

Figura 3 - Dinâmica populacional da mosca-dos-estábulo (—) nas proximidades da (em área de 51.000 ha) usina sucroalcooleira em relação aos parâmetros climáticos, de janeiro de 2013 a dezembro de 2015, em Nova Alvorada dos Sul, MS, Brasil.....	48
--	----

Figura 4 - Número médio de moscas capturadas no período de entressafra de cana-de-açúcar nos ambientes usina e fazendas pecuárias, durante três anos de estudo, em Nova Alvorada do Sul, MS, Brasil.....	49
--	----

Figura 5 - Número médio de moscas capturadas no período da safra de cana-de-açúcar nos ambientes usina e fazendas pecuárias durante três anos de estudo em Nova Alvorada do Sul, MS, Brasil.....	51
--	----

Figura 6 - Número médio de moscas capturadas nos ambientes palha com vinhaça (PCV), palha sem vinhaça (PSV), pátio de torta de filtro (TF) e fazendas pecuárias (FAZ), durante três anos de estudo, em Nova Alvorada do Sul, MS, Brasil.....	52
--	----

Artigo 3

Figura 1 - Área experimental em usina sucroalcooleira, com destaque para a área canavieira fertirrigada e distribuição das armadilhas e propriedades pecuárias adjacentes, em Nova Alvorada do Sul, MS.....	75
---	----

Figura 2 - Captura diária de <i>Stomoxys calcitrans</i> em armadilhas e registros climáticos em área canavieira, de 12/08 a 01/09/2014, em Nova Alvorada do Sul, MS.....	77
--	----

Figura 3 - Captura semanal de <i>Stomoxys calcitrans</i> e frequência de indivíduos capturados em área canavieira fertirrigada com vinhaça.....	78
---	----

Figura 4 - Frequência de captura de <i>Stomoxys calcitrans</i> em função do horário de coleta das armadilhas, durante estudo sobre atratividade da vinhaça em usina sucroalcooleira.....	80
--	----

Lista de tabelas

Tabela 1 - Médias de <i>Stomoxys calcitrans</i> capturadas por armadilha nos diferentes anos; número de semanas de coleta, total de indivíduos capturados e média de captura de mosca por armadilha em uma usina sucroalcooleira e propriedades pecuárias adjacentes. Nova Alvorada do Sul, MS.....	46
Tabela 2 - Análise de variância para contagens de <i>Stomoxys calcitrans</i> por três anos de estudo em usina sucroalcooleira e propriedades pecuárias, no município de Nova Alvorada do Sul, MS.....	53
Tabela 3 -. Médias ajustadas para a contagem de <i>Stomoxys calcitrans</i> por armadilha, medida sob a forma de $[\text{Log}_{10}(\text{contagem}+1)]$, capturadas em diferentes distâncias em relação à indústria da usina sucroalcooleira, no município de Nova Alvorada do Sul, MS.....	54
Tabela 4 - Médias ajustadas para a contagem de <i>Stomoxys calcitrans</i> por armadilha, medida sob a forma de $[\text{Log}_{10}(\text{contagem}+1)]$, nos ambientes de estudo em usina sucroalcooleira, no município de Nova Alvorada do Sul, MS.....	54
Tabela 5 - Análise de variância do efeito das variáveis climáticas sobre a contagem de <i>Stomoxys calcitrans</i> nos três anos de estudo em usina sucroalcooleira e propriedades pecuárias adjacentes, no município de Nova Alvorada do Sul, MS.....	55
Tabela 6 - Resumo da análise de variância (valores de <i>P</i>) referente ao efeito ano, semana, ambiente e variáveis climáticas sobre as médias de <i>Stomoxys calcitrans</i> por armadilha $[\text{Log}_{10}(\text{contagem}+1)]$, capturadas nos períodos de safra e entressafra de cana-de-açúcar nos ambientes usina sucroalcooleira e fazendas pecuárias, no município de Nova Alvorada do Sul, MS.....	56
Tabela 7 - Análise de variância do efeito das variáveis climáticas e da aplicação da vinhaça nas áreas canavieiras da usina sucroalcooleira sobre a contagem de <i>Stomoxys calcitrans</i> no período de safra dos três anos de estudo, no município de Nova Alvorada do Sul, MS.....	57

Lista de abreviaturas e siglas

FAZ	Fazendas pecuárias adjacentes à usina
GL	Grau de liberdade
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ISCA	Tecnologias Ltda. Empresa de Ferramentas e Soluções para o Manejo de Pragas
PAV	Plano de aplicação de vinhaça
PAVAP	Laboratório de Parasitologia Veterinária Aplicada
PCV	Áreas canavieiras com aplicação de vinhaça
PSV	Áreas canavieiras sem aplicação de vinhaça
QM	Quadrado médio
TF	Pátio de compostagem de torta de filtro na usina

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
REFERÊNCIAS	13
Artigo 1- <i>Stomoxys calcitrans</i> (Diptera: Muscidae) outbreaks: current situation and future outlook with emphasis on Brazil.....	15
Abstract.....	15
Resumo	15
Introduction	16
<i>Stable fly outbreaks around the world</i>	18
<i>S. calcitrans outbreaks in Brazil</i>	19
<i>Prevention and control measures</i>	25
<i>Challenges and outlook</i>	27
Final remarks	30
References	30
Artigo 2- Dinâmica populacional de <i>Stomoxys calcitrans</i> em usina sucroalcooleira e propriedades pecuárias adjacentes, em Mato Grosso do Sul, Brasil.....	37
Resumo	37
Abstract	38
Introdução.....	38
Material e Métodos.....	40
<i>Definições e terminologias</i>	40
<i>Área de estudo</i>	40
<i>Armadilhas e coletas</i>	44
<i>Análise estatística</i>	45
Resultados.....	46
<i>Análise descritiva da sazonalidade de <i>Stomoxys calcitrans</i></i>	46
<i>Análise estatística da sazonalidade de <i>Stomoxys calcitrans</i></i>	53
Discussão.....	57
<i>Sazonalidade de <i>Stomoxys calcitrans</i> em relação as variáveis climáticas</i>	57
<i>Sazonalidade de <i>Stomoxys calcitrans</i> em relação ao manejo da usina e fazendas pecuárias</i>	60
<i>Observações sobre monitoramento e surtos de <i>Stomoxys calcitrans</i></i>	65
Conclusões.....	66
Referências Bibliográficas.....	67
Artigo 3- Efeito da aspersão de vinhaça na abundância de <i>Stomoxys calcitrans</i> em área canavieira	70
Abstract.....	70
Resumo	70
INTRODUÇÃO.....	71
MATERIAL E MÉTODOS.....	72
<i>Área de estudo</i>	72
<i>Manejo da vinhaça</i>	73
<i>Armadilhas e coletas</i>	73
<i>Análise estatística</i>	74
RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84

INTRODUÇÃO

No Brasil, surtos por mosca-dos-estábulos, *Stomoxys calcitrans* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Muscidae), tem ocasionado prejuízos diretos e indiretos aos setores produtivos pecuário e sucroenergético.

A mosca-dos-estábulos destaca-se como uma importante praga médico-veterinária por ser um inseto hematófago que causa danos aos hospedeiros. Os bovinos parasitados por *S. calcitrans*, sofrem alterações comportamentais que levam à diminuição da ingestão de alimentos, emagrecimento e diminuição da imunidade (MULLENS et al., 2006), proporcionando maior exposição à ação de agentes patogênicos (BALDACCHINO et al., 2013).

Os prejuízos ocasionados por esta praga têm sido de grande impacto econômico para bovinocultura a brasileira, com perdas anuais estimadas em cerca de US\$ 335 milhões de dólares (GRISI et al., 2014). A ocorrência de *S. calcitrans* associada aos subprodutos gerados no processo de produção do açúcar e álcool nas usinas sucroalcooleiras foi inicialmente observada na região Sudeste do país, na década de 1970 (NAKANO et al., 1973). Na região Centro-Oeste, especialmente em Mato Grosso do Sul, a recente ocorrência de surtos por *S. calcitrans* e as graves perdas econômicas em rebanhos de gado de corte criados extensivamente têm sido associadas com a crescente implantação das indústrias sucroalcooleiras (BURALLI; GUIMARÃES, 1985; BARROS et al., 2010).

No Mato Grosso do Sul, a produção de cana-de-açúcar vem apresentando expansão acelerada nos últimos anos, passando de uma área total inferior a 500 mil hectares de cana cultivada em 2013 (BUNGENSTAB et al., 2012) para aproximadamente 678 mil hectares em 2015 (CONAB, 2015). O número de usinas e a área ocupada por lavouras canavieiras crescem sistematicamente implicando em progressivo aumento da geração dos subprodutos orgânicos decorrentes do processo de produção do açúcar e álcool.

Desde 2009 as usinas sucroalcooleiras passaram a ser frequentemente acusadas pelos pecuaristas como a fonte primária dos surtos (KOLLER et al., 2009). Apesar da mosca-dos-estábulos não ser uma praga que afeta a produtividade das lavouras de cana-de-açúcar, conseguem se desenvolver em larga escala nas áreas canavieiras fertirrigadas por vinhaça (CORRÊA et al., 2013). A capacidade de reprodução e multiplicação desta praga em subprodutos orgânicos gerados pela usina acarretam explosões populacionais e, conseqüentemente, graves problemas para ambos os setores envolvidos (DOMINGHETTI et

al., 2015). As usinas, na tentativa de controlar as populações de mosca-dos-estábulo nas áreas das usinas, também passaram a ter elevados prejuízos econômicos. De modo geral, as usinas começaram a investir principalmente em ações de manejo dos subprodutos orgânicos e utilização de inseticidas sintéticos como medidas de controle emergencial. Entretanto, as reais causas dos surtos precisam ser melhor definidas e aspectos importantes sobre a bioecologia de *S. calcitrans* nesse sistema agroecológico precisam ser investigados.

Objetivo geral

Fornecer subsídios para a elaboração de um programa de manejo integrado da mosca-dos-estábulo, *Stomoxys calcitrans*, em Mato Grosso do Sul.

Objetivos específicos

- Estudar a dinâmica populacional de *S. calcitrans* em uma usina sucroalcooleira.
- Estudar a dinâmica populacional de *S. calcitrans* em fazendas de produção pecuária adjacentes à usina sucroalcooleira.
- Avaliar os fatores abióticos que podem influenciar a dinâmica populacional de *S. calcitrans*.
- Avaliar o efeito da aspersão de vinhaça na abundância de *S. calcitrans* em lavouras de cana-de-açúcar.

Com os resultados obtidos foram elaborados três artigos científicos. O primeiro artigo, publicado da Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, apresenta uma revisão a literatura contendo informações sobre surtos da mosca-dos-estábulo no Brasil e em outros países e discute suas causas e consequências. O segundo artigo refere-se à sazonalidade de *S. calcitrans* em usina e propriedades pecuárias adjacentes, em Mato Grosso do Sul. Por último, o terceiro artigo aborda o efeito da aspersão da vinhaça na abundância de *S. calcitrans* em lavoura de cana-de-açúcar.

Os artigos científicos estão redigidos de acordo com as normas editoriais da Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária e a Revista Pesquisa Veterinária Brasileira, para posterior submissão.

REFERÊNCIAS

- BALCCHINO, F.; MUENWORN, V.; DESQUESNES, M.; DESOLI, F.; CHAROENVIRIYAPHAP, T.; DUVALLET, G. Transmission of pathogens by *Stomoxys* flies (Diptera: Muscidae). **Review Parasite**, v.26, n.20, p. 1-13, 2013.
- BARROS, A.T.; KOLLER, W.W.; CATTO, J.B.; SOARES, C.O. Surtos por *Stomoxys calcitrans* em gado de corte no Mato Grosso do Sul. **Revista Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.30, n.11, p. 945-952, 2010.
- BUNGENSTAB, D.J.; LOPES, C.H.L.; SOARES, C.O.; SALDANHA, E.P.; MALAFAIA, G.C. **Agronegócio com Sustentabilidade - A Eficiência das Cadeias Produtivas em Mato Grosso do Sul**. 1. Ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 72p.
- BURALLI, G.M.; GUIMARÃES, E.J.H. Controle de *Musca domestica* Linnaeus (Diptera, Muscidae) em área de manejo de vinhaça (Macatuba, São Paulo, Brasil). **Revista Brasileira de Zoologia**, v.3, p. 1-6, 1985.
- CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_12_17_09_03_29_boletim_cana_p_ortugues_-_3o_lev_-_15-16.pdf> Acesso em: 20/10/2016.
- CORRÊA, E.C.; RIBAS, A.C.A.; CAMPOS, J.; BARROS, A.T.M. Abundância de *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) em diferentes subprodutos canavieiros. **Revista Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 11, p. 1303-1308, 2013.
- DOMINGHETTI, T.F.S.; BARROS, A.T.M.; SOARES, C.O.; CANÇADO, P.H.D. *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) outbreaks: current situation and future outlook with emphasis on Brazil. **Revista Brasileira Parasitologia Veterinária**, v. 24, n. 4, p. 1984-2961, 2015.
- GRISI, L.; LEITE, R.C.; MARTINS, J.R.S.; BARROS, A.T.M.; ANDREOTTI R.; CANÇADO, P.H.D.; LÉON, A.A.; PEREIRA, J.B.; VILLELA, H.S. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. **Revista Brasileira Parasitologia Veterinária**, v. 23, n. 2, p. 150-156, 2014.

KOLLER, W.W.; CATTO, J.B.; BIANCHIN, I.; SOARES, C.O.; PAIVA, F.; TAVARES LER.; GRACIOLLI, G. **Surtos da mosca-dos-estábulos, *Stomoxys calcitrans*, em Mato Grosso do Sul: novo problema para as cadeias produtivas da carne e sucroalcooleira?** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; 2009. p. 1-31.

MULLENS, B.A.; LII, K.S.; MAO, Y.; MEYER, J.A.; PETERSON, N.G.; SZIJJ, C.E. Behavioural responses of dairy cattle to the stable fly, *Stomoxys calcitrans*, in an open field environment. **Medical and Veterinary Entomology**, v.20, n.1, p. 122-137, 2006.

NAKANO, O.; PARO, J.R.L.A.; CAMARGO, A.H. Controle químico de adultos e larvas da mosca doméstica. **O Biológico, São Paulo**, v. 39, p. 5-8, 1973.

ARTIGO 1

[DOMINGHETTI, T.F.S. et al. *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) outbreaks: current situation and future outlook with emphasis on Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 24, n. 4, 1984-2961, 2015].

***Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) outbreaks: current situation and future outlook with emphasis on Brazil**

Surtos por *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) no Brasil: situação atual e perspectivas

Taciany Ferreira de Souza Dominghetti¹; Antonio Thadeu Medeiros de Barros^{2*}; Cleber Oliveira Soares²; Paulo Henrique Duarte Cançado²

1- Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Campo Grande, MS, Brasil

2- Sanidade Animal, Embrapa Gado de Corte – CNPGC, Campo Grande, MS, Brasil

Abstract

The stable fly (*Stomoxys calcitrans*) has historically been a pest of dairy cattle and feedlots due to the availability of decaying plant matter mixed with animal excrements in such production systems. In the last few decades, stable fly outbreaks have also been reported in pasture-raised beef cattle, usually associated with wastes accumulated from animal feeding during winter, the introduction of large-scale crop operations near cattle ranches, and/or the inadvertent use of organic fertilizers. Population explosions of *Stomoxys* flies may also have natural causes, affecting not only domestic and/or wild animals but also humans. This article compiles information on stable fly outbreaks in Brazil and abroad and discusses their causes and consequences.

Keywords: Stable fly, cattle ectoparasites, bloodsucking flies.

Resumo

A mosca-dos-estábulos (*Stomoxys calcitrans*) tem sido historicamente uma praga em gado de leite e gado de corte em confinamento devido à disponibilidade de matéria orgânica vegetal em decomposição, misturada a dejetos animais, nestes sistemas de produção. Nas últimas décadas, surtos de infestação por esta mosca passaram a ocorrer também em rebanhos de corte

mantidos extensivamente, geralmente associados ao acúmulo de resíduos de suplementação alimentar durante o inverno, introdução de culturas agrícolas em larga escala no entorno de propriedades pecuárias e/ou uso inadvertido de fertilizantes orgânicos. Eventualmente, explosões populacionais de *Stomoxys* podem ter causas naturais, afetando animais domésticos e/ou selvagens, além do próprio homem. Este artigo reúne informações sobre surtos da mosca-dos-estábulo no Brasil e em outros países e discute suas causas e consequências.

Palavras chave: Mosca-dos-estábulo, ectoparasitos de bovinos, moscas hematófagas.

Introduction

Popularly known as the stable fly, *Stomoxys calcitrans* (Linnaeus, 1758) stands out as a major livestock pest in several countries (TAYLOR et al., 2012a; GRISI et al., 2014). Adult flies are hematophagous and show little host specificity, attacking cattle, horses, sheep, goats, dogs, pigs, poultry and humans (BISHOPP, 1913; HANSENS, 1951). This fly's painful bite causes behavioral changes and consequent losses to production (MULLENS et al., 2006)

In Brazil, annual losses directly caused by this fly may reach up to US\$ 335 million (GRISI et al., 2014), excluding the impact caused by recent outbreaks reported in distinct regions of the country (BARROS et al., 2010). In this review, the term "outbreak" is used hereinafter to refer to any situation involving an unusual sudden increase in the stable fly population, affecting livestock, wildlife and/or people, in any particular location.

The immature stable fly can develop in various substrates, usually containing decaying vegetable matter, sometimes mixed with animal excrements such as cow dung and poultry litter (KOLLER et al., 2009, COOK et al., 1999). Other substrates *S. calcitrans* uses for its development include seaweed and waste horticultural products (KING & LENERT, 1936; SIMMONS, 1944; HERRERO et al., 1989). Sugarcane and alcohol production wastes, particularly sugarcane filter cake and mulch mixed with vinasse (a byproduct of the distillation of sugarcane fermented broth), are also suitable for the development of the stable fly (GILLES et al., 2008; BITTENCOURT, 2012; CANÇADO et al., 2013a).

A close relationship has been observed between sugarcane mill wastes and mass production of *S. calcitrans* due to the large amounts of organic byproducts produced in sugar and alcohol production processes (BURALLI & GUIMARÃES, 1985; BITTENCOURT, 2012; CORRÊA et al., 2013).

The first record of a *S. calcitrans* population explosion associated with sugar cane mill activities in Brazil dates back to the 1970s, in São Paulo (NAKANO et al., 1973). More

recently, a significant increase in the frequency of such outbreaks has been associated with the expansion of sugarcane-related activities in livestock production areas (BARROS et al., 2010).

The lack of appropriate management methods for preventing the development of *S. calcitrans* in sugarcane mills, as well as the lack of sanitary management in livestock facilities, has contributed significantly to the multiplication of developmental sites for the stable fly in these areas.

Outbreaks have generally been concentrated in the Mid-west and Southeast regions of the country, mainly in the states of Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais and São Paulo (ODA & ARANTES, 2010; KASSAB et al., 2012; CANÇADO et al., 2013a). In addition, stable fly outbreaks have also been associated with the use of organic fertilizers such as poultry litter in some municipalities of São Paulo (BURALLI & GUIMARÃES, 1985; BURALLI et al., 1987), and coffee husks in the north of the state of Espírito Santo (OFICINA DE NOTÍCIAS, 2014).

In an attempt to control this pest, sugarcane mills have invested in chemical control activities and cultural management of their by-products, with variable results. According to Biosul (Association of Bioenergy Producers of Mato Grosso do Sul), annual investments aimed at controlling this fly in municipalities where outbreaks have occurred have been preliminarily estimated at about US\$ 32,000 per million tons of harvested sugarcane, representing a cost of US\$ 30 to 160 thousand per sugarcane mill. Additional information from other states suggests that the costs attributed to this fly may reach US\$ 480,000 due to changes and adjustments in management procedures, mostly carried out in large areas of cultivation, as well as to activities to support affected producers.

Information about stable fly outbreaks in the scientific literature is sketchy and relatively scanty. Records about outbreak are often available only from non-scientific sources, such as magazines and internet sites of local news. The purpose of this article is to compile information about the occurrence of *S. calcitrans* outbreaks in Brazil and abroad, as well as to characterize the status of such outbreaks in the country and the measures adopted to prevent and control them, with particular emphasis on outbreaks associated with sugarcane ethanol production.

Stable fly outbreaks around the world

The occurrence of *S. calcitrans* population explosions or outbreaks has been recorded in most continents, associated with different predisposing and/or determining factors related to anthropic activities. Regardless of the situation, such events are closely related to the availability of decomposing organic substrates and the nearby presence of domestic or wild animals.

In most cases, the massive development of *S. calcitrans* larvae has been associated with the availability and abundance of developmental substrates (usually organic byproducts or wastes) from agricultural activities, horticultural production systems (COOK et al., 1999) or feeding supplementation (silage, hay, etc.) to pasture or feedlot cattle (BROCE et al., 2005). However, stable fly population explosions may sometimes occur due to natural events (KING & LENERT, 1936; FOSBROOKE, 1963; ELKAN et al., 2009).

According to Cook et al. (1999), problems with *S. calcitrans* in Western Australia have resulted from use of poultry litter as a fertilizer and conditioner of soil physical properties, especially in horticultural production. New regulations on management practices to reduce stable fly developmental sites, particularly in poultry litter and vegetable residues, are expected (ECHO NEWS, 2014). Additional information is available at the site of the “Stable Fly Action Group” which was founded to develop strategies to fight this pest in Australia.

The use of hay bales to feed pasture cattle in winter led stable flies (primarily a problem of dairy cattle and feedlots) to become a major beef cattle pest in the United States. Indeed, decomposing hay mixed with cattle manure spread over the soil resulted in an excellent substrate for development of *S. calcitrans*, enabling the emergence of 1,632-19,600 flies/m² (BROCE et al., 2005).

Recognized as a serious pest by the Ministry of Agriculture, the large proliferation of the stable fly in wastes from pineapple monoculture has become a serious problem in various regions of Costa Rica (HERRERO et al., 1989).

Similarly, large-scale reproduction of the stable fly in residues from palm oil processing has caused high cattle infestation issues in Colombia (MORA et al., 1997). Although several measures, including the release of microhymenopteran parasitoids, trapping and adult control, have been adopted to control this pest and prevent it from attacking hosts, the effectiveness of such approaches has so far been insufficient during the rainy season, requiring alternative options (MARTÍNEZ et al., 2013).

Although population explosions of stable flies have usually resulted from man-made situations, *S. calcitrans* outbreaks have actually also been associated with natural events around the world as well.

On the coast of Florida, the development of large numbers of *S. calcitrans* in decaying seaweed led to a severe disturbance and prevented the use of beach recreational areas by tourists for months (KING & LENERT, 1936).

Prolonged droughts followed by exceptionally rainy periods led to *Stomoxys* outbreaks in the Ngorongoro Crater, Tanzania, in 1962 (FOSBROOKE, 1963), and in northern Congo in 1997 (ELKAN et al., 2009). In Ngorongoro, *S. calcitrans* were numerous and larvae developed in mud mixed with animal excrements (FOSBROOKE, 1963); the massive attack on lions resulted in high mortality and reduced the local lion population by more than 80% (FOSBROOKE, 1963; NATIONAL GEOGRAPHIC MAGAZINE, 1992). In the Congo, excessive straw accumulated during a dry season and later soaked by rains became the substrate for development of *S. omega*. The fly attack affected the behavior and spatial distribution of large ungulates, causing progressive weight loss and mortality of antelopes and other deer species (ELKAN et al., 2009). Although other factors may have contributed to wildlife mortality, the exceptional abundance of *S. omega* was considered the major factor (HUCHZERMEYER et al., 2001).

***S. calcitrans* outbreaks in Brazil**

Despite the long history of the sugarcane industry in Brazil, the implementation of the National Alcohol Program (Proálcool) in the 1970s led the biofuel industry to a new level of development in the country. Population explosions of *S. calcitrans* (and *Musca domestica*) associated with the large-scale production of sugarcane byproducts were first reported in Brazil at that time, in the state of São Paulo (NAKANO et al., 1973). In the following decade, other fly (*M. domestica*) outbreaks associated with vinasse distribution channels and the use of poultry litter as fertilizer were reported in several municipalities of the same state, requiring the implementation of control measures (BURALLI & GUIMARÃES, 1985; BURALLI et al., 1987).

At that time, vinasse – a liquid byproduct, rich in organic matter and nutrients, resulting from the distillation of sugarcane fermented broth – was dumped into water bodies and “sacrifice zones,” a practice banned in the late 1970s by Ministerial Act No. 323 of 29 November 1978, due to its widespread environmental impact. This restriction gave rise to the

fertigation process, which involved the application of untreated vinasse in areas of sugarcane cultivation (LAIME et al., 2011), aimed at fertilizing and increasing soil moisture. On the other hand, sugarcane mulch was not a significant waste at the time due to the practice of pre-harvest burning. However, for environmental reasons, the practice of sugarcane pre-harvest burning has been restricted in the country since the late 1990s by Brazilian Environmental Legislation through Federal Decree No. 2661 of 8 July 1998 (BRASIL, 1998).

The widespread use of vinasse as a fertilizer and the gradual reduction of sugarcane pre-harvest burning resulted in the accumulation of a moist (and nutrient-rich) mulch on the ground, creating large areas of fermenting plant matter, a suitable substrate for the development of immature *S. calcitrans* (CORRÊA et al., 2013).

Overall, sugarcane production in Brazil increased by about 150% from 2006 to 2011, driven by the expansion in the number of production units (BUNGENSTAB et al., 2012). Despite the slowdown in recent years, the sector continues to expand, with a 3.8% growth (326,400 hectares) of cultivated area in the 2013/14 season, compared to the previous harvest. This growth is concentrated mainly in the states of São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás and Minas Gerais (CONAB, 2014).

Not coincidentally, stable fly infestations have become more relevant since 2009, with several outbreaks reported on livestock ranches located near sugarcane mills in the states of São Paulo (GOMES, 2009; ODA & ARANTES, 2010), Minas Gerais (INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA, 2012; BITTENCOURT, 2012), Mato Grosso do Sul (KOLLER et al., 2009; BARROS et al., 2010) and Mato Grosso (CUIABÁ, 2010). Since then, stable fly outbreaks have become more frequent and intense in most areas of expansion of sugarcane biofuel activity (CANÇADO et al., 2013b).

Recently, several cases of population explosions of *S. calcitrans*, generally related with the activity and expansion of sugarcane mills, have been reported in the southeastern states of São Paulo, Minas Gerais and Espírito Santo (INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA, 2012; GLOBO RURAL, 2014; OFICINA DE NOTÍCIAS, 2014).

In Brazil's central-west region, the yearly occurrence of *S. calcitrans* outbreaks and the resulting serious economic impacts on cattle ranchers have been ascribed to the significant increase in the number of sugarcane mill operations and the large fertigated area they occupy. In the state of Mato Grosso, problems resulting from severe stable fly infestations associated with a local sugarcane mill have been investigated in the municipality of Nova Olímpia since

2002, with legal actions brought by the state prosecutor (GORETTH public, 2010; CUIABÁ, 2010).

In the state of Goiás, stable fly outbreaks have occurred since 2010 in the municipality of Cabeceiras, and there is evidence that outbreaks have also occurred in other southern municipalities such as Gouvelândia, Piracanjuba and Morrinhos (ALVES, 2012a). In addition to proximity to sugarcane mills, such population explosions have generally been related to the beginning of the rainy season, which increases moisture in animal feed wastes (accumulated during the dry season) mixed with animal excrements (ALVES, 2012a).

Due to the expansion of the sugarcane industry, a high frequency of outbreaks has been observed in the state of Mato Grosso do Sul, which has 22 operating sugarcane units (BIOSUL, 2014). Since 2009, outbreaks have been reported in the municipalities of Angelica, Dourados and Maracajú; followed by outbreaks in Caarapó, Nova Alvorada do Sul, Nova Andradina, Ponta Porã and Rio Brilhante, in 2010 and 2011 (KOLLER et al., 2009; BARROS et al., 2010; KASSAB et al., 2012).

Despite efforts by the sugarcane industry to mitigate the problem, stable fly outbreaks have occurred annually in several locations. In addition to the aforementioned places, in 2014 outbreaks were also recorded in the municipalities of Vicentina, Fátima do Sul and Costa Rica, not necessarily for the first time. Most of the affected municipalities are located in the southern central region of the state, coinciding with the main area of recent expansion of the biofuel industry and the largest number of sugarcane mills in operation.

The geographic distribution of *S. calcitrans* outbreaks since the end of the last decade shows a polygon with a higher incidence of outbreaks located in Brazil's central-west and southeast regions. This polygon comprises the south of Mato Grosso state, south of Goiás state, north and central-south Mato Grosso do Sul state, western Minas Gerais state and northwestern São Paulo state (Figure 1). Not coincidentally, the vast majority of newly established sugarcane mills in Brazil are located in these regions.

S. calcitrans outbreaks on cattle ranches located in the proximities of sugarcane mills have also been relatively frequent in Brazil's southeastern states. In the municipality of Planalto, state of São Paulo, severe stable fly infestations have been reported since mid-2008, commonly associated with vinasse application by the mills and with feed wastes mixed with animal excrements on ranches (ODA & ARANTES, 2010; BITTENCOURT, 2012). As previously observed by Buralli and Guimarães (1985), many *S. calcitrans* immatures can be found on the banks and bottom of open vinasse conducting channels, as well as in areas where

vinasse accumulates in the field. Today, the risks posed by these open channels of vinasse have been minimized by the use of pipelines to transport vinasse to the application sites.

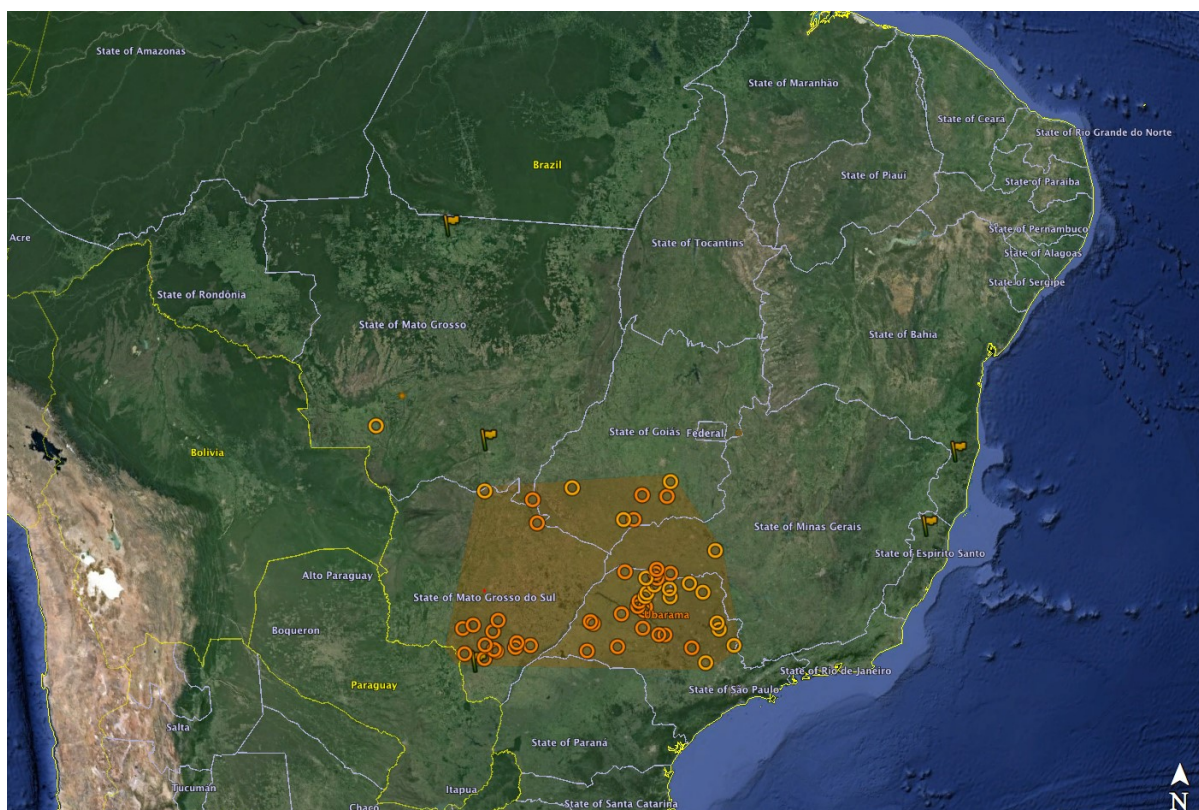


Figure 1. Polygon of *Stomoxys calcitrans* outbreaks associated with sugarcane mill activities in Brazil.

Since 2009, several municipalities of the state of São Paulo have reported problems with the stable fly, including União Paulista (GOMES, 2009), Planalto (ODA & ARANTES, 2010; BITTENCOURT, 2012), Lins (CADIOLI et al., 2012), Borá and Ouroeste (BITTENCOURT, 2012). Although some outbreaks have been recorded, either by the local media or in scientific publications, the number of municipalities affected by stable fly outbreaks is actually much higher, as evidenced throughout 2014 by the authors. Personal information provided by various sources related to both livestock and sugarcane production systems includes reports of population explosions in several municipalities in the central-west and northeast of the state of São Paulo, such as Paulo de Faria, Orindiúva, Narandiba, Irapuru, Junqueirópolis, Alta Paulista, Jose Bonifácio, Iacanga, Reginópolis and Ubarana, all reporting similar problems. In fact, because of several implications, various events are not widely disclosed, so the real number of affected municipalities is virtually unknown.

Also in Minas Gerais, municipalities such as Frutal and Itapagipe, both located in the “Triângulo Mineiro” region, have undergone massive attacks by stable flies, leading the Instituto Mineiro de Agropecuária to monitor the situation (INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA, 2012; BITTENCOURT, 2012).

Thus, since the 1970s, with the first records and reports about stable fly outbreaks in Brazil, a relationship between sugarcane operations and population explosions has been suspected, albeit not proven until recently. Today, there is no doubt that the increased frequency and intensity of outbreaks is associated with the expansion of the sugarcane-alcohol industry and the resulting large-scale production of organic substrates favorable for stable fly development. On the other hand, it is only fair to emphasize that the poor sanitary management carried out at most livestock facilities provides suitable conditions for the maintenance of stable fly populations on ranches, which ultimately serve as centers of dispersion of flies to sugarcane mills, enabling the occurrence of outbreaks under more favorable conditions.

In the scenario of cattle ranches and sugarcane mills, there has been a close relationship between the harvest season and stable fly abundance. Preliminary studies on the population dynamics of *S. calcitrans*, using Alsynite sticky traps (BROCE, 1988) in sugarcane mills and cattle ranches, have shown a consistent pattern, where a sudden increase in the fly population is noticed shortly after the beginning of the sugarcane harvest season, declining after the end of harvesting activities (DOMINGHETTI et al., dados não publicados). These results confirm the observations of ranchers that the fly population increases about a month after the beginning of harvesting and declines a month after harvesting ends (BITTENCOURT, 2012).

Studies of the population dynamics of stable flies adjacent to sugarcane mills have shown that the basal population of stable flies maintained on farms between harvesting seasons seems to work as the initial source for colonization of sugarcane areas, starting their massive proliferation in byproducts from the sugarcane industry (BARROS et al., 2010; BITTENCOURT, 2012). After they emerge, adult stable flies return to ranches in search of hosts for blood feeding. Souza et al. (2014) found the occurrence of *S. calcitrans* outbreaks on cattle ranches about four weeks after the beginning of the sugarcane harvest, indicating a direct relationship between fly infestation and sugarcane mill operation (large production of organic byproducts).

Using emergence traps to evaluate the potential production of *S. calcitrans* in distinct organic substrates generated by sugarcane mills, Corrêa et al. (2013) found a higher production of stable flies in filter cake and mulch fertigated with vinasse than in sugarcane bagasse and mulch without vinasse. Despite the potentially higher production of *S. calcitrans* in filter cake than in mulch plus vinasse (55.8 and 24.2 flies/m², respectively), the much larger areas fertigated with vinasse result in a massive production of flies, thus making this substrate the most important one associated with the occurrence of outbreaks. However, in *in vitro* studies, vinasse has been found to exert some influence on stable fly development, apparently related to its concentration in the substrate (LEITE et al., 2013; SILVA et al., 2013). Despite the evident relationship between population explosions of stable flies and sugarcane mill operations, not all outbreaks are so related. *S. calcitrans* outbreaks may be associated with other production systems that generate relatively large amounts of organic wastes which, in a decomposing/fermentation process, provide an adequate environment for the development of immatures of this fly, such as wet grains, fruit and crop production wastes and poultry litter (KOLLER et al., 2009). Indeed, the large-scale development of immature stable flies and consequent heavy infestations caused by the non-judicious use of organic fertilizers have been relatively frequent in several regions of the country.

In March and April 2014, the wastes accumulated from cattle supplementation as well as the organic fertilization of pastures with effluents from a commercial pig farm resulted in stable fly outbreaks in the municipalities of Amambai and Rondonópolis, in the state of Mato Grosso do Sul. Sugarcane activities were not involved in either of these cases (author's information). In the municipality of Eunápolis, in southern Bahia, high infestations of this pest were recorded following the use of raw fertilizers, mostly poultry litter and coffee husks, by producers of papaya, banana, and coffee, causing serious problems to local ranchers (SULBAHIA NEWS, 2009). In the state of São Paulo, *S. calcitrans* immatures were found on 42.3% of the coffee farms in the municipality of Espírito Santo do Pinhal, and were attributed to the use of coffee husks, cattle manure and poultry litter as fertilizers in coffee cultivation (BITTENCOURT, 1998). Buralli et al. (1987) also found a high production of flies, including *S. calcitrans*, on farms using poultry litter as organic fertilizer in the same state.

Similar problems in the southeastern municipalities of the state of Espírito Santo led the state's Department of Agriculture, through Ordinance N°. 23-R of 02 December 2003, to ban the use of organic fertilizers in the state, such as coffee husks, poultry litter and animal

feed wastes, without the previous adoption of adequate measures for stable fly control (ESPÍRITO SANTO, 2003).

In addition to the problems caused to other production systems, the development of stable flies on poultry farms can affect the production system itself. According to Gonçalves and Veiga (1994), cited by Gonçalves and Veiga (1998), a 22% reduction observed in the weight of poultry and of 25% in egg laying was attributed to stable fly attacks. However, poultry are not usually blood hosts for stable flies; in fact, *S. calcitrans* feeds on chickens only in the absence of other hosts (GONÇALVES & VEIGA, 1998).

Despite the advantages of organic fertilizers, care should be taken in specific situations since most of these fertilizers, e.g., poultry litter, tend to be highly favorable for the proliferation of flies, including *S. calcitrans*. Thus, the use of untreated fertilizers surrounding ethanol plants markedly increases the risk of fly population explosions, contributing to the occurrence of stable fly outbreaks. In Angélica, state of Mato Grosso do Sul, the source of an outbreak that occurred in July 2012 was attributed to poultry litter applied on a sugarcane plantation adjacent to a sugarcane mill (author's information).

Prevention and control measures

Several recommendations have been put forward to prevent and control stable flies at sugarcane mills and ranches. Most of them involve environmental management practices aimed at eliminating developmental sites or making them less favorable for the development of immatures.

Some measures proposed for sugarcane mills include raising the pH in soils fertigated with vinasse (BURALLI & GUIMARÃES, 1985; KASSAB et al., 2012), incorporation of sugarcane mulch in the soil, management of filter cake piles (KOLLER et al., 2009; BITTENCOURT, 2012), fractionation of vinasse application (KOLLER et al., 2009; KASSAB et al., 2012), cleaning of open vinasse canals and use of vinasse distribution pipes (BITTENCOURT, 2012), prophylactic post-harvest mulch burning (CANÇADO et al., 2013b), and suppression of the use of poultry litter as an organic fertilizer (BURALLI et al., 1987).

Albeit relevant and underpinned by a scientific rationale, most of the current recommendations lack not only scientific studies to give them a more consistent basis but also adequate methodological details for their implementation, as well as confirmation of their real effectiveness in field conditions.

The successful control of stable flies on livestock properties depends on the adequate sanitary management practices to eliminate or properly treat animal excrements and supplemental feed wastes, particularly in feedlots and dairy systems (SKODA et al., 1991; FOIL & HOGSETTE, 1994; BROCE et al., 2005).

Although insecticides are the first option of most producers to control cattle ectoparasites, this method is neither effective nor sustainable against *S. calcitrans*, and is recommended only in emergency situations (FOIL & HOGSETTE, 1994; BARROS et al., 2010). Regardless of the insecticide formulation or class, the low efficacy of insecticide treatments for controlling adult *S. calcitrans* has been empirically observed by producers and confirmed in field studies (CAMPBELL & HERMANUSSEN, 1971; GUGLIELMONE et al., 2004). Thus, control measures should primarily target immature stable flies and their sites of development, improving the overall effectiveness of stable fly control strategies.

The action of insecticides, either neurotoxic or growth regulator (IGRs), on immature *S. calcitrans* has been demonstrated *in vitro* and in field studies. The preventive treatment of cattle with avermectin insecticides (eprinomectin, abamectin, ivermectin, and doramectin) reduced the viability of neo-larvae to adult stable flies in manure by over 84% (MACEDO et al., 2005). Similarly, a significant inhibitory effect on the development of stable fly immatures was achieved by treating cattle dung with the IGRs pyriproxyfen and buprofezin diluted in water (LIU et al., 2012), and with a granular formulation of novaluron (LOHMEYER & POUND, 2012). In the field, a single application of granular cyromazine at hay feeding sites resulted in a 97% reduction in the emergence of *S. calcitrans* (TAYLOR et al., 2012b). Owing to the efficacy, as well as animal and environmental safety, the use of IGRs seems to be particularly promising in integrated stable fly management strategies.

Increase of the pH of substrates used for larval development has been considered a promising approach for the control of *Musca domestica*, including areas where vinasse is applied (BURALLI & GUIMARÃES, 1985; CALVO et al., 2010). However, more detailed studies are needed to support its large-scale application to control *S. calcitrans* in field conditions.

The lack of efficient methods of chemical control of *S. calcitrans* in extensive cattle raising areas (BROCE et al., 2005) is a serious limitation to control this parasite, particularly during outbreaks. Currently available commercial products, as well as their formulations and application methods, need a more comprehensive evaluation to support their safer and more efficient use in this particular epidemiological situation.

Challenges and outlook

Although sugarcane is one of the oldest crops under cultivation in Brazil and the stable fly has long been widely distributed in the country, the problem of sugarcane-related stable fly outbreaks is a relatively recent one, especially considering their current frequency and intensity. This situation, which involves the expansion of the industry and the gradual ban on pre-harvest burning of sugarcane by the Federal Decree N°. 2661 of 8 July 1998 (BRASIL, 1998), has introduced a new epidemiological scenario involving the stable fly. Therefore, few studies have so far been conducted to address this new epidemiological context, and scientific information about the bioecology of *S. calcitrans* in Brazil is still scant. This lack of baseline studies makes it difficult to develop specific integrated management programs to address the current situation of expanding sugarcane activity and its emerging risks.

In recent years, however, Brazilian research groups have made advances on the subject, shedding some light on this highly complex problem. Initial studies were limited to recording and describing the basic characteristics of sudden stable fly outbreaks occurring in the country, seeking to compile baseline information to allow for a better understanding of the situation and its geographic occurrence, and proposing some practical measures to mitigate the problem (KOLLER et al., 2009; BARROS et al., 2010; BITTENCOURT, 2012; KASSAB et al., 2012; CANÇADO et al., 2013b). More recently, some field studies have provided additional information, contributing to a more in-depth understanding of the epidemiology of the stable fly, mainly at sugarcane mills, and the dynamics of outbreaks (CORRÊA et al., 2013; CANÇADO et al., 2013a).

This initial knowledge is of paramount importance because it provides baseline support for more applicable research. Running applied research, which includes biological control (MORAES et al., 2008, 2010), population monitoring, and chemical control, should lead to the identification of potentially useful alternatives for controlling the parasite and preventing outbreaks. Unfortunately, such alternatives are not yet available and more time is required for their development before they can be applied in practice.

The low efficacy of commercially available chemical formulations for controlling *S. calcitrans* on pasture cattle (BROCE et al., 2005) clearly reveals the need for a wider range of options to enable efficient and sustainable integrated approaches for the control of adults and immatures. The use of biological insecticides at larval development sites, either separately or combined with chemical insecticides, may be a promising approach.

There is a consensus that the successful control of *S. calcitrans* depends mostly on sanitary management (FOIL & HOGSETTE, 1994; KOLLER et al., 2009; BITTENCOURT, 2012). However, despite the simplicity and economic viability of sanitary management actions recommended for the control of *S. calcitrans* on ranches, such actions are poorly adopted in practice. Lack of information, knowledge and environmental responsibility, as well as cultural issues and labor-related constraints, are among the factors responsible for the paucity of hygiene actions at cattle facilities.

Regardless of the real cause, any increase in stable fly infestations is immediately associated with sugarcane operations when there is a mill located nearby. Thus, in a generally tense situation of mutual accusations, substantial economic losses and daily frustration, dialogue between the parties becomes increasingly difficult, making it even more difficult to achieve advances in prevention, mitigation or solutions.

There is a noteworthy difference in the temporal and proportional participation of the two productive sectors – livestock and sugarcane industries – in the dynamics of population explosions. Cattle ranches keep a relatively small stable fly population between sugarcane harvest seasons, since the fly is practically absent from old and exhausted substrates after the end of the harvest. Such a basal population is essential for the fly's subsequent dispersion and massive reproduction in sugarcane plantations after the harvest begins, ultimately culminating in the occurrence of fly outbreaks.

Ultimately, the ranch-mill-ranch triad is a corridor that offers easy access of the fly to feeding (animals) and reproduction sites (organic wastes at the mill) throughout most of the year, enabling outbreaks whenever environmental conditions are favorable (heavy rain, use of organic fertilizer, etc.). Although the dynamics of fly outbreaks in the livestock and sugarcane sectors may differ, it stands to reason that these sectors should work together in the joint and integrated adoption of actions aimed at preventing, mitigating or solving this problem.

With its industrial park optimized for large-scale low cost production and high productivity, Brazil stands out as the world's largest sugarcane and ethanol producer (ABREU et al., 2011). However, some side effects of this large-scale production system have been identified, such as the massive production of a livestock pest (*S. calcitrans*) that strongly affects another production system. Despite the noticeable efforts of the sugarcane sector, in practice, the adoption of new technologies for stable fly control and prevention of outbreaks is neither simple nor cheap. Therefore, one of the main challenges the sugarcane industry faces

in finding a solution to the stable fly problem is the development and validation of techniques to manage the organic byproduct generated by the operation itself. The expansion of the sugarcane industry onto lands traditionally occupied by livestock has generated conflicts, which tend to worsen and require adjustments in both production chains.

Given the responsibility of the sugarcane and livestock production systems in the epidemiology of *S. calcitrans* outbreaks (KOLLER et al., 2009; BARROS et al., 2010; CANÇADO et al., 2013a), it is essential that the two sectors participate jointly in the search for a solution to the problem. Also needed is the formulation and execution of public policies that provide tools for the proper implementation of management actions.

Some possibilities regarding new agronomic techniques with potential benefits for the control of *S. calcitrans* at sugarcane mills have been discussed. One of these possibilities is to concentrate vinasse by means of a technology that significantly reduces the amount of water in the byproduct (CRUZ et al., 2013). Reducing the water content of vinasse and applying it directly on sugarcane cultivation rows tends to render harvested areas less favorable for the fly's development. An additional advantage of this technology is the expansion of fertigation when compared to the current use of channels or pipes. However, this technique is expensive and has so far been employed only by a few mills around the world, and its effectiveness in preventing stable fly outbreaks has not yet been confirmed, particularly when it rains after application.

Another technology under discussion is the anaerobic digestion of vinasse, resulting in the production of biogas (CRUZ et al., 2013). Like other possibilities, the adoption of this technology also depends on the prior assessment of its technical, environmental and economic aspects. Once digested, vinasse would no longer be applied on mulch, thereby eliminating large areas of *S. calcitrans* reproduction. However, the use of fertilizers in place of vinasse may increase, thus raising production costs. Like the previous technology, the potential efficiency of this technology in preventing the fly reproduction at sugarcane mills needs to be carefully assessed before it is recommended and adopted as a fly control measure.

Regardless of their use by sugarcane mills or livestock ranches, a path to be considered is the adaptation of existing technologies to this new situation. An example may be the use of insect growth regulators (IGRs), which are known to be effective in some conditions. However, their use requires field evaluations to determine their efficacy as well as their environmental and economic viability before they are largely adopted. The same applies

to other insecticides available on the market, whose formulations and application methods may require adjustments for use in specific situations or even on a large scale.

Biological control agents have also been considered as an option, emphasizing the use of entomopathogenic fungi (MORAES et al., 2008; ALVES et al., 2012b) and bacterial isolates, such as *Bacillus thuringiensis* (LYSYK & SELINGER, 2012). However, their use is not a short-term option. Because of the critical importance of the problem, and the greater ability of the sugarcane and alcohol industry to respond to production system-related demands, this sector should keep an eye out for new possibilities, since several lines of research and innovative technologies are currently under development around the world.

Final remarks

Preliminary research results and empirical experience based on approaches applied to both livestock and sugarcane production systems have contributed to a better understanding of the dynamics of stable fly population explosions, and to improved fly control measures, which ultimately help prevent outbreaks, reducing direct and indirect losses. However, the development of more meaningful technological advances and their widespread adoption requires more time and should not be expected in the short term.

In order to contribute to the growth of the sugarcane sector and minimize the severe economic losses resulting from *S. calcitrans* outbreaks among livestock in several regions of the country, it is necessary to implement public policies that can address the real needs of both productive sectors.

Lastly, it is emphasized the need for dialogue and joint work by the sectors involved so that the best possible level of control can be achieved using the current knowledge and technologies. Only coordinated and integrated actions will effectively reduce the frequency and intensity of stable fly outbreaks until effective solutions can be devised.

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the financial support of this work by FUNDECT (Mato Grosso do Sul State Foundation for the Support and Development of Education, Science and Technology) and EMBRAPA (Brazilian Agricultural Research Corporation).

References

Abreu D, Moraes LA, Nascimento EN, Oliveira RA. A produção da cana-de-açúcar no Brasil e a saúde do trabalhador rural. *Rev Bras Med Trab* 2011; 9(2): 49-61.

- Alves L. Surtos da mosca-dos-estábulo já chegam à Goiás. *Rev Campo* 2012a; 199: 18-19.
- Alves PSA, Moraes APR, Salles CMC, Bittencourt VREP, Bittencourt AJ. *Lecanicillium lecanii* no controle de estágios imaturos de *Stomoxys calcitrans*. *Rev Bras Med Vet* 2012b; 34(S1): 66-72.
- Associação dos Produtores de Bioenergia de Mato Grosso do Sul – BIOSUL. Bioenergia [online]. Campo Grande; 2014 [cited 2014 Dec 17]. Available from: <http://www.biosulms.com.br/bioenergia>.
- Barros AT, Koller WW, Catto JB, Soares CO. Surtos por *Stomoxys calcitrans* em gado de corte no Mato Grosso do Sul. *Pesqui Vet Bras* 2010; 30(11): 945-952. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-736X2010001100008>.
- Bishopp FC. The stable fly (*Stomoxys calcitrans* L.) an important live stock pest. *J Econ Entomol* 1913; 6(1): 112-116. <http://dx.doi.org/10.1093/jee/6.1.112>.
- Bittencourt AJ. *Aspectos clínico-epidemiológicos de Stomoxys calcitrans (Linnaeus, 1758) em bovinos e eqüinos em Espírito Santo do Pinhal - SP* [Thesis]. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 1998.
- Bittencourt AJ. Avaliação de surtos e medidas de controle ambiental de *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) na Região Sudeste do Brasil. *Rev Bras Med Vet* 2012; 34(S1): 73-82.
- Brasil. Câmara dos Deputados. Decreto nº 2.661, de 8 de julho de 1998 [online]. Brasília; 1998 [cited 2014 Nov 23]. Available from: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2661.htm.
- Broce AB. An improved Alsynite trap for stable flies, *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae). *J Med Entomol* 1988; 25(5): 406-409. <http://dx.doi.org/10.1093/jmedent/25.5.406>. PMID:3193434.
- Broce AB, Hogsette J, Paisley S. Winter feeding sites of hay in round bales as major developmental sites of *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) in pastures in spring and summer. *J Econ Entomol* 2005; 98(6): 2307-2312. <http://dx.doi.org/10.1093/jee/98.6.2307>. PMID:16539164.
- Bungenstab DJ, Lopes CHL, Soares CO, Saldanha EP, Malafaia GC. Agronegócio com sustentabilidade: a eficiência das cadeias produtivas em Mato Grosso do Sul. Brasília: Embrapa; 2012.
- Buralli GM, Born RH, Gerola O, Pimont MP. Soil disposal of residues and the proliferation of flies in the state of São Paulo. *Water Sci Technol* 1987; 19(8): 121-125.

- Buralli GM, Guimarães JH. Controle de *Musca domestica* Linnaeus (Diptera, Muscidae) em área de manejo de vinhaça (Macatuba, São Paulo, Brasil). *Rev Bras Zool* 1985; 3(1): 1-6. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751985000100001>.
- Cadioli FA, Barnabé PA, Machado RZ, Teixeira MCA, André MR, Sampaio PH, et al. First report of *Trypanosoma vivax* outbreak in dairy cattle in São Paulo state, Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet* 2012; 21(2): 118-124. [http:// dx.doi.org/10.1590/S1984-29612012000200009](http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612012000200009). PMID:22832751.
- Calvo MS, Gerry AC, McGarvey JA, Armitage TL, Mitloehner FM. Acidification of calf bedding reduces fly development and bacterial abundance. *J Dairy Sci* 2010; 93(3): 1059-1064. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2797>. PMID:20172226.
- Campbell JB, Hermanussen JF. Efficacy of insecticides and methods of insecticidal application for control of stable flies in Nebraska. *J Econ Entomol* 1971; 64(5): 1188-1190. <http://dx.doi.org/10.1093/jee/64.5.1188>. PMID:5122336.
- Cançado PHD, Ferreira T, Piranda EM, Soares CO. Sugarcane stems as larval habitat for the stable fly (*Stomoxys calcitrans*) in sugarcane plantations. *Pesqui Vet Bras* 2013a; 33(6): 741-744. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-736X2013000600009>.
- Cançado PHD, Barros ATM, Catto JB, Koller WW, Soares CO. Uso da queima profilática no controle emergencial e prevenção de surtos pela mosca-dos-estábulo (*Stomoxys calcitrans*) em propriedades produtoras de cana-de-açúcar. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; 2013b.
- Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. [online]. Brasília; 2014 [cited 2015 Jan 29]. Available from: <http://www.conab.gov.br>.
- Cook DF, Dadour IR, Keals NJ. Stable fly, house fly (Diptera: Muscidae), and other nuisance fly development in poultry litter associated with horticultural crop production. *J Econ Entomol* 1999; 92(6): 1352-1357. <http://dx.doi.org/10.1093/jee/92.6.1352>. PMID:10633577.
- Corrêa EC, Ribas ACA, Campos J, Barros ATM. Abundância de *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) em diferentes subprodutos canavieiros. *Pesqui Vet Bras* 2013; 33(11): 1303-1308. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-736X2013001100003>.
- Cruz LFLS, Duarte CG, Malheiros TF, Pires EC. Análise da viabilidade técnica, econômica e ambiental das atuais formas de aproveitamento da vinhaça: fertirrigação, concentração e biodigestão. *Rev Bras Ciênc Amb* 2013; 29: 111-127.
- Cuiabá. Empresa é acionada pelo MPE por danos ao ambiente [online]. Cuiabá; 2010 [cited 2014 Nov 23]. Available from: <http://www.diariodecuiaba.com.br/detalhe.php?cod=368085>.

- Echo News. New regulations for stable fly [online]. Midland; 2014 [cited 2014 Nov 23]. Available from: <http://echonewspaper.com.au/newregulations-stable-fly>.
- Elkan PW, Parnell R, Smith D. A die-off of large ungulates following a *Stomoxys* biting fly out-break in lowland forest, northern Republic of Congo. *Afr J Ecol* 2009; 47(4): 528-536. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2028.2008.00980.x>.
- Espírito Santo. Secretaria de Estado de Agricultura do Espírito Santo. Portaria nº 23-R, de 2 de dezembro de 2003 [online]. Espírito Santo; 2003 [cited 2014 Dec 10]. Available from: <http://www.idaf.es.gov.br/Download/Legislacao/DRNRE/Portaria%20n%C2%BA%2023-R%20de%2020de%20dezembro%20de%202003.pdf>.
- Foil LD, Hogsette JA. Biology and control of tabanids, stable flies and horn flies. *Rev Sci Tech* 1994; 13(4): 1125-1158. PMID:7711307.
- Fosbrooke HA. The *Stomoxys* plague in Ngorongoro, 1962. *Afr J Ecol* 1963; 1(1): 124-126. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2028.1963.tb00190.x>.
- Gilles J, David JF, Lecomte P, Tillard E. Relationships between chemical properties of larval media and development of two *Stomoxys* species (Diptera: Muscidae) from Reunion Island. *Environ Entomol* 2008; 37(1): 45-50. [http://dx.doi.org/10.1603/0046-225X\(2008\)37\[45:RBCPOL\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1603/0046-225X(2008)37[45:RBCPOL]2.0.CO;2). PMID:18348795.
- Globo Rural. Em SP, rebanhos sofrem com mosca-dos-estábulo [online]. 2014 [cited 2014 Nov 23]. Available from: <http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2014/08/em-sp-rebanhos-sofrem-com-o-ataqueda-mosca-do-estabulo.html>.
- Gomes RA. Surtos de *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) em bovinos e eqüinos na região Noroeste de São Paulo/Brasil devido ao desequilíbrio ambiental. Engormix [online]. 2009 [cited 2014 Nov 9]. Available from: <http://pt.engormix.com/MA-pecuaria-corte/saude/artigos/surtos-stomoxyscalcitrans-diptera-t132/165-p0.htm>.
- Gonçalves NMFM, Veiga LA. Influência da temperatura na ocorrência de *Stomoxys calcitrans* (L.) em aviários de aves de postura (*Gallus gallus*). *Arq Biol Tecnol* 1994; 37(4): 853-864.
- Gonçalves NMFM, Veiga LAS. Variação nos hábitos alimentares da mosca de estábulo *Stomoxys calcitrans* L. *Braz Arch Biol Technol* 1998; 41(3): 1-5.
- Goretth C. Empresa é acionada pelo MPE por ato lesivo ao meio ambiente [online]. Mato Grosso: Ministério Público; 2010 [cited 2014 Nov 23]. Available from: <https://www.mpmg.mp.br/conteudo.php?sid=58&cid=47229&parent=58>.

- Grisi L, Leite RC, Martins JRS, Barros ATM, Andreotti R, Cançado PHD, et al. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet* 2014; 23(2): 150-156. [http:// dx.doi.org/10.1590/S1984-29612014042](http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612014042). PMID:25054492.
- Guglielmone AA, Volpogni MM, Quaino OR, Anziani OS, Mangold AJ. Abundance of stable flies on heifers treated for control of horn flies with organophosphate impregnated ear tags. *Med Vet Entomol* 2004; 18(1): 10-13. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0269-283x.2004.0466.x>. PMID:15009440.
- Hansens EJ. The stable fly and its effects on seashore recreational areas in New Jersey. *J Econ Entomol* 1951; 44(4): 482-487. <http://dx.doi.org/10.1093/jee/44.4.482>.
- Herrero MV, Montes L, Sanabria C, Sánchez A, Hernández R. Estudio inicial sobre la mosca de los establos *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae), en la región del pacífico sur de Costa Rica. *Cienc Vet* 1989; 11(2-3): 11-14.
- Huchzermeyer FW, Penrith ML, Elkan PW. Multifactorial mortality in bongos and other wild ungulates in the north of the Congo Republic Onderstepoort. *J Vet Res* 2001; 68(4): 263-269. PMID:12026060.
- Instituto Mineiro de Agropecuária – IMA. IMA monitora população da Mosca dos Estábulo no Triângulo Mineiro [online]. Belo Horizonte; 2012 [cited 2014 Nov 23]. Available from: <http://www.ima.mg.gov.br/acontece-no-ima/1403-ima-monitora-populacao-da-mosca-dos-estabulosno-triangulo-mineiro>.
- Kassab SO, Gaona JC, Loureiro ES, MotaTA, Fonseca PRB, Rossoni C. Novos surtos populacionais de mosca-dos-estábulo no Mato Grosso do Sul: medidas de controle e prevenção. *Rev Agrarian* 2012; 5(15): 84-88.
- King WV, Lenert LG. Outbreaks of *Stomoxys calcitrans* L. (“Dog flies”) along Florida’s Northwest coast. *Fla Entomol* 1936; 19(3): 33-41. [http:// dx.doi.org/10.2307/3492310](http://dx.doi.org/10.2307/3492310).
- Koller WW, Catto JB, Bianchin I, Soares CO, Paiva F, Tavares LER, et al. Surtos da mosca-dos-estábulo, *Stomoxys calcitrans*, em Mato Grosso do Sul: novo problema para as cadeias produtivas da carne e sucoalcooleira? Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; 2009.
- Laime EMO, Fernandes PD, Oliveira DCS, Freire EA. Possibilidades tecnológicas para a destinação da vinhaça: uma revisão. *R Trop Ci Agr Biol* 2011; 5(3): 16-29.
- Leite IHF, Carvalho EB, Bittencourt AJ. Influência do vinhoto no desenvolvimento de *Stomoxys calcitrans*. *Cienc Rural* 2013; 43(2): 326- 330. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000200022>.

- Liu SS, Li AY, Lohmeyer HH, Pérez de León AA. Effects of pyriproxyfen and buprofezin on immature development and reproduction in the stable fly. *Med Vet Entomol* 2012; 26(4): 379-385. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2915.2012.01013.x>. PMID:23205663.
- Lohmeyer KH, Pound JM. Laboratory evaluation of novaluron as a development site treatment for controlling larval horn flies, house flies, and stable flies (Diptera: Muscidae). *J Med Entomol* 2012; 49(3): 647- 651. <http://dx.doi.org/10.1603/ME11220>. PMID:22679873.
- LysykTJ, Selinger LB. Effects of temperature on mortality of larval stable fly (Diptera: Muscidae) caused by five isolates of *Bacillus thuringiensis*. *J Econ Entomol* 2012; 105(2): 732-737. <http://dx.doi.org/10.1603/EC11359>. PMID:22606847.
- Macedo DM, Chaaban A, Moya Borja GE. Desenvolvimento pósembriônico de *Stomoxys calcitrans* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Muscidae) criadas em fezes de bovinos tratados com diferentes avermectinas. *Rev Bras Parasitol Vet* 2005; 14(2): 45-50. PMID:16153344.
- Martínez PJA, Calvache HG, Mantilla CEG. Control integrado de la mosca *Stomoxys calcitrans* en el cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq). *Rev Sist Prod Agroecol* 2013; 4(2): 81-99.
- Mora ST, Calvache HG, Alvañil FA, Torres AJ, Verdugo A, Luna JE. La mosca de los establos *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae), en palma de aceite. *Palmas* 1997; 18(3): 31-42.
- Moraes APR, Angelo IC, Fernandes EKK, Bittencourt VREP, Bittencourt AJ. Virulence of *Metarhizium anisopliae* to eggs and immature stages of *Stomoxys calcitrans*. *Ann N Y Acad Sci* 2008; 1149(1): 384-387. <http://dx.doi.org/10.1196/annals.1428.008>. PMID:19120256.
- Moraes APR, Bittencourt VREP, Bittencourt AJ. Patogenicidade de *Beauveria bassiana* sobre estágios imaturos de *Stomoxys calcitrans*. *Cienc Rural* 2010; 40(8): 1802-1807. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010000800021>.
- Mullens BA, Lii KS, Mao Y, Meyer JA, Peterson NG, Szijj CE. Behavioural responses of dairy cattle to the stable fly, *Stomoxys calcitrans*, in an open field environment. *Med Vet Entomol* 2006; 20(1): 122-137. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2915.2006.00608.x>. PMID:16608497.
- Nakano O, Paro Jr LA, Camargo AH. Controle químico de adultos e larvas da mosca doméstica. *O Biológico* 1973; 39: 5-8.
- National Geographic Magazine. Captives in the wild, the lions of Ngorongoro crater [online]. 1992 [cited 2014 Nov 23]. Available from: <http://lynx.uio.no/jon/lynx/ngoro-e.htm>.

Oda FH, Arantes CA. Surto populacional da mosca dos estábulos *Stomoxys calcitrans*, Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae) no município de Planalto, SP. *Rev Agro Meio Amb* 2010; 3(1): 145-159.

Oficina de Notícias. Mosca causa perdas na produção de leite no norte capixaba [online]. 2014 [cited 2014 Nov 3]. Available from: <http://oficinadenoticias.com.br/destaques/mosca-causa-perdas-na-producao-de-leite-no-norte-capixaba>.

Silva OR, Andriotti PA, Bittencourt AJ. Efeito do vinhoto e cana de açúcar na viabilidade de adultos de *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae). *Rev Bras Med Vet* 2013; 35(S2): 61-67.

Simmons SW. Observations on the biology of stable fly in Florida. *J Econ Entomol* 1944; 37(5): 680-686. <http://dx.doi.org/10.1093/jee/37.5.680>.

Skoda SR, Thomas GD, Campbell JB. Developmental sites and relative abundance of immature stages of the stable fly (Diptera: Muscidae) in beef cattle feedlot pens in eastern Nebraska. *J Econ Entomol* 1991; 84(1): 191-197. <http://dx.doi.org/10.1093/jee/84.1.191>. PMID:2019682.

Sulbahia News. Eunápolis: mosca do estábulo é tema de seminário [online]. Bahia, 2009 [cited 2014 Dec 19]. Available from: <http://www.sulbahianews.com.br/policia/eunapolis-mosca-do-estabulo-e-tema-de-seminario>.

Taylor DB, Friesen K, Zhu JJ, Sievert K. Efficacy of cyromazine to control immature stable flies (Diptera: Muscidae) developing in winter hay feeding sites. *J Econ Entomol* 2012b; 105(2): 726-731. <http://dx.doi.org/10.1603/EC11317>. PMID:22606846.

Taylor DB, Moon RD, Mark DR. Economic impact of stable flies (Diptera: Muscidae) on dairy and beef cattle production. *J Med Entomol* 2012a; 49(1): 198-209. <http://dx.doi.org/10.1603/ME10050>. PMID:22308789.

ARTIGO 2

[Proposta de artigo a ser apresentado à Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária]

Dinâmica populacional de *Stomoxys calcitrans* em usina sucroalcooleira e propriedades pecuárias adjacentes, em Mato Grosso do Sul, Brasil

Population dynamics of *Stomoxys calcitrans* in sugarcane mill and adjacent livestock properties in Mato Grosso do Sul, Brazil

Resumo

Surtos por *Stomoxys calcitrans* (Díptera: Muscidae) no Brasil tem ocasionado grandes prejuízos econômicos à bovinocultura e também às usinas sucroalcooleiras. O objetivo do presente estudo foi conhecer a sazonalidade de *S. calcitrans* em uma usina sucroalcooleira e propriedades pecuárias adjacentes, em Mato Grosso do Sul. As avaliações foram realizadas de janeiro/2013 a dezembro/2015. Foram utilizadas armadilhas reflexivas do tipo “Alsynite”. As armadilhas foram distribuídas nos ambientes de palha com vinhaça (n= 29), palha sem vinhaça (n= 31), torta de filtro (n=5 no 1º e 2º anos e n= 10 no 3º ano) e em três fazendas pecuárias (n=15, sendo 5/fazenda). Após as coletas semanais, o material entomológico foi encaminhado ao laboratório, para identificação e contagem dos espécimes. Foram capturados 1.305.231 adultos de *S. calcitrans*, coletados em 145 semanas. A flutuação populacional de *S. calcitrans* nas proximidades da usina sucroalcooleira apresenta maior abundância e picos de ocorrência entre abril/maio e dezembro e redução da população de-janeiro a março/abril. As variáveis climáticas não foram determinantes na ocorrência dos surtos de *S. calcitrans*, existindo maior relação com o manejo da palha, vinhaça, torta de filtro e resíduos pecuários. Picos populacionais de *S. calcitrans* ocorrem após cerca de seis semanas do início da safra de cana-de-açúcar. De modo geral, a ocorrência de surtos apresenta relação com a produção pecuária que realiza a manutenção de populações de *S. calcitrans* na entressafra e a atividade sucroalcooleira que proporcionam extensas áreas de substratos propícios à reprodução massiva deste díptero durante a safra.

Palavras-chave: mosca-dos-estábulo, surto, vinhaça.

Abstratet

Stomoxys calcitrans outbreaks (Diptera: Muscidae) in Brazil have causing great economic losses to livestock and sugarcane mill. This work aimed to know the seasonality of *S. calcitrans* in the sugarcane field and adjacent livestock properties in Mato Grosso do Sul. The evaluations were carried out from January / 2013 to December / 2015. Reflective traps as Alsynite” type were used. Traps were installed in four environments: straw with vinasse (n = 29), straw without vinasse (n = 31), filter cake (n = 5 in 1st and 2nd years and n = 10 in 3rd year) and three livestock farms (n = 15, with 5 traps per farm). After weekly collections, the entomological material collected had been sent to the laboratory, to identify and count the specimens. A total of 1,305,231 adults of *S. calcitrans* were collected in 145 weeks. The seasonal fluctuation of *S. calitrans* near sugarcane mill presents greater abundance and peaks occurring between April/May and December and reduction of population between January and March/April. The climatic variables were not determinant on occurrence of *S. calcitrans* outbreaks. There was a greater relationship with management of filter cake, sugarcane straw, vinasse and cattle residues. Peaks of *S. calcitrans* occur after six weeks of beginning sugarcane harvest. In general, occurrence of outbreaks is related to livestock production, that maintains *S. calcitrans* populations in off-season and the sugar and alcohol activities that offer extensive areas of substrates that are favorable to massive reproduction of this diptera during harvest.

Keywords: stable fly, outbreak, vinasse.

Introdução

A mosca-dos-estábulo, *Stomoxys calcitrans* (Díptera: Muscidae), destaca-se como um dos principais parasitas de bovinos do mundo, devido aos expressivos prejuízos econômicos (TAYLOR et al., 2012). No Brasil, os prejuízos anuais causados por este ectoparasita foram estimados em US\$ 335 milhões por Grisi et al. (2014).

As perdas decorrentes do ataque da mosca-dos-estábulo afetam especialmente os bovinos em sistemas de confinamento e leiterias (BRUCE & DECKER, 1958) e, na presença de elevados níveis de infestação desse inseto, também pode causar danos em gado de corte criado extensivamente (BARROS et al., 2010).

Em consequência da sua picada dolorosa durante a atividade alimentar, comportamentos de estresse e aglomeração do rebanho são observados. Diversos agentes patogênicos a animais domésticos, como *Rickettsia* (*Anaplasma*, *Coxiella*),

Trypanosoma spp., *Habronema microstoma*, *Dirofilaria* spp., tem como potencial vetor *S. calcitrans* (BALDACCHINO et al., 2013).

A sazonalidade da mosca-dos-estábulo apresenta picos anuais bimodais em países tropicais e subtropicais, estando relacionados aos períodos de climas quentes e úmidos, ainda que estejam presentes durante o ano todo (MULLENS & MEYER, 1987).

No Brasil, embora existam estudos sobre atividade sazonal de *S. calcitrans* (BITTENCOURT & MOYA-BORJA, 2000; RODRÍGUEZ-BATISTA et al., 2005), estes são poucos e não relacionados a atividade sucroalcooleira. Somado a isto, há uma crescente demanda por tecnologias para controle deste inseto em função dos surtos ocorridos nos últimos anos.

Os subprodutos orgânicos gerados pelas usinas, decorrentes do processo de produção de açúcar e álcool, favorecem a formação de extensas áreas que permitem o desenvolvimento de *S. calcitrans* e, conseqüentemente, produção massiva desse díptero (CORRÊA et al., 2013). O processo de fertirrigação (aplicação por aspersão do subproduto vinhaça em lavouras canavieiras) após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar propicia a formação de áreas com condições suficientes ao desenvolvimento da mosca-dos-estábulo durante todo período de safra da cana-de-açúcar (BITTENCOURT, 2012). O processo de fertirrigação somado a presença da palha sobre o solo proporcionou a ocorrência de surtos por mosca-dos-estábulo, afetando fazendas pecuárias em municípios da região Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (DOMINGHETTI et al., 2015).

A alta capacidade de adaptação, dispersão e reprodução desse inseto têm resultado em ações de controle onerosas e de difícil gestão. Devido à larga escala de produção da cana-de-açúcar, com utilização de grandes áreas e considerável dinamismo em seus processos de cultivo, a gestão logística (máquinas, pessoas, equipamentos, etc.) das atividades desenvolvidas na usina é complexa e desafiadora. Desta forma, estudos sobre a bioecologia de *S. calcitrans* são fundamentais para seu controle efetivo nas proximidades das usinas sucroalcooleiras. Assim, diante da urgência da obtenção de um programa de manejo integrado da mosca-dos-estábulo, no presente trabalho objetivou-se conhecer a dinâmica populacional de *S. calcitrans* em uma usina sucroalcooleira e propriedades pecuárias adjacentes, em Mato Grosso do Sul.

Material e Métodos

Definições e terminologias

Os parâmetros e terminologias considerados neste estudo estão definidos como:

Entressafra cana-de-açúcar: é o período compreendido entre uma safra e outra, quando não há atividade de colheita e processamento de cana-de-açúcar, sendo realizado os tratos culturais das lavouras canavieiras e a manutenção das máquinas da indústria.

Fertirrigação da cana-de-açúcar com vinhaça: a vinhaça produzida foi armazenada em tanques próprios para esta finalidade e, em seguida, transportada por sistema de condução de vinhaça por tubulações e aplicada em áreas canavieiras próximas à usina. Nas áreas de PCV foi realizado o processo de fertirrigação por meio de aspersão, com auxílio de canhão hidráulico (“hidro-roll”), tendo início logo após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar durante todo período de safra.

Pátio de compostagem da torta de filtro: é o local de manejo das leiras de compostagem de torta de filtro durante a safra, sendo mantidas mensalmente uma média 20 a 25 leiras (comprimento de 250-400 m; largura de cerca de 3 m; altura de cerca de 1 m).

Safra de cana-de-açúcar: é o período compreendido entre início e fim da colheita e moagem da cana-de-açúcar para produção do etanol e, conseqüentemente, produção dos subprodutos orgânicos (palha, bagaço, vinhaça e torta de filtro).

Torta de filtro: subproduto orgânico sólido proveniente do processo de moagem da cana-de-açúcar que pode ser utilizada como fonte de nutrientes nas lavouras canavieiras após compostagem.

Vinhaça: subproduto orgânico líquido da produção de álcool resultante do processo de destilação do caldo de cana-de-açúcar fermentado.

Área de estudo

O estudo da dinâmica populacional de *S. calcitrans* no campo foi realizado em usina sucroalcooleira (21° 29 ‘34,69” S e 54° 16 ‘59,66” W) e três estabelecimentos pecuários adjacentes, localizados a uma distância máxima de 15 km da sede industrial da usina, no município de Nova Alvorada do Sul, MS, de janeiro de 2013 a dezembro de 2015.

A usina sucroalcooleira, destinada apenas à produção de etanol, possuía 64.302,67 ha de lavoura de cana-de-açúcar no ano de 2013, passando para 80.750,50 ha

em 2014 e 84.411 ha, ao final do período de estudo. Os períodos de safra de cana-de-açúcar nos três anos de estudo, compreenderam de abril a dezembro/2013, maio/2014 a janeiro/2015 e março a dezembro/2015, respectivamente.

O monitoramento da dinâmica populacional de *S. calcitrans* abrangeu uma área de aproximadamente 51.000 ha ao longo dos três anos (Figura 1). Os ambientes monitorados na usina foram: palha com vinhaça (PCV), palha sem vinhaça (PSV) e pátio de compostagem da torta de filtro (TF).

Na usina, durante os primeiros anos (2013 e 2014) o pátio de compostagem era mantido à aproximadamente 500 m da indústria de produção de etanol; posteriormente, em 2015, houve mudança do local (300 m da indústria de produção) e ampliação do pátio. Desta forma, as áreas destinadas ao recebimento dos subprodutos na usina, consequentemente de maior importância para criação de locais de desenvolvimento de *S. calcitrans*, foram monitoradas.

Além do monitoramento nas áreas com subprodutos orgânicos, também foi realizado o monitoramento em três fazendas pecuárias (FAZ) adjacentes. O ambiente monitorado nas FAZ foi o curral de manejo localizado na sede das fazendas. As propriedades FAZ1 e FAZ2 possuíam aproximadamente 50 bovinos para produção leiteira e a FAZ3 possuía um rebanho com cerca de 500 bovinos de corte criados extensivamente. Alterações no número de bovinos nas fazendas ocorreram durante o período de estudo.

Outras atividades frequentemente encontradas na região foram os cultivos de monoculturas como soja, milho e eucalipto. Salienta-se, também, a existência de áreas de reserva legal nas propriedades agropecuárias.

A pesquisa foi desenvolvida de acordo com as práticas rotineiras de logística de funcionamento e manejo dos subprodutos orgânicos da usina. Nas propriedades pecuárias também não houve interferência quanto ao sistema de produção e manejo sanitário no decorrer do estudo.

Durante todo período de desenvolvimento do trabalho, os técnicos da usina fizeram registros sobre ocorrências com potencial de interferir nos resultados obtidos. Deste modo, foram disponibilizados pela usina relatórios contendo as informações sobre a ocorrência de incêndios acidentais nas lavouras canavieiras, manejo dos subprodutos orgânicos gerados pela usina (torta de filtro, vinhaça e palha), uso de armadilhas (bandeira azul e preta) impregnadas com inseticidas para controle da mosca-dos-estábulo nas fazendas pecuárias adjacentes e uso de inseticidas nas lavouras

canavieiras. A usina também registrou as datas das reclamações dos produtores de gado e leite da região quanto ao alto nível de infestação de *S. calcitrans* e esta informação também foi disponibilizada por meio de relatórios.

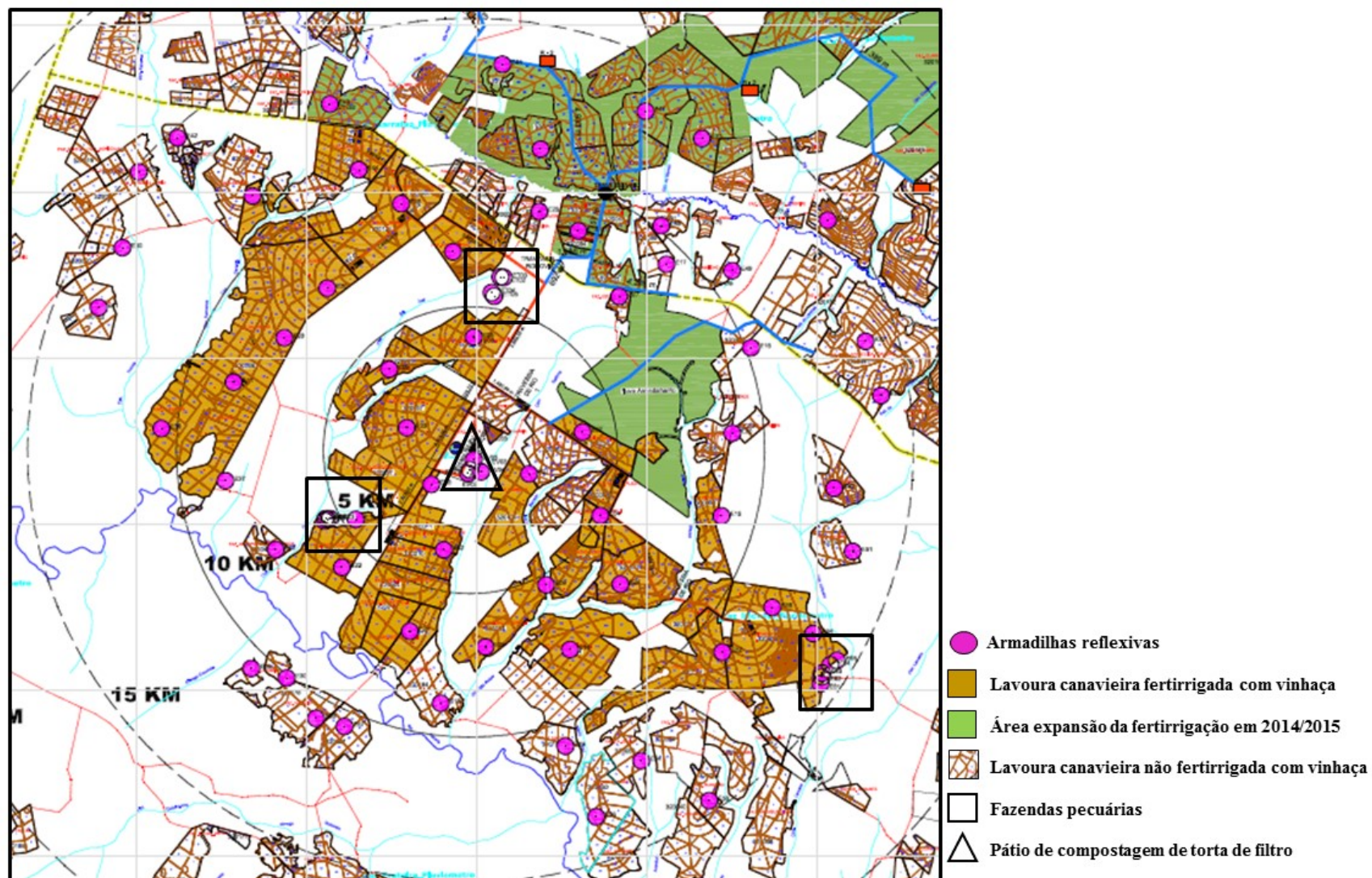


Figura 1. Mapa da área de estudo sobre dinâmica populacional de *Stomoxys calcitrans* em usina sucroalcooleira e propriedades pecuárias adjacentes, no município de Nova Alvorada do Sul, MS. Fonte: Departamento de topografia da usina em estudo.

Armadilhas e coletas

Neste estudo foram utilizadas armadilhas reflexivas do tipo “Alsynite”, semelhantes às descritas por Williams e Rogers (1976) e Hogsette e Ruff (1990). A armadilha comercial (ISCA Tecnologia Ltda.¹) é composta por uma armação de fibra de vidro cilíndrica (40 cm de altura x 22,3 cm de diâmetro), translúcida, revestida por um plástico adesivo transparente, presa a uma estaca de madeira fendida; com borda superior a cerca de 1 metro de altura do solo (Figura 2).



Figura 2. Armadilha reflexiva (Alsynite) utilizada para coleta de adultos de *Stomoxys calcitrans*, em Nova Alvorada do Sul, MS.

Foram empregadas 80 armadilhas nos dois primeiros anos do estudo, aumentando-se para 85 armadilhas em 2015. Três círculos, com raios de 5, 10 e 15 km em relação à sede industrial de produção de etanol da usina (ponto central) foram estabelecidos, sendo inicialmente instaladas 20, 25 e 35 armadilhas, respectivamente; em 2015 foram instaladas mais cinco armadilhas na TF, perfazendo 25 armadilhas na área com 5 km de raio. As armadilhas foram distribuídas nos ambientes de PCV (n=

¹ ISCA Tecnologia Ltda. Ferramentas e Soluções para o Manejo de Pragas (<http://www.isca.com.br/>).

29), PSV (n= 31) e TF (n=5 no 1º e 2º anos e n= 10 no 3º ano), sendo mantidas nos mesmos locais durante todo período de estudo, exceto pela mudança do pátio de compostagem da TF em 2015, quando foi aumentada a área e o número de armadilhas instaladas no local. A definição do ponto exato de instalação das armadilhas foi baseada na aplicação de vinhaça, facilidade de acesso e movimentação de máquinas e caminhões.

Em cada uma das três propriedades pecuárias em estudo foram instaladas cinco armadilhas nas proximidades do curral de manejo do gado, protegidas por cercas. Na FAZ1 as armadilhas foram instaladas no entorno da sala de ordenha, na FAZ2 as armadilhas foram instaladas na cerca da divisa da propriedade e áreas de plantio de cana-de-açúcar, localizadas aproximadamente a 300 m da sala de ordenha e, na FAZ3 as armadilhas foram instaladas no entorno do curral de manejo, próximas à principal área de pastagem do rebanho.

As armadilhas foram mantidas continuamente ativas, com substituição semanal do plástico adesivo com as moscas capturadas. Posteriormente, este material era encaminhado ao Laboratório de Parasitologia Veterinária Aplicada (PAVAP), da Embrapa Gado de Corte, para identificação e contagem dos espécimes, segundo Furman e Catts (1982).

Os dados climáticos referentes à temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa foram obtidos a partir do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em estação meteorológica da cidade de Rio Brilhante, Mato Grosso do Sul, localizada à aproximadamente 45km de distância da área de estudo.

Análise estatística

Para a descrição da dinâmica populacional de *S. calcitrans* utilizou-se o número médio de moscas capturadas por armadilha (semanal e mensalmente) apresentados sob a forma de tabelas e gráficos.

Pela falta de normalidade na distribuição das contagens de moscas capturadas, para as análises estatísticas, as contagens semanais foram transformadas em $\text{Log}_{10}(\text{contagem}+1)$. A dinâmica populacional foi analisada em um modelo misto contendo os efeitos fixos de período (safra ou entressafra), de ambiente (PCV, PSV, TF e FAZ), de raio (5,10,15) e da interação período*ambiente e aleatórios de ano (1, 2 ou 3), de semana (1 a 52) e das diferentes propriedades dentro de cada ambiente. Modelos adicionais reduzidos foram utilizados para análises de condições específicas, como a

aplicação de vinhaça. Utilizou-se a análise de variância, por meio do PROC GLM (General Linear Models Procedure) do SAS (Statistical Analysis System), para determinação do efeito dos fatores e as médias ajustadas (LSMeans) foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Para a análise dos efeitos das condições climáticas (temperatura, pluviosidade, umidade relativa do ar, número de dias de chuva e déficit de saturação) utilizou-se a média semanal das contagens transformadas em um modelo de regressão linear múltipla contendo o ano e a semana como co-variáveis. Também foram feitos estudos de correlação entre as variáveis climáticas e as contagens de moscas.

Para obtenção dos dados sobre déficit de saturação (DS) foi calculada a partir dos fatores abióticos temperatura e umidade relativa do ar de acordo com a fórmula de Randolph e Storey (1999):

$$DS = (1 - UR/100) 4.9463 e^{0.0621T}$$

Resultados

Análise descritiva da sazonalidade de *Stomoxys calcitrans*

Foram capturados 1.305.231 adultos de *S. calcitrans*, coletados em 145 semanas. Em 11 semanas a coleta não pode ser realizada por motivos logísticos tais como chuva, problemas com equipe ou veículo. Ao longo dos três anos de estudo verificou-se redução (39%) no número total de adultos de *S. calcitrans* capturados (Tabela 1).

Tabela 1. Médias de *Stomoxys calcitrans* capturadas por armadilha nos diferentes anos; número de semanas de coleta, total de indivíduos capturados e média de captura de mosca por armadilha em uma usina sucroalcooleira e propriedades pecuárias adjacentes. Nova Alvorada do Sul, MS.

Ano	Nº de semanas de coletas	Nº total de moscas capturadas	Média de mosca/armadilha±DP
2013	50	543.633	134,4±186,3a
2014	51	430.015	105,4±185,4b
2015	44	331.583	82,9±97,0c

Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si no teste de Tukey ($P < 0,05$).

De modo geral, as variáveis climáticas apresentaram comportamento semelhante ao longo dos anos de desenvolvimento do trabalho (Figura 3). Durante todo o estudo de sazonalidade, as temperaturas médias mensais variaram de 18,6 a 26,8°C (média de 23,4°C), sendo as maiores médias atingidas entre os meses de outubro e março e as menores médias de maio a julho. A umidade relativa média mensal oscilou de 54,9 a 86,5% (média de 74,4%), sendo agosto e setembro dos três anos e outubro de 2014 os meses mais secos no período em estudo. As precipitações anuais em 2013, 2014 e 2015 foram 1.103,0, 1.644,1 e 1.906,5 mm (janeiro-dezembro), respectivamente, com estações chuvosas iniciando em setembro e seguindo até junho (2013) ou julho (2014; 2015).

De modo geral, ao analisar-se as médias mensais de moscas capturadas por armadilha, observa-se que a flutuação populacional da mosca-dos-estábulo apresenta tendências semelhantes nos três anos de estudo. A ocorrência de *S. calcitrans* foi observada em todas as semanas de coleta, com picos populacionais no período de maio a agosto, independente do ano (Figura 3). Entretanto, no período de outubro a março foi possível observar menor abundância de *S. calcitrans*. Neste contexto, constata-se um aumento na média de moscas capturadas nos meses em que há declínio da temperatura (outono/inverno) e redução na captura nos meses de temperaturas elevadas (primavera/verão). Nota-se também que nos anos de 2013 e 2014 houve redução da abundância de moscas nos meses subsequentes à queda da umidade relativa do ar (Figura 3).

Em geral, verifica-se o aumento da abundância de *S. calcitrans* principalmente no segundo mês subsequente ao início da safra, e redução significativa na abundância deste díptero no período de janeiro a março/abril (entressafra) (Figura 3).

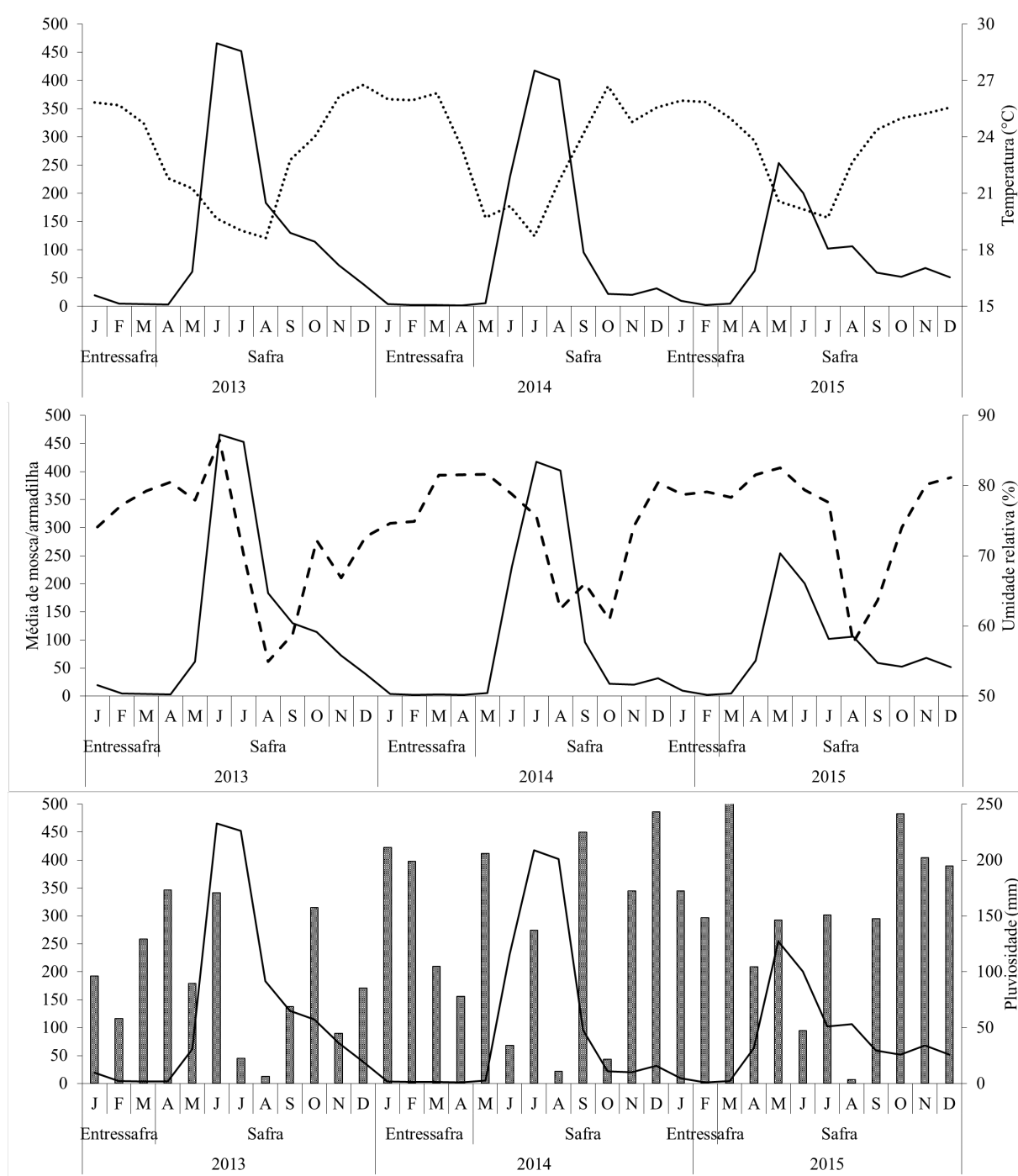


Figura 3. Dinâmica populacional da mosca-dos-estábulo (—) nas proximidades da (em área de 51.000 ha) usina sucroalcooleira em relação aos parâmetros climáticos (temperatura, umidade relativa e pluviosidade), de janeiro de 2013 a dezembro de 2015, em Nova Alvorada dos Sul, MS, Brasil.

Durante todo período de entressafra, a média semanal de indivíduos de *S. calcitrans* por armadilha nas áreas da usina foi 2,2 e nas fazendas 22,0 (Figura 4). Contudo, no período de safra ocorreu um aumento expressivo na média de moscas por armadilha tanto na usina

quanto nas fazendas, sendo as médias iguais a 123,1 (variação de zero a 758,9 moscas/armadilha) e 294,3 (variação de 2,5 a 1.506,1 moscas/armadilha), respectivamente (Figura 5).

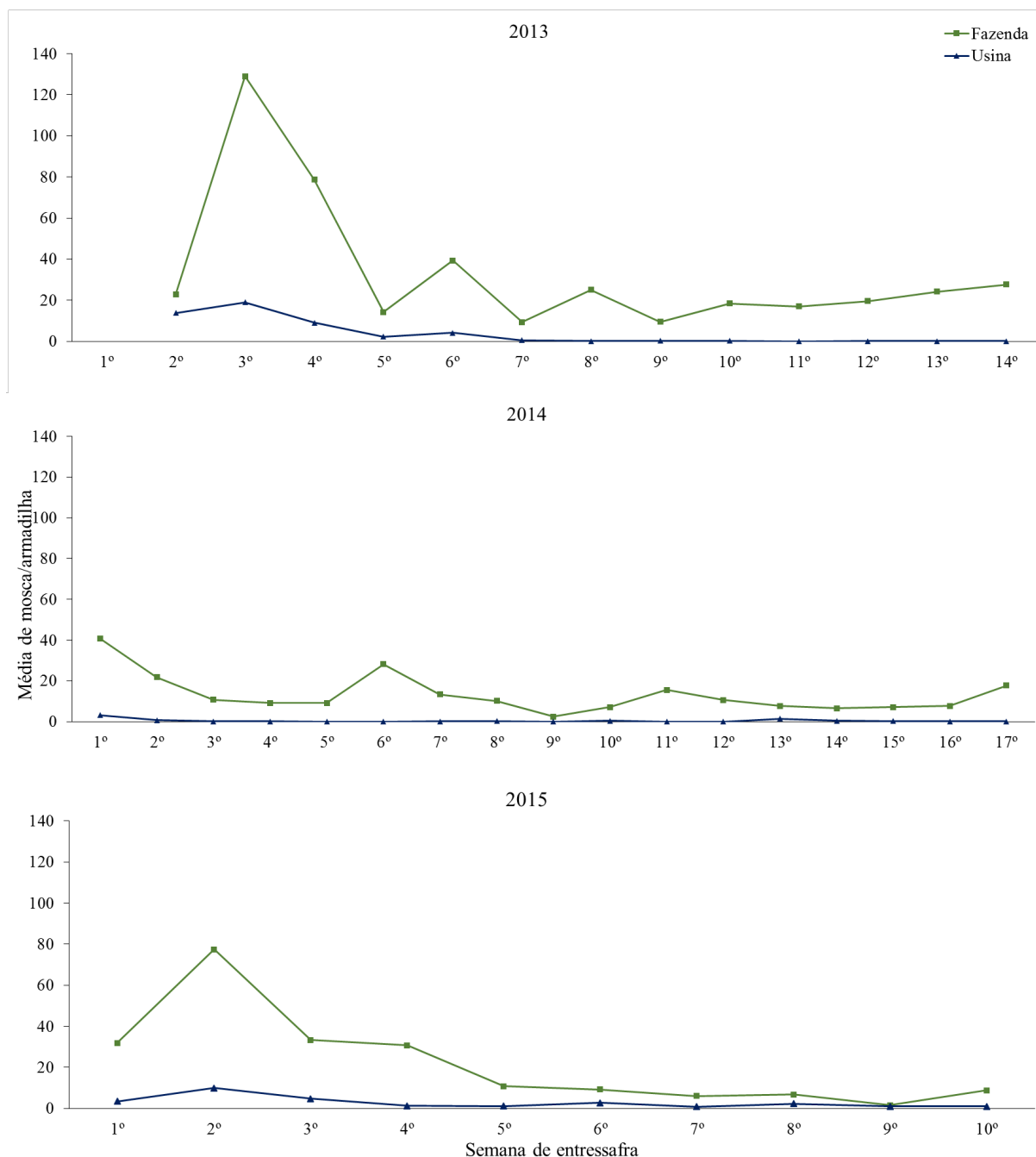


Figura 4. Número médio de moscas capturadas no período de entressafra de cana-de-açúcar nos ambientes usina e fazendas pecuárias durante os três anos de estudo em Nova Alvorada do Sul, MS, Brasil.

Na Figura 5 são apresentados os dados dos períodos de safra de cada ano, sendo a primeira semana do gráfico correspondente à primeira semana de safra em todos os anos, a

fim de comparar a flutuação populacional da mosca-dos-estábulo a partir do início da safra. Na quinta semana após o início da safra em 2013 e 2014, ocorreu o primeiro aumento de moscas de forma simultânea nas áreas da usina e fazendas pecuárias. Também foi possível constatar que o número de moscas capturadas nas fazendas foi maior que nas áreas de usina. Contudo, em 2015 este primeiro aumento ocorreu nas fazendas (segunda semana) e, posteriormente na usina (quinta semana) (Figura 5).

Após o início da safra na usina, nos três anos de estudo, verificou-se aumento de 485% na média de *S. calcitrans* capturadas por armadilha da quarta (2,7 moscas/armadilha) para quinta (13,1 moscas/armadilha) semana, seguido de outro aumento brusco na sexta (85,0 moscas/armadilha) semana, com aumento de até 649% (Figura 5). Em 2013 e 2014, observou-se entre a sexta e 17^a/18^a semana o período de maior abundância de *S. calcitrans*, não coincidentemente, momento em que os produtores de gado e leite da região apresentaram maior número de reclamações quanto ao alto nível de infestação de *S. calcitrans* nos animais. Entretanto, em 2015 as reclamações tiveram início a partir da quinta semana, permeando até aproximadamente a 23^a semana, período que coincidiu com maior número de moscas-dos-estábulo capturadas neste ano (Figura 5).

As médias de moscas por armadilha obtidas na semana dos picos populacionais na usina em 2013, 2014 e 2015 foram de 566,2, 758,9 e 400,0 indivíduos por armadilha, respectivamente. Já nas fazendas pecuárias, os picos de ocorrência registrados nos três anos de estudo foram de 1.506,0, 1236,6 e 664,4, respectivamente. Os picos populacionais de *S. calcitrans* ocorreram entre a 10^a e 15^a semana de safra (Figura 5).

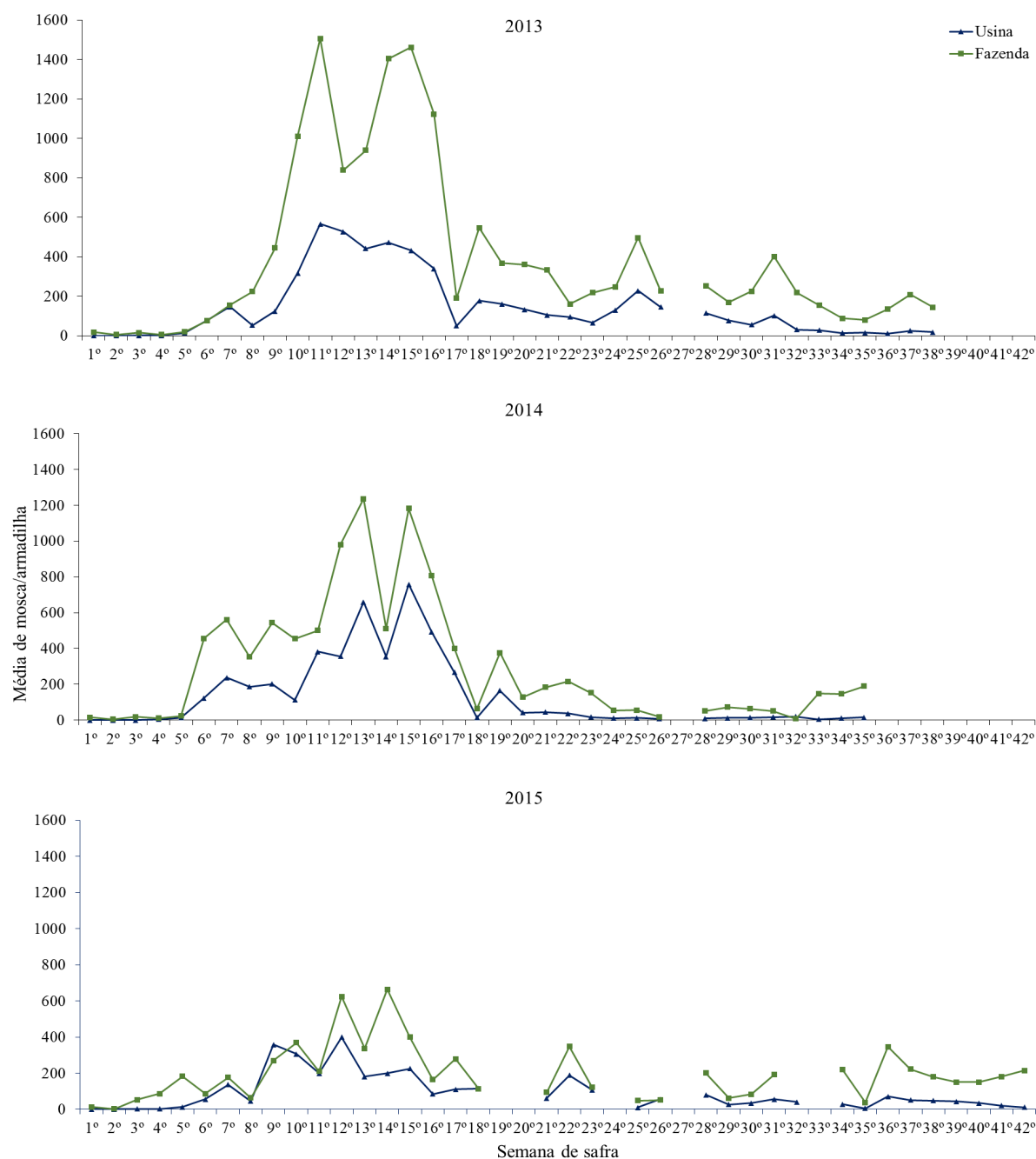


Figura 5. Número médio de moscas capturadas no período da safra de cana-de-açúcar nos ambientes usina e fazendas pecuárias, durante três anos de estudo, em Nova Alvorada do Sul, MS, Brasil.

Na Figura 6 são apresentadas as flutuações populacionais de *S. calcitrans* de acordo com os diferentes ambientes amostrados (PCV, PSV, TF e FAZ). Nos três anos de estudo, durante todo período de safra, constatou-se na área de PCV maior intensidade de captura da mosca-dos-estábulo quando comparado com PSV. Nota-se que nas FAZ a média de moscas capturadas por armadilha foi continuamente superior às capturas nas lavouras canavieiras

(PCV e PSV), embora tenham apresentado flutuações sazonais semelhantes. Em 2013, após sete semanas do início da safra, constatou-se no ambiente TF a primeira explosão populacional de *S. calcitrans*, com médias de captura superior às áreas de PCV, PSV e FAZ. Também em 2015, no período entre a 16ª e 23ª semana, o TF apresentou a média de captura de mosca superior aos demais ambientes em estudo (Figura 6).

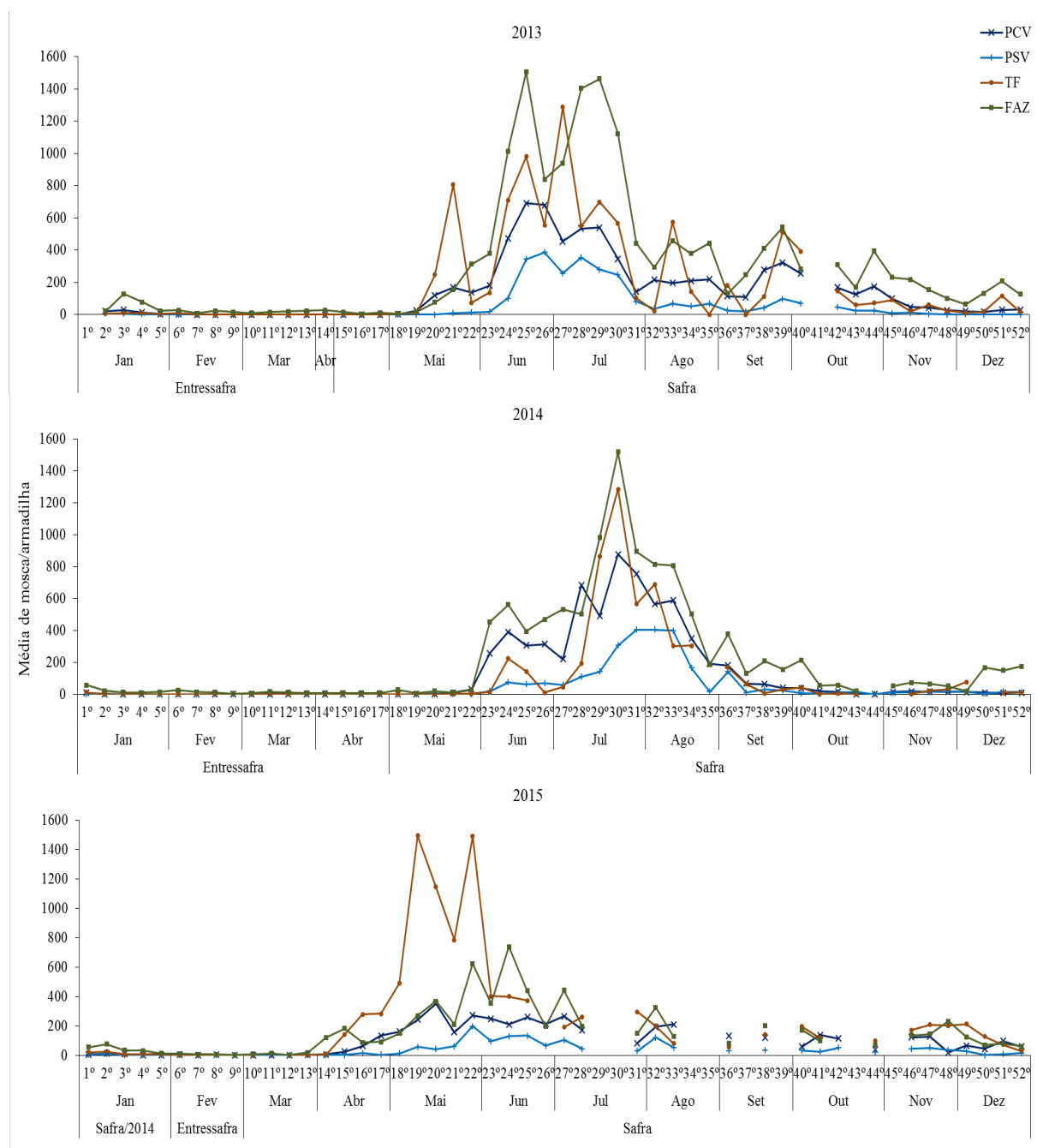


Figura 6. Número médio de moscas capturadas nos ambientes palha com vinhaça (PCV), palha sem vinhaça (PSV), pátio de torta de filtro (TF) e fazendas pecuárias (FAZ), durante três anos de estudo, em Nova Alvorada do Sul, MS, Brasil.

Como elementos auxiliares para análise descritiva, foram coletadas informações referentes aos incêndios acidentais nas lavouras canavieiras, manejo dos subprodutos orgânicos gerados pela usina, uso de armadilhas (bandeira azul e preta) impregnadas de inseticida para controle da mosca-dos-estábulo nas fazendas pecuárias e uso de inseticidas nas lavouras canavieiras. Os efeitos destas variáveis sobre a população de mosca não foram avaliados isoladamente, entretanto, acredita-se que a ação conjunta desses elementos afetou tanto o aumento quanto na redução da abundância de *S. calcitrans* na região.

Análise estatística da sazonalidade de *Stomoxys calcitrans*

Todos os fatores incluídos no modelo estatístico usado para análise dos dados mostraram-se significativos ($P < 0,0001$) e o modelo apresentou $r^2 = 0,58$, $P < 0,0001$ e coeficiente de variação de 70,56% (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância para contagens de *Stomoxys calcitrans* por três anos em usina sucroalcooleira e propriedades pecuárias. Nova Alvorada do Sul, MS.

Fonte de variação	GL	QM	F	P<
Modelo	99	66,14	146,89	0,0001
Ano	2	87,72	194,81	0,0001
Semana	51	33,96	75,43	0,0001
Safra	1	25,17	55,90	0,0001
Raio	2	23,47	52,12	0,0001
Ambiente	3	228,74	507,99	0,0001
Propriedade (Ambiente)	37	11,06	24,56	0,0001
Ambiente*safra	3	27,14	60,28	0,0001
Erro	10.473	0,46		
Total	10.572			

GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio; Propriedade= fazendas de diferentes proprietários dentro de cada Ambiente; Ambiente= FAZ: fazendas pecuárias; TF: torta de filtro; PCV: palha com vinhaça; PSV: palha sem vinhaça.

Os efeitos de ano e semana, embora significativos, foram considerados como aleatórios, pois não servem como eventual justificativa dos resultados.

A média de moscas capturadas por armadilha diferiu significativamente ($P < 0,05$) entre os períodos de safra ($1,18 \pm 0,01a$) e entressafra ($1,02 \pm 0,02b$). Verificou-se maior captura de mosca no período de safra, em relação à entressafra, independente do ambiente em estudo,

sendo observada a média de $1,21 \pm 0,02a$ na usina e $1,94 \pm 0,95a$ nas fazendas pecuárias. As médias de moscas capturadas no período de entressafra foram de $0,16 \pm 0,40b$ e $0,90 \pm 0,78b$ na usina e nas fazendas, respectivamente.

Ao considerar a distribuição das armadilhas em relação à planta de produção de etanol e o pátio de compostagem de torta de filtro, maior abundância da mosca-dos-estábulo foi observada nas armadilhas localizadas no raio de 5 km em relação às armadilhas localizadas a 10 km e 15 km (Tabela 3).

Tabela 3. Médias ajustadas para a contagem de *Stomoxys calcitrans* por armadilha, medida sob a forma de $[\text{Log}_{10}(\text{contagem}+1)]$, capturadas em diferentes distâncias em relação à indústria da usina sucroalcooleira, no município de Nova Alvorada do Sul, MS.

Raio (km)	Média (Log10)±DP	Média de mosca/armadilha±DP
5	$1,38 \pm 0,03^a$	$215,6 \pm 315,3a$
10	$1,00 \pm 0,02b$	$122,5 \pm 312,7b$
15	$0,91 \pm 0,03c$	$65,4 \pm 318,9c$

Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si no teste de Tukey ($P < 0,05$).

DP= Desvio Padrão

Diferenças no número médio de moscas por armadilha foram também observadas entre ambientes, sendo significativamente maior nas fazendas pecuárias, quando comparado ao pátio de torta de filtro, palha com vinhaça e palha sem vinhaça (Tabela 4).

Tabela 4. Médias ajustadas para a contagem de *Stomoxys calcitrans* por armadilha, medida sob a forma de $[\text{Log}_{10}(\text{contagem}+1)]$, nos ambientes de estudo em usina sucroalcooleira, no município de Nova Alvorada do Sul, MS.

Ambientes	Média (Log10)±DP	Média de mosca/armadilha±DP
FAZ	$1,59 \pm 0,02^a$	$230,2 \pm 319,3a$
TF	$1,06 \pm 0,04b$	$176,3 \pm 308,4b$
PCV	$0,93 \pm 0,02c$	$125,5 \pm 179,8c$
PSV	$0,81 \pm 0,02d$	$47,1 \pm 89,0d$

Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si no teste de Tukey ($P < 0,05$). DP= Desvio Padrão

FAZ: fazendas pecuárias; TF: torta de filtro; PCV: palha com vinhaça; PSV: palha sem vinhaça.

Pela análise de correlação de Pearson entre os parâmetros climáticos e as médias de captura da mosca-dos-estábulo verificou-se correlação negativa para temperatura, umidade relativa, pluviosidade e número de dias de chuva ($P < 0,05$).

O modelo usado para avaliar o efeito das variáveis climáticas mostrou $r^2 = 0,85$, $P < 0,0001$ e coeficiente de variação de 28,26%. Apesar disso, somente o efeito de ano e semana foram significativos e todas as variáveis climáticas não apresentaram efeito ($P > 0,05$) determinante na captura de *S. calcitrans* (Tabela 5).

Tabela 5. Análise de variância do efeito das variáveis climáticas sobre a contagem de *Stomoxys calcitrans* nos três anos de estudo em usina sucroalcooleira e propriedades pecuárias adjacentes. Nova Alvorada do Sul, MS.

Fonte de variação	GL	QM	F	P<
Modelo	67	1,29	6,80	0,0001
Ano	2	1,00	5,26	0,0072
Semana	51	0,66	3,46	0,0001
Temperatura ⁰	1	0,01	0,05	0,8299
Pluviosidade ⁰	1	0,02	0,13	0,7196
Umidade relativa ⁰	1	0,15	0,79	0,3770
Nº de dias de chuva ⁰	1	0,01	0,01	0,9374
Déficit de saturação ⁰	1	0,05	0,29	0,5940
Temp. ⁻¹	1	0,03	0,18	0,6720
Temp. ⁻²	1	0,05	0,26	0,6098
Temp. ⁻³	1	0,27	1,30	0,2583
Pluv. ⁻¹	1	0,01	0,03	0,8553
Pluv. ⁻²	1	0,01	0,03	0,8742
Pluv. ⁻³	1	0,04	0,22	0,6408
UR ⁻¹	1	0,02	0,12	0,7314
UR ⁻²	1	0,20	1,04	0,3122
UR ⁻³	1	0,03	0,18	0,6744
Erro	77	0,19		
Total	144			

GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio. ⁰=Dados referente a semana da coleta de mosca.

⁻¹=Dados de uma semana anterior à coleta de mosca.

⁻²=Dados de duas semanas anteriores à semana de coleta de mosca.

⁻³=Dados de três semanas anteriores à semana de coleta de mosca.

A interação observada entre safra e ambiente ($P < 0,05$), com base nos resultados descritivos e aqueles obtidos nas análises de variância e correlação, evidenciou a necessidade de realizar análises subsequentes categorizadas pelos ambientes usina e fazendas pecuárias e nos períodos de entressafra e safra (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância (valores de P) referente ao efeito ano, semana, ambiente e variáveis climáticas sobre as médias de *Stomoxys calcitrans* por armadilha [$\text{Log}_{10}(\text{contagem}+1)$], capturadas nos períodos de safra e entressafra de cana-de-açúcar nos ambientes usina sucroalcooleira e fazendas pecuárias, no município de Nova Alvorada do Sul, MS.

Fonte de variação	Usina		Fazendas pecuárias	
	Entressafra	Safra	Entressafra	Safra
Ano	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Semana	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Temperatura ⁰ (°C)	0,0007	ns	ns	0,0087
Umidade relativa ⁰ (%)	0,0068	0,0001	ns	0,0001
Pluviosidade ⁻³ (mm)	ns	0,0001	ns	ns
Nº de dias de chuva ⁰	ns	0,0001	0,0298	0,0026

ns= não-significativo pela análise de variância.

⁰=Dados da semana de coleta de mosca.

⁻³=Dados de três semanas anteriores à semana de coleta de mosca.

Durante a entressafra na usina há efeito ($P \leq 0,05$) da temperatura e umidade relativa sobre a captura de *S. calcitrans*. Já nas fazendas pecuárias teve efeito ($P \leq 0,05$) somente do número de dias de chuva.

Verificou-se no período de safra na usina efeito ($P \leq 0,05$) das variáveis climáticas, umidade relativa, número de dias de chuva e pluviosidade acumulada das três semanas anteriores à coleta sobre a média de indivíduos capturados. Já nas fazendas pecuárias houve efeito ($P \leq 0,05$) da temperatura, umidade relativa e do número de dias de chuva.

Durante o período de safra, observou-se nas áreas canavieiras efeito ($P \leq 0,05$) da aplicação da vinhaça sobre a captura de *S. calcitrans* (Tabela 7).

Tabela 7. Análise de variância do efeito das variáveis climáticas e da aplicação da vinhaça nas áreas canavieiras da usina sucroalcooleira sobre a contagem de *Stomoxys calcitrans* no período de safra dos três anos de estudo. Nova Alvorada do Sul, MS.

Fonte de variação	GL	QM	F	P<
Modelo	48	35,51	53,78	0,0001
Ano	2	70,21	106,33	0,0001
Semana	39	23,79	36,03	0,0001
Raio	2	47,55	72,02	0,0001
Temperatura ⁰	1	0,49	0,73	0,3914
Pluviosidade ⁻³	1	12,53	18,98	0,0001
Umidade relativa ⁰	1	103,14	156,21	0,0001
Nº de dias de chuva ⁰	1	19,54	29,61	0,0001
Vinhaça	1	45,08	68,28	0,0001
Erro	4754	0,66		
Total	4802			

GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio.

⁰=Dados da semana de coleta de mosca.

⁻³=Dados de três semanas anteriores à semana de coleta de mosca.

Discussão

Sazonalidade de *Stomoxys calcitrans* em relação as variáveis climáticas

A flutuação populacional de *S. calcitrans* apresentou tendências semelhantes nos três anos de estudo (Figura 3). Apesar disso, observa-se uma redução de aproximadamente 40% no número de moscas capturadas de 2013 para 2015, quando a explosão populacional foi de menor intensidade. Entretanto, esta considerável redução não se deve apenas às medidas de controle adotadas ou qualquer outro fator natural, uma vez que ocorreu uma redução de 15,4% no número de coletas de armadilhas, fato que impacta o número total de moscas capturadas.

A dinâmica de funcionamento das usinas sucroalcooleiras abrange dois períodos: entressafra e safra de cana-de-açúcar. No período de entressafra não há produção de álcool e tampouco a geração de subprodutos orgânicos e, conseqüentemente, não há aplicação de vinhaça ou armazenamento de torta de filtro. Contudo, na safra inicia-se a fabricação de álcool e a geração dos subprodutos palha, vinhaça e torta de filtro. A aplicação da vinhaça nas lavouras canavieiras e o armazenamento da torta de filtro nos pátios de compostagem

propiciaram a formação de extensas áreas com substrato de desenvolvimento de *S. calcitrans* e, assim, o aumento na abundância populacional do parasito na região, corroborando outros estudos (KOLLER et al., 2009; BARROS et al., 2010; CANÇADO et al., 2013a; CORRÊA et al., 2013).

Ao observar o aumento de *S. calcitrans* e a ocorrência do pico populacional no período de outono/inverno com redução da população na primavera/verão, constata-se uma flutuação populacional incomum para este díptero. Estudos sobre a sazonalidade da mosca-dos-estábulo nos Estados Unidos da América constataram picos anuais bimodais, relacionados aos períodos de climas quente e úmido (BROCE et al., 2005; TAYLOR et al., 2007). No Brasil, no estado de Minas Gerais, estudo realizado em fazenda pecuária sem influência de usina constatou maior abundância de *S. calcitrans* no período mais chuvoso do ano (primavera/verão), com pico populacional em novembro/dezembro (RODRÍGUEZ-BATISTA et al., 2005). Bittencourt e Moya-Borja (2000), em trabalho realizado em Espírito Santo do Pinhal, São Paulo, observaram o aumento da população da mosca-dos-estábulo no mês de setembro e o pico de ocorrência em novembro, com redução na captura dos indivíduos quando as temperaturas médias foram mais baixas (18°C). Também no município de Seropédica, Rio de Janeiro, foi observado o decréscimo da população de *S. calcitrans* quando houve redução da temperatura (BENIGNO, 1987). Apesar da temperatura base de *S. calcitrans* ter sido determinada em 13,5°C (AGUIAR-VALGODE & AZEVEDO, 1992), outros trabalhos demonstraram que a faixa de temperatura favorável para o desenvolvimento da mosca-dos-estábulo está entre 18°C e 30°C (MELLO & GARCIA, 1988; AGUIAR-VALGODE & AZEVEDO, 1992). Deste modo, a correlação negativa entre a temperatura e a média de moscas capturadas neste trabalho, não refletiu o comportamento sazonal esperado para esse parasito. Por outro lado, esta correlação é um reflexo da maior relevância do manejo dos subprodutos gerados pela usina durante o período mais frio do ano. Neste contexto, nota-se que as temperaturas médias mensais registradas ao longo deste trabalho ficaram entre 18,6°C e 26,8°C, mantendo-se na faixa ideal para o desenvolvimento deste díptero mesmo durante o inverno. Assim, a flutuação populacional de *S. calcitrans* é pouco explicada pela variação da temperatura média ao longo do ano.

De acordo com Rodríguez-Batista et al. (2005), Broce et al. (2005), e Taylor et al. (2007), a mosca-dos-estábulo ocorre em maior abundância nos períodos quentes e úmidos. Deve-se ressaltar que o local em estudo se situa na região Centro-Oeste do Brasil, com ocorrência de temperaturas elevadas e baixa umidade durante o outono e inverno, todavia a

aplicação da vinhaça nas lavouras canavieiras eleva a umidade do solo, proporcionando condições à reprodução da mosca-dos-estábulo (BITTENCOURT, 2012).

A ocorrência de situações específicas, como a geada na 16ª semana de 2013 (temperatura mínima de -2°C), influenciou a abundância de *S. calcitrans* na semana seguinte (Figura 5). Semakula et al. (1989) verificaram efeito parecido em Kansas, EUA, ao concluir que temperaturas abaixo de 4°C proporcionam grande mortalidade deste díptero.

Nos anos de 2013 e 2014 ocorreu redução do número de moscas capturadas no mesmo mês ou no mês subsequente à diminuição da umidade relativa, quando esta atingiu níveis inferiores a 70% (Figura 3). Estes resultados estão de acordo com Benigno (1987) e Bittencourt e Moya-Borja (2000), ao relatarem que a diminuição da população de *S. calcitrans* ocorreu nos meses em que os níveis de umidade relativa foram abaixo de 70%. Segundo Mello (1989) e Aguiar-Volgode e Azevedo (1992), a umidade relativa favorável ao desenvolvimento biológico da mosca-dos-estábulo situa-se entre 70-80%. Deste modo, é possível que a diminuição da umidade relativa nos meses de agosto (2013, 2014) e outubro (2014) tenha contribuído para a redução populacional de *S. calcitrans* nos meses subsequentes. A análise entre umidade relativa e número de moscas capturadas obteve um resultado significativo, porém a correlação foi negativa. Assim, de modo semelhante ao observado para temperatura, este resultado não refletiu o comportamento biológico da mosca-dos-estábulo.

Apesar dos resultados das análises de correlação terem sido significativos, estes não apresentaram relação direta com a biologia da espécie, e, por isso, análises de variância foram realizadas, considerando o período de safra e entressafra, nos ambientes usina e fazendas pecuárias, com a intenção de destacar os efeitos climáticos (Tabela 6). Neste caso, evidenciou-se que as variáveis relacionadas ao manejo da cana-de-açúcar se mostraram mais importantes na determinação da flutuação populacional de *S. calcitrans*, quando comparado com aos parâmetros climáticos. No período da entressafra, nas fazendas pecuárias, as condições climáticas não foram determinantes na ocorrência de *S. calcitrans*, porque as condições climáticas mínimas durante este período, somadas à disponibilidade de sítios de reprodução, foram favoráveis para espécie (Tabela 6). Na Tabela 7 pode-se observar o efeito ($P < 0,05$) da aplicação da vinhaça sobre a captura de *S. calcitrans* e, assim, a importância da relação entre o manejo deste subproduto e a variação da média de moscas capturadas.

Além da temperatura e umidade relativa, a pluviosidade é outro importante fator que pode influenciar a sazonalidade de *S. calcitrans*. Bittencourt e Moya-Borja (2000) relataram

que a pluviosidade mensal superior a 150 mm reduziu o ataque de indivíduos de *S. calcitrans* aos animais. Ainda, segundo os mesmos autores, a pluviosidade pode interferir tanto positivamente quanto negativamente na população da mosca-dos-estábulo. Neste sentido, Solórzano (2014) observou que em dias de chuva ocorre redução na abundância de *S. calcitrans*, fato também registrado neste estudo.

Outros fatores ambientais como direção e velocidade do vento também podem ser importantes elementos, capazes de estimular ou limitar a dispersão de *S. calcitrans*. Em estudo realizado na mesma usina (Capítulo 3), constatou-se que a velocidade média dos ventos (entre 9 e 12,3 km h⁻¹) ao longo das três semanas de estudo (agosto/setembro), foi abaixo do limite de 16,7 km h⁻¹ observado por Broce et al. (1991), sem que houvesse prejuízos na captura de *S. calcitrans*. Por outro lado, o vento transporta odores presentes no ar que promovem respostas comportamentais imediatas em *S. calcitrans* (GERSABECK & MERRIT, 1985). A estas evidências somam-se ainda os odores da vinhaça ou algum de seus componentes, que ao serem levados pelo vento, desempenham o papel de atrair a mosca-dos-estábulo (Capítulo 3). Desta forma, o vento (direção e velocidade) pode contribuir para o afluxo de mosca à usina e posterior explosão populacional de *S. calcitrans* durante o outono/inverno. Entretanto, pesquisas sobre o deslocamento de *S. calcitrans* e emissão de voláteis em áreas canavieiras são escassas, limitando inferências sobre a importância destes fatores na ocorrência dos surtos.

Sazonalidade de *Stomoxys calcitrans* em relação ao manejo da usina e fazendas pecuárias

A produção de cana-de-açúcar no Brasil vem apresentando expansão acelerada nos últimos anos, principalmente após a década de 70, quando houve a implantação do Programa Nacional do Alcool (Proálcool). Nesta mesma década, a prática de despejo da vinhaça em corpos d'água passou a ser banida devido o seu impacto ambiental e, assim, deu origem a fertirrigação dos canaviais com o uso da vinhaça *in natura*, com finalidade de fertilizar e aumentar a umidade do solo. No final da década de 90, a prática da queima pré-colheita da cana passou a ser restringida, além do ganho ambiental, a palhada trouxe benefícios como aumento da umidade e fertilidade do solo (CANELLAS et al., 2003). Entretanto, o avanço da colheita mecanizada e a fertirrigação com uso da vinhaça, também proporcionaram melhorias para os insetos que utilizam esse ambiente para seu desenvolvimento, destacando-se as pragas

da cana-de-açúcar *Mahanarva fimbriolata*, *Diatraea saccharalis*, *Sphenophorus levis* (DINARDO-MIRANDA, 2014), bem como o parasito *S. calcitrans* (BITTENCOURT, 2012).

Segundo Bittencourt (2012) a expansão das usinas próximas aos estabelecimentos pecuários permitiu a aproximação da fonte de alimentação (bovinos) com os locais de reprodução nas usinas e, assim, uma nova condição ambiental para o desenvolvimento da mosca-dos-estábulo. Esta observação está de acordo com Taylor et al. (2010) e Solórzano et al. (2015) ao confirmarem a dependência do movimento das populações de mosca-dos-estábulo com a proximidade dos locais de alimentação e reprodução. De fato, a disponibilidade de matéria orgânica vegetal em fermentação, apresenta grande importância para a produção de *S. calcitrans*, principalmente ao considerar que os adultos sobrevivem cerca de 28 dias (VARGAS-CHACÓN & SOLÓRZANO, 2015), período em que se mantém alimentando do gado.

Neste contexto, fica evidente o efeito da atividade (agrícola e industrial) de produção da cana-de-açúcar sobre a dinâmica de *S. calcitrans*, principalmente quando se observa os picos populacionais no período mais frio do ano, quando as condições climáticas são menos favoráveis para a mosca-dos-estábulo. Assim, no período da safra, ocorre aumento significativo na abundância de *S. calcitrans*, pois utilizam a enorme oferta de subprodutos orgânicos gerados pela usina como locais de reprodução. Segundo Corrêa et al. (2013), a palha com vinhaça e a torta de filtro são os substratos com maior capacidade de produção de *S. calcitrans* dentre os disponíveis nas áreas da usina. Nos três anos de observação, a população da mosca-dos-estábulo começa a aumentar a partir da quinta semana de safra (Figura 5); período que condiz com o ciclo biológico (ovo a adulto) deste díptero que pode durar até 43 dias, dependendo das condições em que são expostas (VARGAS-CHACÓN & SOLÓRZANO, 2015).

Os produtores de gado e leite afetados por surtos da mosca-dos-estábulo nas proximidades de usinas sucroalcooleiras relatam que a quantidade de mosca aumenta pouco tempo após a aplicação da vinhaça. Bittencourt (2012) registrou que os pecuaristas da região de Espírito Santo do Pinhal, SP, relataram o aumento de *S. calcitrans* um mês após o início da aplicação de vinhaça. Do mesmo modo, Kassab et al. (2012) relaciona o uso da vinhaça aos picos populacionais nas fazendas pecuárias. Nos registros feitos durante os três anos de coleta de dados, pecuaristas relataram em sua maioria, que a quantidade de moscas e os ataques nos animais aumentaram na mesma semana ou imediatamente após o início da aplicação da vinhaça nas lavouras canavieiras próximas.

Pelo presente trabalho, verifica-se que a abundância de *S. calcitrans* aumentou após o primeiro mês do início da safra, e se manteve elevada durante todo este período, havendo redução aproximadamente 30 dias após o término desta atividade, dados compatíveis com os relatos descritos por Bittencourt (2012).

Estudos sobre o efeito da palha da cana-de-açúcar na produção de *S. calcitrans* ainda são escassos no país. Entretanto, autores relacionam a proibição da queima da cana-de-açúcar pré-colheita com o surgimento dos surtos de *S. calcitrans* (KOLLER et al., 2009; BARROS et al., 2010; BITTENCOURT, 2012; CANÇADO et al., 2013a; CANÇADO et al., 2013b; CORRÊA et al., 2013; DOMINGHETTI et al., 2015). Esta relação, também foi embasada no histórico do uso da vinhaça em lavouras canavieiras do país. Desde a década de 70, este subproduto orgânico vem sendo utilizado para fertirrigação (Portaria nº 323 de 29 de novembro de 1978), porém poucos foram os registros de surtos de *S. calcitrans*. Contudo, a partir da proibição da queima e expansão do setor sucroenergético os surtos começaram a surgir de forma frequente e intensa. Bittencourt (2012) relata que a fertirrigação da vinhaça sobre a palhada deixada sobre o solo propicia o desenvolvimento da mosca-dos-estábulo. Em função disso, Cançado et al. (2013b) recomendaram o uso da queima profilática pós-colheita mecanizada da cana-de-açúcar como medida de controle emergencial de surto de *S. calcitrans* no Brasil.

Outro importante subproduto gerado pela usina é a torta de filtro, pois dentre os subprodutos avaliados, este foi o que demonstrou maior capacidade de produção de *S. calcitrans* por metro quadrado (CORRÊA et al., 2013). Estudos realizados em usinas também relataram presença de larvas da mosca-dos-estábulo na torta de filtro (KOLLER et al., 2009; BARROS et al., 2010; BITTENCOURT, 2012). Neste sentido, a média de *S. calcitrans* capturada por armadilha no pátio de compostagem de torta de filtro foi maior que nas áreas de palha com vinhaça e palha sem vinhaça durante boa parte do período observado (Figura 6), principalmente em 2015. Além disso, em 2013 e 2015, o pátio de compostagem foi o local da usina onde ocorreu a primeira explosão populacional de *S. calcitrans*, evidenciou seu potencial como inicializador dos surtos e, portanto, a necessidade de um manejo adequado deste subproduto. Durante todo o período de safra, indivíduos de *S. calcitrans* foram capturados pelas armadilhas instaladas no pátio de compostagem da torta de filtro. Também, em diversas oportunidades em que foram realizadas amostragens no pátio de compostagem de torta de filtro, larvas e pupas da mosca-dos-estábulo foram encontradas.

Verificou-se, nos três anos de estudo, maior média de moscas capturadas por armadilha na área mais próxima à sede da usina (raio de 5 km), quando comparada às capturas realizadas a maiores distâncias (raios de 10 e 15 km) (Tabela 3). O maior aumento no número médio de moscas capturadas no raio de 5 km provavelmente está relacionado com a maior variedade e concentração de subprodutos orgânicos gerados pela usina, destacando-se a presença do pátio de torta de filtro, bagaço, além das próprias áreas fertirrigadas e fazendas pecuárias presentes neste setor. Como o transporte de vinhaça tem custo elevado, principalmente de investimento em tubulações e equipamentos para bombeamento, a maior aplicação de vinhaça em áreas mais próximas da indústria é uma estratégia rotineira. Deste modo, no raio de 5 km existe uma maior concentração de áreas com aplicação de vinhaça que decresce nos raios de 10 e 15 km, respectivamente. Nas áreas mais periféricas (raios de 10 e 15 km), apesar da maior extensão de lavouras de cana-de-açúcar fertirrigadas por vinhaça, também há amplas áreas ocupadas por outras monoculturas e pastagem.

Alguns aspectos devem ser ressaltados quando são comparados os gráficos de flutuação sazonal de cada ano de estudo. Na Figura 6 é evidente a redução na intensidade dos surtos principalmente em 2015. Neste ano, as médias de moscas nas áreas canavieiras (PCV e PSV) e FAZ foram menores que no TF e também foram inferiores quando comparadas aos dois anos anteriores. Deve-se destacar que mudanças no manejo possivelmente influenciaram na redução na população de *S. calcitrans* nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar. Neste sentido, uma nova equipe da usina assumiu o manejo e os cuidados preventivos no campo. Outro aspecto importante a ser ressaltado sobre o manejo na usina é adoção de medidas que auxiliem a infiltração da vinhaça no solo de maneira mais rápida. Por exemplo, a escarificação e subsolagem pós-colheita da cana-de-açúcar previamente à aplicação da vinhaça. Estas operações agrícolas foram intensificadas a partir de 2014 para aumentar a eficiência na prevenção de surtos de *S. calcitrans*, segundo relato dos colaboradores da usina. Por outro lado, em 2015 observa-se média de captura no pátio de torta de filtro superior aos outros ambientes, principalmente nos meses abril e maio. Nestes meses, a usina realizou a modernização e mudança na estrutura do pátio de compostagem. Portanto, é possível que durante este período, o manejo da torta de filtro tenha ficado comprometido por questões operacionais, proporcionando o aumento da média de moscas capturadas por armadilha.

Apesar da elevada produção da mosca-dos-estábulo nas usinas sucroalcooleiras durante o período de safra, fica evidente a participação das fazendas pecuárias na manutenção das populações de *S. calcitrans* durante a entressafra (Figura 4). Sem a geração de

subprodutos canavieiros, um reduzido número de moscas foi capturado na usina ($\leq 2,2$ moscas/armadilha) durante a entressafra; entretanto, neste período, a mosca foi mantida nas fazendas pecuárias devido à disponibilidade de substratos propícios ao seu desenvolvimento.

Neste contexto, a higienização inadequada das instalações e do ambiente em parte dos estabelecimentos pecuários, proporciona a manutenção de populações da mosca-dos-estábulo nas fazendas, as quais, funcionam como centros de dispersão de moscas para as usinas, possibilitando a ocorrência de surtos durante a safra (DOMINGHETTI et al., 2015). Assim, a ausência de um correto manejo sanitário em estabelecimentos pecuários também se torna um agravante na formação de substratos favoráveis ao desenvolvimento de *S. calcitrans*. Broce et al. (2005) verificaram que a produção de mosca-dos-estábulo em resíduos de feno misturados a dejetos bovinos produzidos em leiteiras pode chegar a 3.920 larvas m⁻² quantidade muito superior à encontrada nos ambientes de palha com vinhaça e torta de filtro, respectivamente, 24 e 55 moscas m⁻² (CORRÊA et al., 2013). Tais resultados evidenciam a alta capacidade de produção da mosca-dos-estábulo em áreas cobertas por matéria orgânica vegetal e sua relação com os surtos nas propriedades pecuárias adjacentes.

Surtos de *S. calcitrans* em São Paulo e Minas Gerais foram avaliados por Bittencourt (2012), o qual relatou o deficiente manejo sanitário dos estabelecimentos pecuários e sugeriu que a higienização das instalações e ambientes fossem intensificados no intuito de minimizar os surtos. Também constatou que as propriedades pecuárias com manejo nutricional distinto, devem ter contribuições diferentes. Barros et al. (2010) verificaram uma provável relação entre o manejo nutricional e a ocorrência de *S. calcitrans*, em propriedades com uso de suplementação volumosa e de ocorrência da mosca-dos-estábulo. Sabe-se que em confinamentos, quando há acúmulo de dejetos e restos alimentares, cria-se condições favoráveis ao desenvolvimento de larvas de *S. calcitrans* (KOLLER et al., 2009). Em propriedades de produção leiteira, também é comum a existência de ambientes com matéria orgânica acumulada, sendo um importante fator para contribuição da manutenção de *S. calcitrans*. Por outro lado, nos estabelecimentos de criação extensiva, os ambientes para desenvolvimento larvar apresentam menor importância. Neste contexto, a higienização das instalações, com remoção e adequado tratamento da matéria orgânica reduz significativamente as populações desta mosca (LYSYK, 1993).

Durante os três anos de trabalho tornou-se nítida a dificuldade em controlar os surtos, uma vez que inexistem métodos eficientes de controle químico de *S. calcitrans* em criações

extensivas (BROCE et al., 2005), destacando-se a importância do manejo preventivo dos subprodutos orgânicos em usinas e fazendas pecuárias.

Este estudo evidenciou a contribuição de ambos os setores produtivos, tanto para ocorrência, quanto para a prevenção dos surtos de mosca-dos-estábulo, corroborando as observações de diversos outros autores (KOLLER et al., 2009; BARROS et al., 2010; BITTENCOURT, 2012; KASSAB et al., 2012; CANÇADO et al., 2013a; CANÇADO et al., 2013b; DOMINGHETTI et al., 2015).

Observações sobre monitoramento e surtos de *Stomoxys calcitrans*

Após atingir o número médio de 13 moscas/armadilha/semana na usina (PCV, PSV e TF) no início da safra (quinta semana), surtos de *S. calcitrans* foram registrados nas semanas seguintes (Figuras 5 e 6). A partir deste índice de captura (13 moscas/armadilha/semana) a adoção de medidas preventivas não foi suficiente para reverter a situação, havendo, portanto, a ocorrência de surto na região.

Com base em observações não sistemáticas sobre o comportamento dos animais nas propriedades pecuárias adjacentes e o número de reclamações por parte de pecuaristas foi possível propor uma linha de corte baseada na média semanal de moscas por armadilha como um indicador preliminar da ocorrência de surtos de *S. calcitrans*. De modo geral, níveis de infestação da mosca e reclamações dos pecuaristas aumentaram simultaneamente quando a média semanal de captura ultrapassou 70 e 250 moscas/armadilha na usina e fazendas pecuárias, respectivamente. Embora preliminar, sugere-se que este índice de captura em armadilhas seja utilizado como indicador de ocorrência dos surtos, associados à observação do comportamento animal, até que estudos específicos, correlacionando número de moscas em armadilhas, infestações nos animais e perdas à produção, sejam conduzidos.

Ao longo de todo o período do estudo, o maior número de *S. calcitrans* capturadas em uma única armadilha no período de uma semana foi 4.049, havendo completa saturação da armadilha. Mesmo durante picos populacionais, as demais capturas foram inferiores a 3.000 moscas. O número de moscas capturadas influencia diretamente na área adesiva disponível na armadilha e, portanto, na eficiência de captura. Assim, quanto maior a quantidade de moscas presas à superfície adesiva, menor a área de captura e menor a eficiência da armadilha naquele momento. Observou-se que capturas superiores a 2.500 moscas tendem a reduzir a eficiência (capacidade de captura) das armadilhas, ou seja, antes de alcançar sua completa saturação. Tal observação permite inferir que o número de moscas presentes nas armadilhas

foi limitado pela (menor) eficiência das armadilhas em situações de maior abundância da mosca. Desta forma, é muito provável que o número de indivíduos registrado nas armadilhas tenha subestimado a real abundância da mosca nos períodos mais críticos de ocorrência dos surtos.

No presente estudo 85 armadilhas foram utilizadas no monitoramento, demandando expressivos recursos financeiros e operacionais. A frequência de moscas nas armadilhas, observada ao longo das 145 semanas de captura sugere que o número de armadilhas necessárias a um adequado monitoramento possa ser reduzido em pelo menos 50%, reduzindo custos e demandas operacionais e tornando o monitoramento uma prática viável à indústria sucroenergética. Por outro lado, a distribuição das armadilhas e seleção dos locais de instalação influenciam significativamente a eficiência das capturas, devendo seguir critérios técnico-científicos relativos à bioecologia da mosca.

Cabe salientar que o comportamento dos adultos de *S. calcitrans* e a ocorrência de surtos estão diretamente relacionados às condições agroecológicas de cada região e ao manejo dos resíduos e subprodutos orgânicos disponíveis tanto nas áreas da usina quanto nos estabelecimentos pecuários adjacentes.

Conclusões

A flutuação sazonal de *S. calcitrans* nas proximidades da usina sucroalcooleira apresenta maior abundância entre os meses de abril/maio e dezembro com pico ocorrendo no terceiro mês após o início da safra e redução da população entre janeiro a março/abril (entressafra).

As variáveis climáticas não foram determinantes na ocorrência dos surtos da mosca-dos-estábulo, existindo maior relação com o manejo dos substratos de desenvolvimento larvar como palha de cana-de-açúcar, vinhaça, torta de filtro e resíduos pecuários.

O surto populacional de *S. calcitrans* começa cerca de seis semanas após o início da safra de cana-de-açúcar.

As capturas de *S. calcitrans* foram mais intensas nas áreas canavieiras fertirrigadas com vinhaça quando comparado com áreas sem aplicação de vinhaça.

O pátio de compostagem de torta de filtro pode atuar como inicializador de surto de *S. calcitrans* nas áreas da usina.

Existe relação entre a produção sucroalcooleira e a ocorrência de surtos por *S. calcitrans* durante o período de safra de cana-de-açúcar.

Existe relação entre a produção pecuária e a manutenção de populações de *S. calcitrans* na entressafra de cana-de-açúcar.

Referências Bibliográficas

- Aguiar-Valgode M, Milward-de-Azevedo EMV. Determination of thermal requirements of *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera, Muscidae), under laboratory conditions. *Mem Inst Oswal Cruz* 1992; 87(1): 11-20.
- Baldacchino F, Muenworn V, Desquesnes M, Desoli F, Charoenviriyaphap T, Duvallet G. Transmission of pathogens by *Stomoxys* flies (Diptera: Muscidae): a review. *Parasite* 2013; 20(26): 1-13.
- Barros AT, Koller WW, Catto JB, Soares CO. Surtos por *Stomoxys calcitrans* em gado de corte no Mato Grosso do Sul. *Pesq Vet Bras* 2010; 30(11): 945-952.
- Benigno RNM. *Classificação etária fisiológica e comportamento alimentar de acordo com o sexo e desenvolvimento ovariano em Stomoxys calcitrans (L.) (Diptera: Muscidae)* [Dissertação]. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 1987.
- Bittencourt AJ, Moya-Borja GE. Flutuação sazonal de *Stomoxys calcitrans* em bovinos e eqüinos no Município de Espírito Santo do Pinhal. *Rev Univ Rur: Cienc Vida* 2000; 22: 101-106.
- Bittencourt AJ. Avaliação de surtos e medidas de controle ambiental de *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) na Região Sudeste do Brasil. *Rev Bras Med Vet* 2012; 34(S1): 73-82.
- Broce AB, Schwenke JR, Hampton KE. Landing pattern of stable flies (Diptera: Muscidae) on the Alsynite cylinder trap: effect of wind speed and direction. *J Med Entomol* 1991; 28(5): 730-733.
- Broce AB, Hogsette J, Paisley S. Winter feeding sites of hay in round bales as major developmental sites of *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) in pastures in spring and summer. *J Econ Entomol* 2005; 98(6): 2307-2312.
- Bruce WN, Decker GC. The relationship of stable fly abundance to milk production in dairy cattle. *J Econ Entomol* 1958; 51: 269-274.
- Cançado PHD, Ferreira T, Piranda EM, Soares CO. Sugarcane stems as larval habitat for the stable fly (*Stomoxys calcitrans*) in sugarcane plantations. *Pesqui Vet Bras* 2013; 33(6): 741-744a.
- Cançado PHD, Barros ATM, Catto JB, Koller WW, Soares CO. Uso da queima profilática no controle emergencial e prevenção de surtos pela mosca-dos-estábulo (*Stomoxys calcitrans*)

em propriedades produtoras de cana-de-açúcar. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; 2013b.

Canellas LP, Velloso ACX, Marciano CR, Ramalho JFGP, Rumjanek VM, Rezende CE, Santos GA. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. *Rev Bras Cien Solo* 2003; 27(5): 935-944.

Corrêa EC, Ribas ACA, Campos J, Barros ATM. Abundância de *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) em diferentes subprodutos canavieiros. *Pesqui Vet Bras* 2013; 33(11): 1303-1308.

Dominghetti TFS, Barros ATM, Soares CO, Cançado PHD. *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) outbreaks: current situation and future outlook with emphasis on Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet* 2015; 24(4): 1984-2961.

Dinardo-Miranda LL. Nematoides e pragas da cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônômico, 2014. 400p.

Gersabeck EF, Merritt RW. Dispersal of adult *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae) from known immature developmental areas. *J Econ Entomol* 1985; 78(3): 617-621.

Grisi L, Leite RC, Martins JRS, Barros ATM, Andreotti R, Cançado PHD, et al. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet* 2014; 23(2): 150-156.

Hogsette JA, Ruff JP. Comparative attraction of for different fiberglass traps to various age and sex classes of stable fly (Diptera: Muscidae) adults. *J Econ Entomol* 1990; 83(3): 883-886.

Koller WW, Catto JB, Bianchin I, Soares CO, Paiva F, Tavares LER, et al. Surtos da mosca-dos-estábulo, *Stomoxys calcitrans*, em Mato Grosso do Sul: novo problema para as cadeias produtivas da carne e sucroalcooleira? Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; 2009.

Kassab SO, Gaona JC, Loureiro ES, Mota TA, Fonseca PRB, Rossoni C. Novos surtos populacionais de mosca-dos-estábulo no Mato Grosso do Sul: medidas de controle e prevenção. *Rev Agrarian* 2012; 5(15): 84-88.

Lysyk TJ. Adult resting and larval developmental sites of Stable flies and House flies (Diptera: Muscidae) on dairies in Alberta. *J Econ Entomol* 1993; 86: 746-1753.

Mello RP, Garcia MLM. Comportamento reprodutivo de fêmeas de *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae) criadas isoladamente em laboratório. *Memor Inst Oswal Cruz* 1988; 83(3): 385-390.

- Mello RP. *Estudo de alguns aspectos do desenvolvimento biológico e do comportamento, em laboratório, de Stomoxys calcitrans, (Linnaeus, 1758) (Diptera: Muscidae)* [Tese]. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 1989.
- Randolph SE, Storey K. Impact of microclimate on immature tick-rodent host interactions (Acari: Ixodidae): implications for parasite transmission. *J Med Entomol* 1999; 36: 741–748.
- Rodríguez-Batista Z, Leite RC, Oliveira PR, Lopes CML, Borges LMF. Populational dynamics of *Stomoxys calcitrans* L. (Diptera: Muscidae) in three biocenosis, Minas Gerais, Brazil. *Vet. Parasitol* 2005; 130: 343-346.
- Semakula LM, Taylor RAJ, Pitts CW. Flight behavior of *Musca domestica* and *Stomoxys calcitrans* Diptera: Muscidae in a Kansas dairy barn. *J Mecl Entomol* 1989; 26(6): 501-509.
- Solórzano JA. Manejo integrado de la mosca del establo *Stomoxys calcitrans* en Costa Rica. 2014. [Acesso 13 Out 2016]. Disponível em: http://www.redinnovagro.in/docs/INTA_crMosca.pdf.
- Solórzano JA, Gilles J, Bravo O, Vargas C, Gomez-Bonilla Y, Bingham GV, Taylor DB. Biology and trapping of Stable flies (Diptera: Muscidae) developing in pineapple residues (*Anonas comosus*) in Costa Rica. *J Insect Sci* 2015; 15(1): 145.
- Taylor DB, Berkebile DR, Scholl PJ. Stable fly population dynamics in Nebraska in relation to climatic variables. *J Med Entomol* 2007; 44(5): 765-771.
- Taylor DB, Moon RD, Mark DR. Economic impact of stable flies (Diptera: Muscidae) on dairy and beef cattle production. *J Med Entomol* 2012; 49(1): 198-209.
- Vargas-Chacón C, Solórzano AA. Biología y cría de la mosca del establo *Stomoxys calcitrans* L. *Alcances Tecnol* 2016; 11(1): 05-19.
- Williams DF, Rogers AJ. Vertical and lateral distribution of stable flies in northwestern Florida. *J. Med. Entomol* 1976, 13: 95-98.

ARTIGO 3

[Proposta de artigo a ser apresentado à Revista de Pesquisa Veterinária Brasileira]

Efeito da aspersão de vinhaça na abundância de *Stomoxys calcitrans* em área canavieira

Effect of vinasse aspersion on abundance of *Stomoxys calcitrans* in a sugarcane area

Abstract. Vinasse application in sugarcane areas has been associated with an increase in stable fly (*Stomoxys calcitrans*) abundance, affecting neighbor cattle producers. This study aimed to evaluate the effect of vinasse spraying on sugarcane fields in the abundance of *S. calcitrans* adults. Monitoring of stable fly abundance was performed for 21 days in August - September 2014, at a sugarcane plantation located in Nova Alvorada do Sul municipality, Mato Grosso do Sul State, Brazil. After the sugar cane mechanical harvesting and straw deposition on ground, the study area was surrounded by 22 Alsynite sticky traps, distant about 65 m apart, delimiting a polygon of 14.4 ha. The area was fertigated with vinasse immediately after traps were placed. The collection of caught insects (replacement of the sticky refill) on the traps was performed daily at 7:00, 11:00 and 15:00. A total of 83,593 specimens of *S. calcitrans* were caught, of which, 5,516 (6.6%) were attracted in the first five hours after vinasse application. The highest number of *S. calcitrans* was caught in the first week following vinasse application, with a peak on the 4th day (12,818 flies), after adverse weather conditions had occurred in the previous days. Therefore, the study confirms that fertigation of sugarcane post-harvested areas with vinasse attracts *S. calcitrans*, quickly increasing stable fly abundance, particularly in the five days following vinasse application.

Keywords: Stable fly, fertigation of vinasse, outbreak, sugar cane mil.

Resumo. A aplicação de vinhaça em áreas de cana-de-açúcar tem sido associada ao aumento da abundância da mosca-dos-estábulo (*Stomoxys calcitrans*), causando prejuízos a fazendas pecuárias adjacentes. O presente estudo objetivou avaliar o efeito da aspersão de vinhaça em área canavieira na abundância de adultos de *S. calcitrans*. A abundância desta mosca foi monitorada por 21 dias, entre agosto e setembro de 2014, em lavoura de cana-de-açúcar localizada no município de Nova Alvorada do Sul, MS. Após a colheita mecanizada da cana e deposição da palha sobre o solo, a área de estudo foi cercada com 22 armadilhas adesivas do tipo Alsynite, distantes cerca de 65 m entre si, delimitando um polígono de 14,4 ha. A

fertirrigação na área de estudo através da aspersão de vinhaça foi iniciada imediatamente após a instalação das armadilhas. A coleta dos insetos capturados (substituição da parte adesiva) nas armadilhas foi realizada diariamente às 7:00, 11:00 e 15:00. Foram capturados 83.593 espécimes de *S. calcitrans*, sendo 5.516 (6,6%) atraídos nas primeiras cinco horas após a aplicação da vinhaça. Maior número de *S. calcitrans* foi capturado na primeira semana a partir da aspersão da vinhaça, com pico no 4º dia (12.818 moscas), após a ocorrência de condições climáticas adversas nos dias anteriores. O presente estudo confirma que o processo de fertirrigação de áreas canavieiras após colheita, pela aspersão de vinhaça, é atrativo à *S. calcitrans*, aumentando rapidamente a abundância desta mosca, particularmente nos cinco dias subsequentes à aplicação.

Palavras-chave: Mosca-dos-estábulo, fertirrigação de vinhaça, surto, usina.

INTRODUÇÃO

De hábito hematófago, a mosca-dos-estábulo, *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae), parasita animais domésticos e selvagens, além do próprio homem (Bishopp 1913), destacando-se como um dos principais ectoparasitos que afetam animais de criação em diversas regiões do Brasil e no mundo (Dominghetti et al. 2015).

As infestações pela mosca-dos-estábulo ocasionam elevados prejuízos econômicos à pecuária, decorrentes do estresse causado pelas picadas, perda de sangue e redução da ingestão de alimentos pelos bovinos (Bruce & Decker 1958); além da transmissão mecânica de agentes patogênicos (Baldacchino et al. 2013). Segundo Grisi et al. (2014), prejuízos anuais causados por esta mosca à bovinocultura brasileira atingem cerca de US\$ 335 milhões.

Os estádios imaturos da mosca-dos-estábulo se desenvolvem em diversos tipos de substratos contendo matéria orgânica vegetal em processo de decomposição, dentre os quais se destacam resíduos hortifrutigranjeiros (Cook et al 1999, Solórzano et al. 2015), resíduos da suplementação alimentar de bovinos (Broce et al. 2005), particularmente quando misturados a dejetos animais, e subprodutos da produção agrícola (Corrêa et al. 2013, Cançado et al. 2013). No Brasil, explosões populacionais da mosca-dos-estábulo têm sido associadas a subprodutos orgânicos gerados por usinas sucroalcooleiras, particularmente torta de filtro e palha da cana-de-açúcar misturada à vinhaça (resíduo do processo de destilação do álcool) (Corrêa et al. 2013).

Um considerável avanço da indústria sucroalcooleira nacional teve início na década de 1970, período em que foi implantado o programa Proálcool e massivos incentivos

governamentais foram destinados à produção de etanol de cana-de-açúcar. Em 1978, a rotineira prática de despejo da vinhaça em corpos d'água foi banida devido ao seu alto poder poluente, dando origem à sua reutilização para fertilização e irrigação dos canaviais, em um processo denominado “fertirrigação”. Também associada a questões ambientais, a gradativa eliminação da queima pré-colheita da palha da cana-de-açúcar foi determinada no final da década de 1990 (Brasil 1998). A partir de então, a colheita mecanizada da cana-de-açúcar foi intensificada, substituindo a tradicional queima pré-colheita e resultando no acúmulo da palha sobre o solo nas áreas de cultivo. Esta alteração no processo produtivo de álcool e açúcar foi determinante para a ocorrência de surtos na última década (Dominghetti et al. 2015)

A aplicação de vinhaça sobre a palha acumulada no solo oferece condições ao desenvolvimento de imaturos de *S. calcitrans* neste substrato (Corrêa et al. 2013), propiciando sua criação massiva nestas áreas e posterior ocorrência de surtos em propriedades pecuárias próximas. Ao longo da última década, tal situação tem se repetido anualmente em diversas localidades no sudeste e centro-oeste do país (Dominghetti et al. 2015), demonstrando a capacidade de produção de mosca-dos-estábulo nas extensas áreas cobertas por este substrato e sua relação com a ocorrência de surtos nas propriedades pecuárias adjacentes às usinas (Koller et al. 2009, Barros et al. 2010, Kassab et al. 2012). Contudo, informações básicas sobre o comportamento biológico de *S. calcitrans* nestas condições são escassas (Bittencourt 2012, Corrêa et al. 2013, Cançado et al. 2013), apesar de essenciais ao desenvolvimento de estratégias de controle desta praga. Neste sentido, há relatos de diversos pecuaristas e técnicos de que após a aplicação de vinhaça ocorre um perceptível aumento na abundância de *S. calcitrans*.

Assim, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de elucidar o efeito da aplicação da vinhaça sobre palha da cana-de-açúcar na atratividade e abundância de adultos de *S. calcitrans* em área canavieira, partindo de uma hipótese inicial de que a atratividade deste substrato resultasse de sua fermentação após a aplicação de vinhaça.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo. O experimento foi conduzido em lavoura comercial de cana-de-açúcar pertencente à usina sucroalcooleira (21°29'34,69"S e 54°16'59,66"W) localizada no município de Nova Alvorada do Sul, MS, em agosto e setembro de 2014, totalizando 21 dias de avaliação.

A fazenda em estudo possui 350 ha, sendo subdividida em 16 talhões (subdivisões das áreas de lavoura para otimização das práticas de manejo) de cultivo de cana com diferentes áreas; o experimento foi realizado no talhão sete (14,4 ha). Nas adjacências da área de estudo, distando cerca de 1 a 8 km da área experimental, foram mapeadas e identificadas 10 propriedades pecuárias com sistemas de produção de gado de corte e de leite (Figura 1). As áreas compreendidas entre a área experimental e propriedades pecuárias eram cultivadas com cana-de-açúcar, soja e milho, além da existência de área de reserva legal e área de povoamento florestal de eucalipto, próximas ao local de estudo.

Manejo da vinhaça. A fertirrigação na área de estudo foi realizada de acordo com o Plano de Aplicação de Vinhaça (PAV) da usina, sem qualquer alteração em decorrência do estudo.

O processo de fertirrigação com vinhaça no local de estudo, por meio de aspersão com canhão hidráulico e carretel (“hidro-roll”), foi realizado quatro dias após a colheita da cana-de-açúcar no referido talhão. A primeira aplicação de vinhaça no talhão experimental teve início às 10h00, imediatamente após a instalação das armadilhas. Uma nova aplicação de vinhaça nesta área foi realizada no 11º dia de estudo. De acordo com o relatório de fertirrigação de vinhaça, fornecido pela usina, cinco talhões próximos (100 a 300 m) à área experimental receberam aplicação de vinhaça durante o período de estudo; este foi o caso nos talhões 1 e 2 (4º e 11º dias), talhão 8 (11º dia) e talhões 3 e 15 (17º dia). Segundo o PAV da usina foram aplicados 224 m³ ha⁻¹ de vinhaça em cada aplicação realizada na área experimental e demais talhões mencionados.

Armadilhas e coletas. Neste estudo foram utilizadas armadilhas comerciais reflexivas (tipo Alsynite), constituídas por uma estrutura cilíndrica translúcida de fibra de vidro (40 cm altura x 22,3 cm de diâmetro), revestida por um plástico adesivo transparente (ISCA Tecnologia Ltda.²). A armadilha é presa a uma estaca de madeira fendida, com borda superior a cerca de 1 metro de altura do solo.

Foram instaladas 22 armadilhas na área experimental, distantes aproximadamente 65 metros entre si, formando um polígono (Figura 1). A instalação das armadilhas foi concluída às 10:00 h. No primeiro dia de estudo foi realizada apenas uma coleta (15:00 h); nos 20 dias consecutivos foram realizadas três coletas diárias (07:00, 11:00 e 15:00), totalizando 61 coletas. Com o intuito de analisar a abundância de *S. calcitrans* na semana anterior à realização do estudo, resultados de captura obtidos a partir de uma armadilha reflexiva

² ISCA Tecnologia Ltda. Ferramentas e Soluções para o Manejo de Pragas (<http://www.isca.com.br/>).

utilizada para monitoramento populacional, instalada em um talhão a cerca de 800 m de distância da área experimental, foram utilizados nas análises deste experimento.

Após as coletas, os plásticos adesivos com os insetos capturados foram encaminhados ao Laboratório de Parasitologia Veterinária Aplicada, da Embrapa Gado de Corte, para identificação e contagem dos espécimes, segundo Furman e Catts (1982).

Durante todo período do estudo, registros climáticos referentes à temperatura, precipitação pluviométrica, direção e velocidade do vento foram obtidos diariamente, em estação meteorológica localizada na sede da usina, distante 11 km da área de estudo.

Análise estatística. O coeficiente de correlação de Pearson ($P \leq 0,01$) foi utilizado para verificar a possível relação entre o número de *S. calcitrans* capturadas diariamente e os parâmetros climáticos temperatura e pluviosidade. A comparação da frequência de *S. calcitrans* capturadas nas armadilhas nos distintos horários foi efetuada através da análise de PROC FREQ. As análises foram realizadas com auxílio do programa SAS (Statistical Analysis System 9.3/2011).

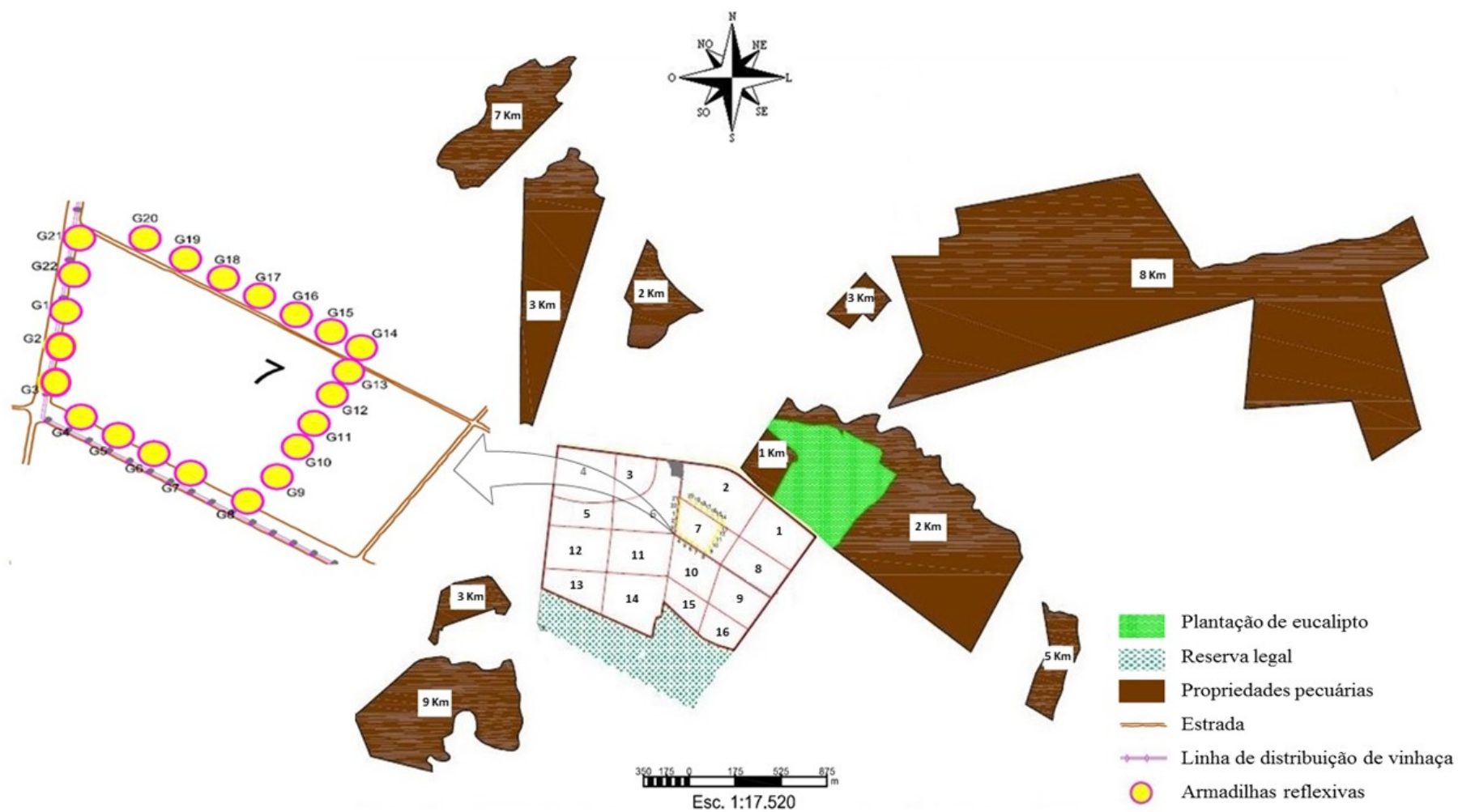


Figura 1. Área experimental em usina sucroalcooleira, com destaque para a área canvieira fertirrigada e distribuição de armadilhas e propriedades pecuárias adjacentes, em Nova Alvorada do Sul, MS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Condições climáticas adversas à atividade das moscas ocorreram nos três primeiros dias do estudo. Após a primeira coleta foi registrada precipitação pluviométrica no primeiro (8,2 mm) e segundo dias (1,5 mm), com ocorrência de ventos (13,2 km hora⁻¹); no 3º dia, registrou-se acentuada queda da temperatura média, de 26 °C no dia anterior para 14,1 °C (mínima de 9,6 °C).

Durante os 21 dias do estudo, foram capturados 83.593 espécimes de *S. calcitrans*. O maior número de moscas desta espécie capturadas em um dia e em uma única armadilha foi 1.022 indivíduos. Considerando que a saturação deste tipo de armadilha seja de aproximadamente 4.000 moscas em coletas semanais (Capítulo 2), a captura de mais de mil moscas em um dia permite supor que coletas semanais possam estar subestimadas em situações com elevada abundância de moscas, como é o caso de surtos; em tais situações, menores intervalos de coleta (diários, se possível) são recomendados.

Nas primeiras cinco horas após o início da aplicação da vinhaça foram capturados 5.516 indivíduos. Após esta primeira coleta, as condições climáticas adversas (chuva e frio) observadas no local até o 3º dia afetaram a atividade e, conseqüentemente, a captura de moscas, situação particularmente evidente no 2º dia. Estes resultados corroboram as observações de Solórzano (2014), ao verificar que em condições de chuva ocorre redução na abundância de *S. calcitrans*. A temperatura também pode ser determinante no comportamento de *S. calcitrans*, com menor abundância em temperaturas inferiores a 11°C (Semakula et al. 1989). Assim, a temperatura mínima registrada no terceiro dia (9,6°C), certamente influenciou a atividade da mosca-dos-estábulo, marcadamente ao longo da manhã. De modo geral, considerando o elevado número de *S. calcitrans* obtido na primeira coleta, maiores capturas seriam esperadas nos primeiros dias do estudo caso as condições climáticas fossem favoráveis.

A temperatura avaliada durante o período de estudo apresentou correlação negativa com o número de moscas capturadas ($r=-0,56$, $p<0,01$). Não houve correlação significativa entre abundância de *S. calcitrans* e pluviosidade. Entretanto, percebe-se redução da abundância um dia após a ocorrência de chuva ($\geq 8,2$ mm) (Figura 2), resultado não evidenciado na análise estatística, provavelmente em função do pequeno número de eventos (chuva) ocorridos.

No 3º dia de coleta observou-se expressivo aumento no número de moscas capturadas ($n=9.162$), com subsequente pico de abundância no 4º dia ($n=12.818$) e redução a partir do 5º

dia (n=11.322). O aumento das capturas no 3º dia, seguido do pico populacional no 4º dia pode ter ocorrido em função de alguns fatores, dentre os quais a ausência de chuva, aplicação de vinhaça por aspersão nos talhões 1 e 2 (talhões vizinhos) e o processo de fermentação do substrato formado pela palhada e vinhaça na própria área experimental. De modo geral, a partir do 5º dia verificou-se uma gradativa redução na abundância deste díptero, possivelmente devido à ausência de aplicação de vinhaça nas proximidades e a redução da atratividade do substrato em decorrência da continuidade do processo de fermentação e possivelmente menor liberação de voláteis atrativos à mosca (Figura 2). De forma semelhante, Solórzano (2014) observou que nos primeiros 3-7 dias há maior atração de *S. calcitrans* em busca de sítios para oviposição em matéria orgânica vegetal (resíduos da cultura de abacaxi) em processo de decomposição.

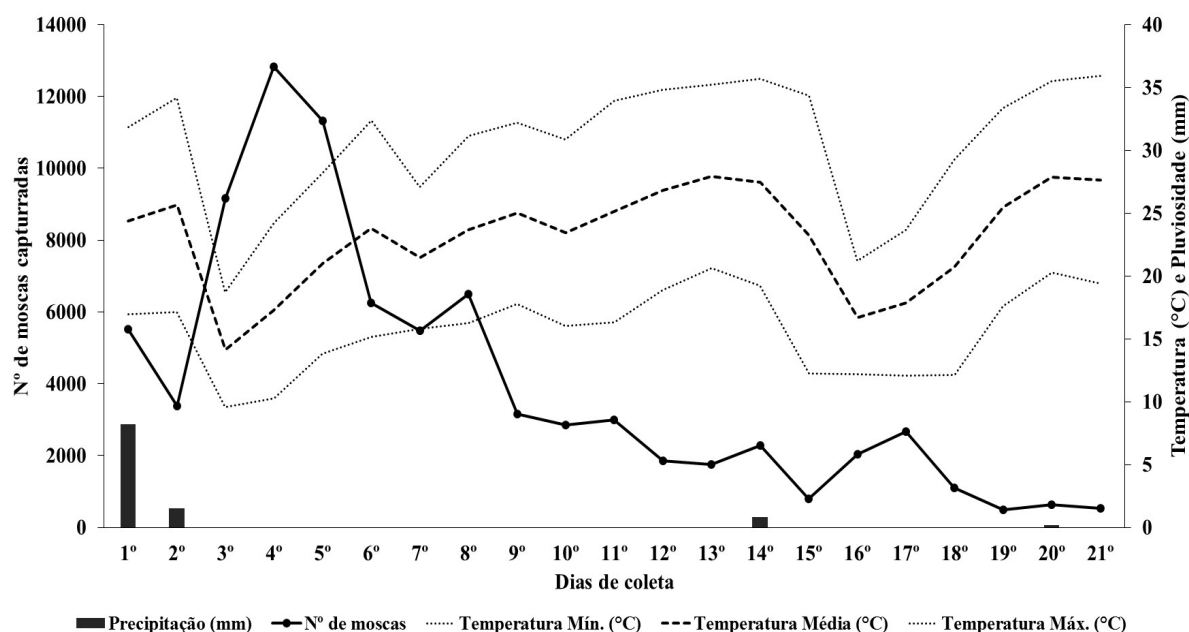


Figura 2. Captura diária de *Stomoxys calcitrans* em armadilhas e registros climáticos em área canavieira, de 12/08 a 01/09/2014, em Nova Alvorada do Sul, MS.

Além da temperatura e pluviosidade, as correntes de ar são consideradas importantes variáveis climáticas, influenciando significativamente o comportamento de *S. calcitrans*, uma vez que é responsável por levar estímulos atrativos à mosca (Gersabeck & Merritt 1985). A dispersão de compostos voláteis (oriundos do processo de aplicação e fermentação de vinhaça) pelo vento, associada à elevada capacidade de dispersão deste inseto (Eddy et al. 1962), resultaram na atração e convergência de moscas provenientes de áreas adjacentes, em

busca de sítios de oviposição na área experimental. Em estudos realizados na cultura do abacaxi (*Ananas comosus*), foi constatado que o procedimento de desbaste da haste do abacaxi causa forte atração de fêmeas de *S. calcitrans* em busca de local para oviposição, sendo significativamente maior que o número de machos (Solórzano et al. 2015).

A maior atratividade da área experimental à mosca-dos-estábulos ocorreu na primeira semana após fertirrigação com vinhaça, com 64,52% (n= 53.938) do total de moscas capturadas neste período. Nas duas semanas subsequentes, as capturas foram gradativamente menores, respectivamente, 21.385 e 8.270 indivíduos (Figura 3). Além da possível redução da liberação de voláteis atrativos, em função da continuidade do processo de fermentação na área experimental, a competição decorrente da aplicação de vinhaça em talhões (1, 2, 3, 8 e 15) próximos a partir da segunda semana de estudo (entre o 11º e 17º dias) provavelmente contribuiu para reduzir o afluxo de moscas à área em estudo.

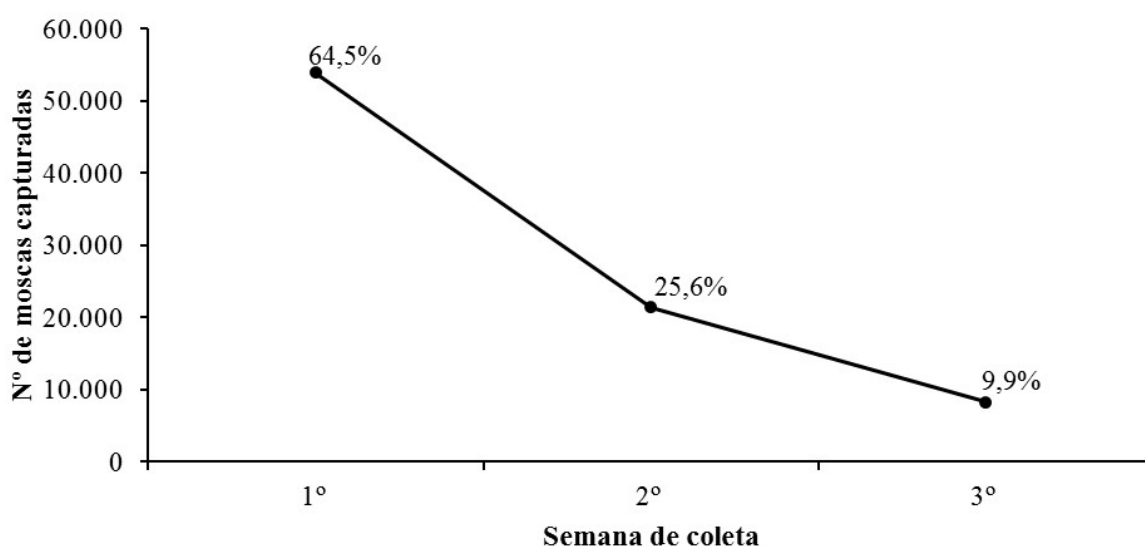


Figura 3. Captura semanal de *Stomoxys calcitrans* e frequência de indivíduos capturados em área canavieira fertirrigada com vinhaça.

Adicionalmente, utilizamos os resultados obtidos em uma armadilha situada a cerca de 800 m da área experimental, pertencente ao estudo de sazonalidade de *S. calcitrans* realizado na mesma época e usina do presente estudo (Capítulo 2). Deste modo, foi possível verificar que a abundância de *S. calcitrans* na semana anterior à aplicação de vinhaça era menor, quando 126 espécimes de *S. calcitrans* foram capturados nesta armadilha adicional. Na semana seguinte (início da aplicação de vinhaça), nesta mesma armadilha, registou-se um

expressivo aumento na abundância de moscas ($n= 255$), com posterior redução nas capturas nas duas semanas seguintes ($n= 218$ e 173 , respectivamente). Resultado semelhante ao encontrado nos outros pontos amostrais, que corroboram o efeito de atração exercido pela aplicação da vinhaça.

Outro fator importante a ser considerado em relação ao uso da vinhaça é o aumento da umidade do substrato, o que tende a acelerar o processo de fermentação e consequentemente a elevar a produção de gases. Segundo Silva et al. (2007), a matéria orgânica contida na vinhaça, quando misturada à palha da cana, forma um substrato rapidamente colonizado por microrganismos decompositores do solo. Sob intensa atividade microbiana, este substrato orgânico é rapidamente degradado, potencializando a emissão de gases como o CO_2 e amônia, que atraem e estimulam a oviposição de *S. calcitrans* (Jeanbourquin 2006).

De modo geral, o CO_2 é considerado um dos principais estímulos a insetos hematófagos, que se orientam na direção de sua origem, tal como observado em relação à *S. calcitrans* (Guerenstein & Hildebrand 2008). Considerando que a colheita mecanizada seguida da aplicação de vinhaça ($200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) triplica a emissão de CO_2 em áreas canavieiras (Oliveira et al. 2013), é provável que a aplicação de vinhaça na área experimental ($224 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) tenha estimulado o fluxo de *S. calcitrans* ao local de estudo. A maior abundância da mosca-dos-estábulo nos cinco dias subsequentes à aplicação da vinhaça pode ter ocorrido em função da elevada produção de CO_2 durante o processo inicial de fermentação da palha com vinhaça, uma vez que maiores níveis de emissão de CO_2 ocorrem nos primeiros seis dias após a fertirrigação (Oliveira et al. 2013).

Ao analisar a frequência da captura de mosca-dos-estábulo em função do horário de coleta das armadilhas (Figura 4), nota-se que durante a primeira e a terceira semanas de estudo, a maior frequência de moscas foi obtida nas coletas das 15:00 h (capturas de 11:00 às 15:00), representando 59,14% e 43,18% das coletas realizadas nas respectivas semanas. Contudo, na segunda semana, a maior frequência de moscas capturadas (43,51%) foi verificada às 7:00 (capturas de 15:00 às 7:00).

As faixas de temperatura nas três semanas de experimento variaram de maneira similar (Figura 2), tanto ao longo das semanas quanto dos dias. Deste modo, a variação da temperatura isoladamente não explicou de forma conclusiva as variações na frequência de captura nos diferentes horários. De acordo com Semakula et al. (1989), a faixa de temperatura em que há maior captura de *S. calcitrans* situa-se entre 32 e 34°C. No presente trabalho, houve grande variação no horário dos dias em que as maiores temperaturas ocorreram, não

formando um padrão de ocorrência das temperaturas em função do horário. Assim, outros fatores como horário de aplicação da vinhaça em lavouras próximas e radiação solar podem ter influenciado este resultado (Figura 4).

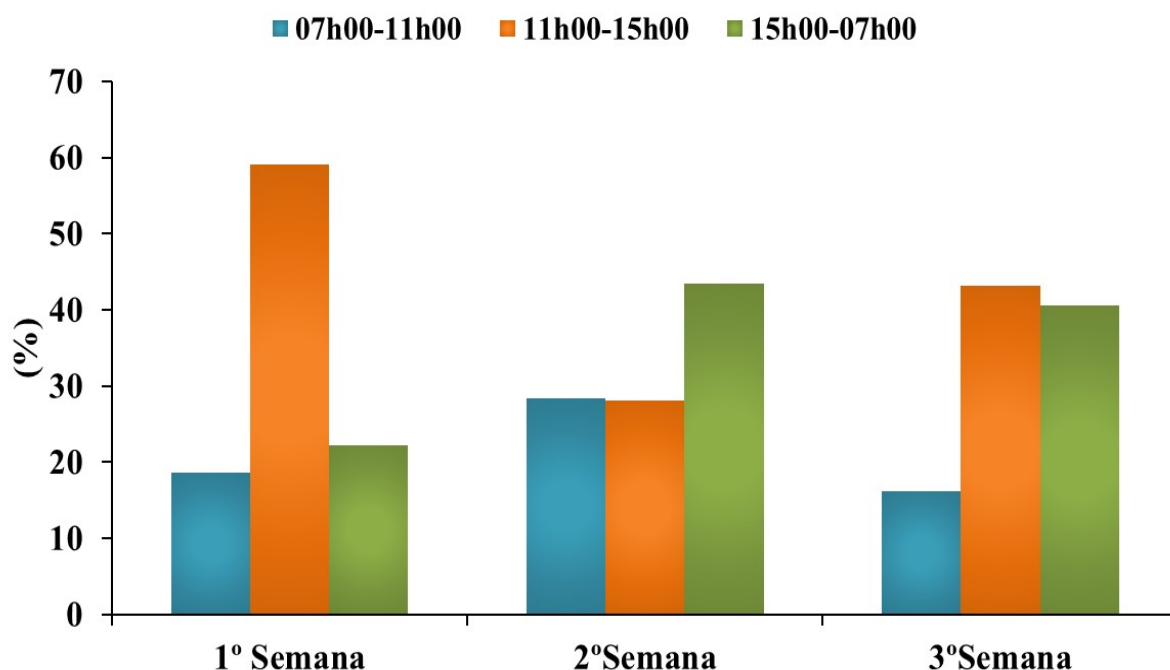


Figura 4. Frequência de captura de *Stomoxys calcitrans* em função do horário de coleta das armadilhas, durante estudo sobre atratividade da vinhaça em usina sucroalcooleira.

Embora o deslocamento de dípteros hematófagos na busca por hospedeiros e sítios de reprodução seja realizado na direção contrária à do vento, não foi observada relação entre a frequência de moscas capturadas nas armadilhas e a direção do vento predominante em relação à localização de propriedades pecuárias. A presença de áreas de vegetação mais densa, como a reserva legal e a plantação de eucalipto, próximas a áreas de aplicação de vinhaça servem de abrigo e influenciam o comportamento de dispersão de *S. calcitrans*. O rápido afluxo de moscas logo após a aplicação de vinhaça sugere que as moscas se encontravam nas proximidades e que, independentemente de sua origem e da direção predominante do vento (a qual muda ao longo do dia), foram atraídas pelo cheiro da vinhaça, em busca de locais para reprodução.

Embora ventos fortes possam favorecer o deslocamento da mosca-dos-estábulo por grandes distâncias (Hogsette & Ruff 1985), estes tendem a ser um fator limitante ao voo, motivo pelo qual a dispersão destas moscas está geralmente associada a correntes de ar mais

brandas. No presente estudo, a velocidade média dos ventos, entre 9 e 12,3 km h⁻¹ ao longo das três semanas de estudo foi abaixo do limite de 16,7 km h⁻¹ observado por Broce et al. (1991) sem que houvesse limitação na captura de *S. calcitrans* em armadilhas semelhantes.

A expressiva quantidade de *S. calcitrans* nas armadilhas dispostas ao redor de uma pequena área recém fertirrigada evidencia a capacidade de atração da vinhaça aplicada sobre a palha. A capacidade de desenvolvimento de *S. calcitrans* nos ambientes formados por palha com vinhaça, aliada à grande extensão de área coberta por este substrato, à atratividade da vinhaça e à atividade pecuária no entorno, predispõe estes locais à criação massiva da mosca-dos-estábulo e potencial ocorrência de surtos em suas imediações.

CONCLUSÕES

O processo de fertirrigação de áreas canavieiras pela aspersão de vinhaça atrai *S. calcitrans*, aumentando a abundância desta mosca nestes locais, particularmente nos quatro dias subsequentes à aplicação.

Cinco dias depois da aplicação de vinhaça, o seu efeito atrativo começa a reduzir, passando a apresentar uma relação inversa ao período de tempo decorrido após a aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baldacchino F., Muenworn V., Desquesnes M., Desoli F., Charoenviriyaphap T., Duvallet G. 2013. Transmission of pathogens by *Stomoxys* flies (Diptera: Muscidae): a review. *Parasite*. 20(26):1-13.
- Barros A.T., Koller W.W., Catto J.B., Soares C.O. 2010. Surtos por *Stomoxys calcitrans* em gado de corte no Mato Grosso do Sul. *Pesq. Vet. Bras.* 30(11):945-952.
- Bishopp F.C. 1913. The stable fly (*Stomoxys calcitrans*: L.) an important live stock pest. *J. Econ. Entomol.* 6:112-116.
- Bittencourt A.J. 2012. Avaliação de surtos e medidas de controle ambiental de *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) na Região Sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Med. Vet.* 34(S1):73-82.
- BRASIL 1998. Legislação Brasileira sobre Meio Ambiente. Decreto nº 2.661, de 8 de Julho de 1998. Disponível em <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1998/decreto-2661-8-julho-1998-397924-norma-pe.html>>. Acesso em 23 nov. 2014.

- Broce A.B., Schwenke J.R., Hampton K.E. 1991. Landing pattern of stable flies (Diptera: Muscidae) on the alsynite cylinder trap: effect of wind speed and direction. J. Med. Entomol. 28(5):730-733.
- Broce A.B., Hogsette J., Paisley S. 2005. Winter feeding sites of hay in round bales as major developmental sites of *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) in pastures in spring and summer. J. Econ. Entomol. 98(6):2307-2312.
- Bruce W.N., Decker G.C. 1958. The relationship of stable fly abundance to milk production in dairy cattle. J. Econ. Entomol. 51:269-274.
- Cançado P.H.D., Ferreira T., Piranda E.M., Soares C.O. 2013. Sugarcane stems as larval habitat for the stable fly (*Stomoxys calcitrans*) in sugarcane plantations. Pesq. Vet. Bras. 33(6):741-744.
- Cook D.F., Dadour I.R., Keals N.J. 1999. Stable fly, house fly (Diptera: Muscidae), and other nuisance fly development in poultry litter associated with horticultural crop production. J. Econ. Entomol. 92(6):1352-1357.
- Corrêa E.C., Ribas A.C.A., Campos J., Barros A.T.M. 2013. Abundância de *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) em diferentes subprodutos canavieiros. Pesq. Vet. Bras. 33(11):1303-1308.
- Dominghetti T.F.S., Barros A.T.M., Soares C.O., Cançado P.H.D. 2015. *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) outbreaks: current situation and future outlook with emphasis on Brazil. Rev. Bras. Parasitol. Vet. 24(4):1984-2961.
- Eddy G.W., Roth A.R., Plapp F.W. 1962. Studies on the flight habits of some marked insects. Ibid. 55:603-607.
- Furman D.P., Catts E.P. Manual of medical entomology. 4. ed. Cambridge: University, 1982. 207p.
- Gersabeck E.F., Merritt R.W. 1985. Dispersal of adult *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae) from known immature developmental areas. J. Econ. Entomol. 78(3):617-621.
- Grisi L., Leite R.C., Martins J.R.S., Barros A.T.M., Andreotti R., Cançado P.H.D, et al. 2014. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. Rev. Bras. Parasitol. Vet. 23(2):150-156.
- Guerenstein P.G., Hildebrand J.G. 2008. Roles and Effects of Environmental Carbon Dioxide in Insect Life. Annu Rev Entomol. 53:61-78.
- Hogsette J.A., Ruff J.P. 1985. Stable fly (Diptera: Muscidae) migration in northwest Florida. Environ. Entomol. 14:170-175.

- Jeanbourquin P. The role of odour perception in the sensory ecology of the stable fly, *Stomoxys calcitrans* L. Ph.D. Dissertation, Université de Neuchâtel; 2006. Disponível em <https://doc.rero.ch/record/5586/files/1_these_JeanbourquinP.pdf>. Acesso em 15 fev. 2015.
- Koller W.W., Catto J.B., Bianchin I., Soares C.O., Paiva F., Tavares L.E.R., Gracioli G. 2009. Surtos da mosca-dos-estábulo, *Stomoxys calcitrans*, em Mato Grosso do Sul: novo problema para as cadeias produtivas da carne e sucroalcooleira? Campo Grande: Embrapa Gado de Corte. p. 1-31.
- Oliveira B.G., Carvalho J.L.N., Carri C.E.P., Cerri C.C, Brigitte J.F. 2013. Soil greenhouse gas fluxes from vinasse application in Brazilian sugarcane áreas. Geoderma. 200(201):77-84.
- Semakula L.M., Taylor R.A.J., Pitts C.W. 1989. Flight behavior of *Musca domestica* and *Stomoxys calcitrans* Diptera: Muscidae in a Kansas dairy barn. J. Mecl. Entomol. 26(6):501-509.
- Silva M.A.S., Griebeler N.P., Borges L.C. 2007. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb. 11(1):108-114.
- Solórzano J.A. Manejo integrado de la Mosca del Establo *Stomoxys calcitrans* en Costa Rica, Premio Innovagro 2014. Disponível em http://www.redinnovagro.in/docs/INTA_crMosca.pdf. Acesso em 13 out. 2016.
- Solórzano J.A., Gilles J., Bravo O., Vargas C., Gomez-Bonilla Y., Bingham V., Taylor D.B. 2015. Biology and Trapping of Stable Flies (Diptera: Muscidae) Developing in Pineapple Residues (*Ananas comosus*) in Costa Rica. J. Insect. Sci. 15(1):145.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos em relação à dinâmica populacional de *S. calcitrans* em uma usina sucroalcooleira e fazendas de produção pecuária adjacentes, informações básicas sobre a bioecologia desta praga foram esclarecidas. A partir deste estudo, pesquisas mais aplicadas poderão ser desenvolvidas visando subsidiar a elaboração de programas de manejo integrado de *S. calcitrans*, adequados ao atual cenário de ocorrência de surtos no Brasil.

Durante os períodos de safra de cana-de-açúcar ocorrem mudanças ambientais, principalmente relacionadas à geração de resíduos e subprodutos orgânicos, propícios à reprodução massiva de *S. calcitrans*. Além dos locais de reprodução, o manejo destes subprodutos promovem alterações no microclima (aumento da umidade pelo processo fertirrigação com vinhaça) durante os meses mais secos do ano, tornando-se determinantes na ocorrência de surtos de *S. calcitrans*.

A realização de pesquisas para identificação dos fatores físico-químicos dos subprodutos orgânicos canavieiros (palha, vinhaça e torta de filtro) permitirá melhor compreensão no comportamento de dispersão dos adultos de *S. calcitrans* e, consequentemente o desenvolvimento de estratégias de controle de surtos mais eficientes e menos onerosas.

Estudos a campo direcionados ao controle biológico e químico de adultos e imaturos de *S. calcitrans* precisam ser desenvolvidos, visando oferecer alternativas potencialmente úteis ao controle do parasito e prevenção de surtos.

O manejo do material orgânico disponível tanto nas fazendas pecuárias quanto nas usinas sucroalcooleiras reduz a população de *S. calcitrans* e realiza o controle ambiental desta mosca. Contudo, observa-se na prática que as medidas preventivas estão sendo pouco adotadas pelos setores envolvidos, dificultando ainda mais os avanços na prevenção e controle de surtos.

A higienização das instalações, com eliminação dos dejetos animais e resíduos de suplementação alimentar, destaca-se como a principal medida de controle da mosca-dos-estábulo nas propriedades pecuárias.

O uso de algumas técnicas agrônômicas e industriais como elevação do pH do solo; incorporação da palha de cana-de-açúcar ao solo; recolhimento da palha para co-geração de energia, aplicação fracionada da vinhaça e concentração da vinhaça, vem sendo discutidas

como medidas potenciais no controle de *S. calcitrans* em usinas, porém sem comprovação científica de sua eficiência na prevenção dos surtos.

O uso da queima controlada da palha residual pós-colheita da cana-de-açúcar em lavouras que serão fertirrigadas por vinhaça, favorece a eliminação de focos potenciais para o desenvolvimento de *S. calcitrans*. Cabe salientar que as ações de manejo nas demais áreas da usina como pátio de torta de filtro, canais de vinhaça e vazamentos de vinhaça, devem ser mantidas mesmo com a adoção do uso do fogo controlado em lavouras canavieiras.

O uso de armadilhas para o controle dos adultos (bandeira azul e preta) nas áreas da usina e estabelecimentos pecuários adjacentes, embora não tenha sido comprovado sua real eficiência neste sistema agroecológico, tem apresentado resultados promissores no controle de *S. calcitrans*.

O monitoramento populacional de *S. calcitrans* nas áreas da usina e fazendas pecuárias, por meio de armadilhas, é fundamental para um efetivo acompanhamento dos níveis de abundância da mosca nestes ambientes, identificação de locais e situações críticas e adoção de medidas adequadas de controle e manejo. O monitoramento semanal da população de *S. calcitrans* em áreas consideradas de risco possibilita ações de prevenção e controle mais rápidas e eficientes e, conseqüentemente, a redução de prejuízos diretos e indiretos infligidos aos pecuaristas e à própria usina.

Por fim, os setores produtivos pecuário e sucroenergético apresentam relação com a ocorrência de surtos por *S. calcitrans* em Mato Grosso do Sul, Brasil. A população basal de *S. calcitrans* mantida nos estabelecimentos pecuários no período de entressafra de cana-de-açúcar atua como fonte inicial de dispersão para as áreas da usina durante a safra, culminando com a produção massiva deste díptero e eventual ocorrência de surtos. Deste modo, ressalta-se a importância do trabalho conjunto pelos setores envolvidos para que seja alcançado o melhor nível de controle possível com o conhecimento e tecnologias atuais, até que soluções efetivas sejam desenvolvidas.