

PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE *APHIS GOSSYPHII* EM ALGODOEIRO IRRIGADO E DE SEQUEIRO NO ESTADO DO CEARÁ

Gerônimo Ferreira da Silva

Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Fitotecnia, UFERSA, BR 110 do km 47, Costa e Silva, CEP 59625-900, Mossoró-RN.
E-mail: agrogefe@yahoo.com.br

Francisco de Souza Ramalho

Pesquisador I da Embrapa-Algodão, Rua Osvaldo Cruz, 1143, Centenário. Campina Grande, PB. Brasil. CEP 58107-720.
E-mail: framalho@cnpa.embrapa.br

Alexandre de Igor de Azevedo Pereira

Departamento de Biologia Animal/BIOAGRO, Doutorando, Bolsista do CNPq, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36571-000, Viçosa, MG, Brasil. E-mail: aiapereira@yahoo.com.br

Edivan Silva Nunes Júnior

Prof. da UEPB - Doutorando em Fitotecnia, UFERSA, BR 110 do km 47, Costa e Silva, CEP 59625-900, Mossoró-RN.
E-mail: edivanjunior@uepb.edu.br

Rodrigo Gomes Pereira

Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Fitotecnia, UFERSA, BR 110 do km 47, Costa e Silva, CEP 59625-900, Mossoró-RN.
E-mail: rgpereira2005@hotmail.com

RESUMO: O pulgão do algodoeiro, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae), é uma séria praga dessa Malvaceae no nordeste do brasileiro. O objetivo desta pesquisa foi testar a estabilidade de distribuição da população padrão de *Aphis gossypii* no tempo e no espaço, através dos parâmetros da lei de Taylor, Iwao e Nachman. A pesquisa foi realizada na Estação Experimental da Embrapa Algodão em Barbalha, Ceará, Brasil. No presente estudo, mesmo tendo-se obtido significância estatística para o modelo de Iwao, verificou-se que os modelos de Taylor e Nachman ajustaram melhor os dados e obtiveram valores mais altos de r^2 quando comparados com o modelo de Iwao. O coeficiente d da lei de Taylor obtido foi: $1 < d < 2$, isto significa que a agregação dos pulgões aumentou com a média de infestação, mas sem alcançar valores extremos. Os intervalos de confiança dos parâmetros da regressão Ln (c) e d comprovam a estabilidade do desenvolvimento da população de *A. gossypii* sob as condições de campo estudadas. Quando a população média (número de pulgões por folha) aumentou, sua variância também obteve maiores valores. A superdispersão da população dos pulgões foi significativa ($d > 1$).

Palavras-chave: algodão, entomologia, pragas, sulgadores

PATRÓN TEMPORAL DISTRIBUCIÓN DE *APHIS GOSSYPHII* EN ALGODÓN DE REGADÍO Y DE SECANO EN CEARÁ

RESUMEN: El pulgón del algodón, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae), es una plaga grave de Malvaceae en el noreste de Brasil. El objetivo de este estudio pone a prueba la estabilidad del patrón de distribución de la población de *Aphis gossypii* en tiempo y espacio através de los parámetros de la ley de Taylor, Iwao y Nachman. Lá investigación se realizó en la Estación Experimental de Embrapa Algodón Barbalha, Ceará, Brasil. En este estudio, aunque la significación estadística para el model de Iwao, se constató que los modelos de Taylor y los datos Nachman mejor ajuste y presentaron mayores valores de r^2 em comparación com el model de Iwao. El coeficiente d de la ley de Taylor en el museo: $1 < d < 2$, esto significa que la acumulación de los áfidos se incrementó con la infestación media, pero sin alcanzar valores extremos. Los intervalos de confianza de los parámetros de regressión Ln (c) y d muestran la estabilidad del desarrollo de la población de *Aphis gossypii* em condiciones de campo de estudio. Cuando la población media (número de áfidos por hoja) se incrementó, la varianza también mostró valores más altos. La sobredispersión de la población de áfidos fue significativa ($d > 1$).

Palavras-chave: algodón, entomología, plagas, succión

TEMPORAL DISTRIBUTION PATTERN OF *APHIS GOSSYPYII* IN COTTON IRRIGATED AND RAINFED CONDITIONS IN CEARÁ

ABSTRACT: The cotton aphid, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae), is a serious pest of Malvaceae in the northeastern Brasil. The objective of this research was to test the stability of population pattern of *Aphis gossypii* in time and space, through the parameters of the law of Taylor, Iwao and Nachman. The research was carried out in the Experimental Station of the Embrapa Algodão at Barbalha, Ceará, Brasil. In is study, even though statistical significance was obtained for the model of Iwao, it was found that the models of Taylor and Nachman fit the data better and had higher values of r^2 when compared with the model Iwao. The coefficient d of Taylor's law obtained: $1 < d < 2$, this means that the aggregativity increases with the average infestation, but without taking extreme values. The confidence intervals for the regression parameters Ln (c) and d prove the stability of the *Aphis gossypii* population development in the cotton field. When the population mean (number of aphid per leaf) increased, the variance also increased. The overdispersion of the aphid populations was significant ($d > 1$).

Keywords: cotton, entomology, pests, sulgadores

INTRODUÇÃO

O pulgão do algodoeiro (*Aphis gossypii* Glover, 1877) tem se tornado uma séria praga nacional, especialmente para o Nordeste brasileiro. Calcagnolo & Sauer (1954), estudaram os prejuízos que este afídeo causa à cotinocultura nacional, observando como resposta um decréscimo de 44% na produção. Sua infestação na cultura acontece entre 15 e 60 dias do ciclo vegetativo, provocando queda de 24% do peso de algodão em caroço (Vendramin & Nakano 1981). Além do seu expressivo consumo de seiva que causa deformação, enrolamento das folhas, retardo do crescimento e redução do número e tamanho dos órgãos reprodutivos (Cauquil 1977; Cauquil et al. 1978; Cauquil & Follin 1983; Celini & Vaillant 1999), o *Aphis gossypii* é um agente na transmissão de viroses, como vermelhão do algodoeiro e mosaico das nervuras (Costa 1972; Michelloto, 2009).

Sua alta capacidade reprodutiva e de dispersão (Heathcote 1972), aliadas às condições de temperatura e umidade que caracterizam o período de desenvolvimento do algodoeiro, favorecem o crescimento populacional do afídeo. Quanto a sua distribuição na cultura, não possui tendência definida, ocorrendo plantas altamente infestadas ao lado de outras pouco infestadas, notando que a dispersão entre as plantas pode ser insignificante, porém a densidade populacional é bem maior nas regiões mediana e inferior (folhas velhas) em relação à região superior (folhas jovens) (Khalifa & El-Din 1964). Kapatatos et al., (1996) em estudos relacionados com a dinâmica populacional do *Aphis gossypii* no algodoeiro, concluíram que a dispersão se deu de forma aleatória na cultura, no entanto a infestação foi maior na parte inferior da planta.

Neste aspecto, estudos relacionados com modelos de distribuição e agregação de *Aphis gossypii* em plantas de algodoeiro têm se tornado importantes ferramentas para o MIP (Manejo Integrado de Pragas) (Silva et al., 2005). Assim, vários modelos de dispersão têm sido utilizados para analisar o padrão de distribuição e agregação dessa espécie, entre estes destacam-se, Taylor (1961, 1984),

Iwao (1968, 1975) e Nachman (1984). Tais modelos visam estabelecer a relação entre a média e a variância σ^2 , em função dos diferentes níveis de infestação da praga (Lei de Potência de Taylor). Taylor (1984) cita que esta lei é recomendada, quando se procura a melhor representação mediante um indicador de agregação. Segundo Taylor (1961) a variância σ^2 e a média tendem a aumentar juntas, obedecendo a uma lei de potência expressa por $s^2 = am^b$, onde os coeficientes a e b, são conhecidos como coeficientes de Taylor, e fornecem estimativas do padrão de agregação do inseto. O coeficiente a é conhecido como fator de amostragem, sendo afetado, principalmente pelo tamanho da amostra (Taylor, 1965), e o b é conhecido como índice de agregação, sendo característico e constante para cada espécie.

No modelo de Iwao, a relação entre a média e a variância σ^2 está baseada no índice de aglomeração da média m^* (LLOYD, 1967). Logo: $\sigma^2 = (a+1)m + (b-1)m^2$, onde a e b são parâmetros da regressão entre m e m^* (Iwao, 1968). Segundo Iwao & Kuno (1971), estes parâmetros podem evoluir no tempo, em função da dinâmica populacional da praga. Desta forma, denotando-se I_D a variância, a relação média do modelo de Iwao se torna: $I_D = (a+b) + (b-1)m$, conseqüentemente a+1 e b-1 podem ser calculados através da regressão linear simples.

O modelo de Nachman (1984) visa estabelecer a relação entre a média m e a proporção de unidades amostrais com infestação. Logo, $p = 1 - \exp(-am^b)$, onde a e b são parâmetros do modelo. Considerando-se a proporção (p0) de unidades amostrais sem infestação, obtêm-se $\ln(-\ln(p0)) = \ln(a) + b\ln(m)$, assim $\ln(a)$ e b podem ser estimados através da regressão linear simples.

Visando-se obter dados para elaboração de planos de amostragem que propiciem maior adoção do MIP (Manejo Integrado de Pragas), este trabalho teve como objetivo testar a estabilidade de distribuição da população padrão de *Aphis gossypii* no tempo e no espaço, através dos parâmetros da lei de Taylor, Iwao e Nachman.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa - Algodão localizado no município de Barbalha-CE, região do Cariri, localizado à 415 m de altitude, latitude $7^{\circ} 19'$ e longitude de $39^{\circ} 18'$, durante os anos de 2005 e 2006 em uma área experimental de 1.0 hectare, com plantas de algodoeiro (CNPA 8H) em condições de sequeiro e irrigadas. A área experimental permaneceu livre dos tratamentos com inseticidas durante o estudo, porém recebeu as outras práticas agrícolas usuais.

Inicialmente, a área foi dividida em 12 blocos de mesmo tamanho. Em cada bloco, foram selecionadas cinco plantas ao acaso. Com base na haste principal das plantas, considerou-se três extratos de folhas (apical, mediana e basal), onde em cada extrato examinou-se quatro folhas. Neste caso, em cada amostra 60 plantas de algodão foram examinadas, o que corresponde a 600 folhas examinadas semanalmente. Em cada folha de

algodão, o número de inimigos naturais, bem como o número total de pulgões presentes foram registrados e contados.

Foram testados três modelos diferentes incluindo estes, Taylor (1961, 1984), Iwao (1968, 1975) e Nachman (1984). O objetivo dos modelos de Taylor, Iwao e Nachman foram de reforçar a relação existente entre a variância σ^2 e a média em diferentes níveis de infestação da praga, bem como encontrar uma relação estável em função do tempo, para o desenvolvimento populacional de *A. gossypii* sob condições de campo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se verificar através da Tabela 1 que a lei de Taylor pode ser utilizada para analisar os dados de contagem de pulgões (*Aphis gossypii*), uma vez que o teste F foi significativo para todas as regressões estimadas.

Tabela 1. Estimativas dos parâmetros do modelo de Taylor e estatísticas de análises de regressão aplicadas a populações de pulgão em algodoeiros de sequeiro e irrigado nos municípios de Missão Velha, Ceará e Barbalha, Ceará.

Ano	Cultura	n	(a+1)	(b-1)	F	R ²
2005	Irigada	7	1,923	1,383	49,34*	0,9
	Sequeiro (Campo 1)	7	-1,855	1,962	41,69*	0,89
2006	Sequeiro (Campo 2)	7	-0,430	1,540	69,32*	0,93
	Irigada	6	-1,053	2,579	87,49*	0,95

Modelo: $\sigma^2 = \ln(a) + b \ln(m)$ ou $\sigma^2 = am^{b-1}$; * significativo à 5% de probabilidade; n = número de semanas que foram realizadas observações.

Pode-se verificar também que, com exceção apenas para a área irrigada 2006, o coeficiente b de Taylor obteve $1 < b < 2$, indicando assim que a agregatividade da população de *A. gossypii* no campo aumentou com o aumento médio da infestação, porém sem levar os dados ao extremo (Tabela 1). Segundo Heathcote (1972), a agregatividade da população de pulgão (*Aphis gossypii*) em algodoeiro deve-se principalmente ao crescimento populacional através da formação de colônias, com predominância de indivíduos ápteros, o que implica na baixa dispersão da espécie. Os intervalos de confiança para os parâmetros da regressão (a e b) provam a estabilidade do desenvolvimento populacional de *Aphis gossypii* no campo. Resultados semelhantes da aplicação

do modelo de Taylor foram obtidos por (Kapatos et al.; 1996), estes autores mostraram a aplicabilidade deste modelo na distribuição espacial de *Aphis gossypii* em campo de algodão na Grécia e África Central, respectivamente.

A relação entre a variância e a média populacional do pulgão do algodoeiro (*Aphis gossypii*) em Barbalha-CE nos anos de 2005 e 2006 aplicando-se o modelo de Taylor, indica que a variância aumentou linearmente com aumento médio da população do afídeo, tanto para o algodoeiro sob condições irrigadas (2005) (Figura 1) e (2006) (Figura 2A), quanto para as condições de sequeiro (2006) (Campo 1) (Figura 2B) e (2006) (Campo 2) (Figura 2C).

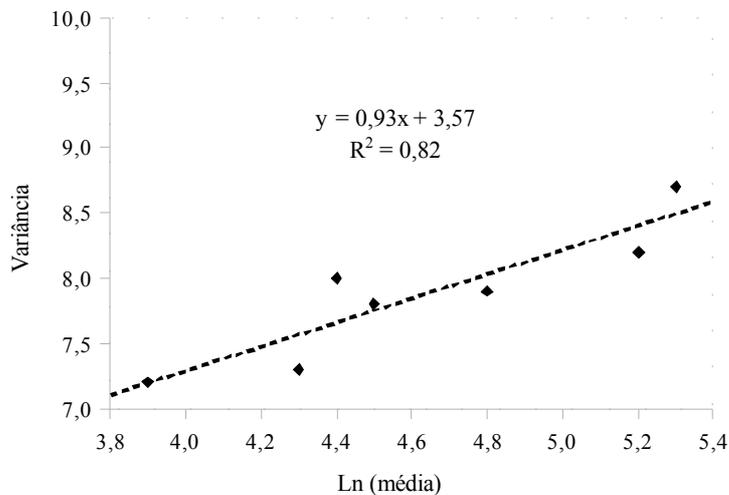
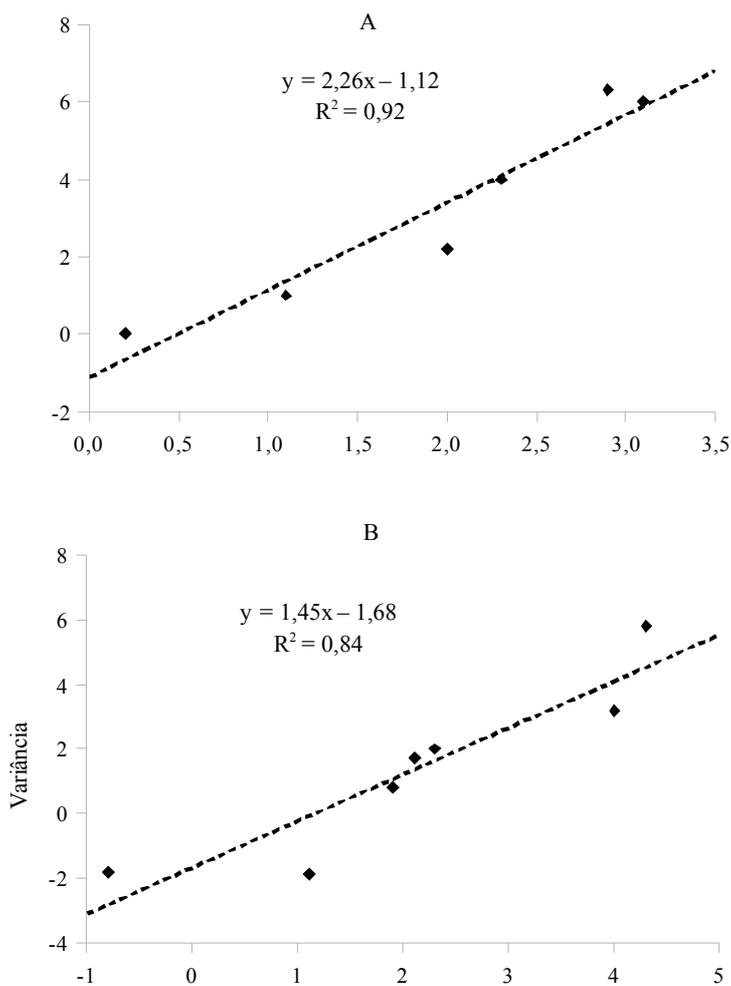


Figura 1. Relação entre variância e média de populações do pulgão *Aphis gossypii* em algodoeiro irrigado em Barbalha – CE no ano de 2005, aplicando o modelo de Taylor.



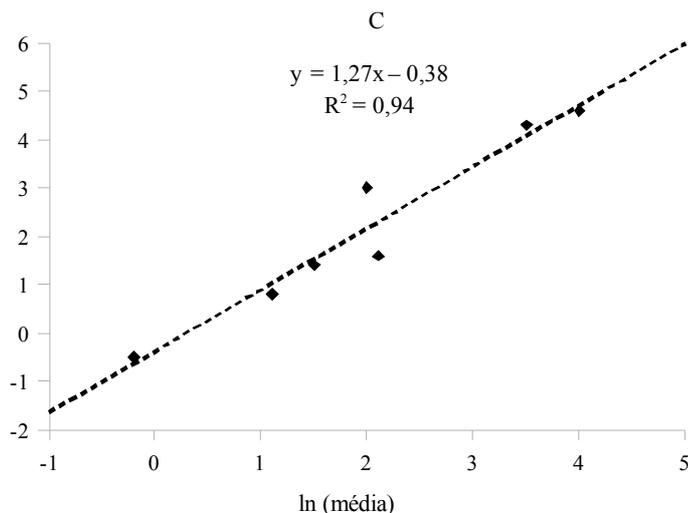


Figura 2. Relação entre variância e média de populações do pulgão *Aphis gossypii* em algodoeiro irrigado [Barbalha, CE: A (2006)] e sequeiro (Barbalha, CE 2006: C (campo 1) e D (campo 2), aplicando o modelo de Taylor.

Analisando-se os resultados referentes à aplicação do modelo de Iwao sobre a distribuição da população de pulgão *Aphis gossypii* em algodoeiro sob regime de sequeiro e irrigado (Tabela 2), verifica-se que o teste F foi significativo apenas para a cultura sob regime de sequeiro.

O coeficiente (b) de Iwao obteve valores menores que a unidade, caracterizando assim uma distribuição uniforme da população. A constante (a) apresentou tendência de aglomeração a > 0 (Campo 2) e de repulsão a < 0 (Campo 1).

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros do modelo de Iwao e estatísticas de análises de regressão aplicadas a populações de pulgão em algodoeiros de sequeiro e irrigado nos municípios de Missão Velha, Ceará e Barbalha, Ceará.

Ano	Cultura	n	(a+1)	(b-1)	F	R ²
2005	Irigada	7	23,116	0,163	4,51 ^{ns}	0,47
	Sequeiro (Campo 1)	7	-0,517	0,259	6,53*	0,56
2006	Sequeiro (Campo 2)	7	1,422	0,088	6,09*	0,54
	Irigada	6	6,797	0,313	1,06 ^{ns}	0,09

Modelo: $\sigma^2 = (a+1)m + (b-1)m^2$ ou $\sigma^2/m = (a+1) + (b-1)m$; * significativo à 5% de probabilidade; ns = não significativo; n = número de semanas que foram realizadas observações.

Os valores da regressão Linear figura 3 (Campo 1) e figura 4 (Campo 2) mostram a boa relação entre a variância média e a média de população do pulgão *Aphis gossypii* no algodoeiro, como dado por $\sigma^2 = (a+1) + (b-1)m$.

A variância média aumentou linearmente com o aumento médio da população do pulgão *Aphis gossypii*, porém sem levar os dados ao extremo.

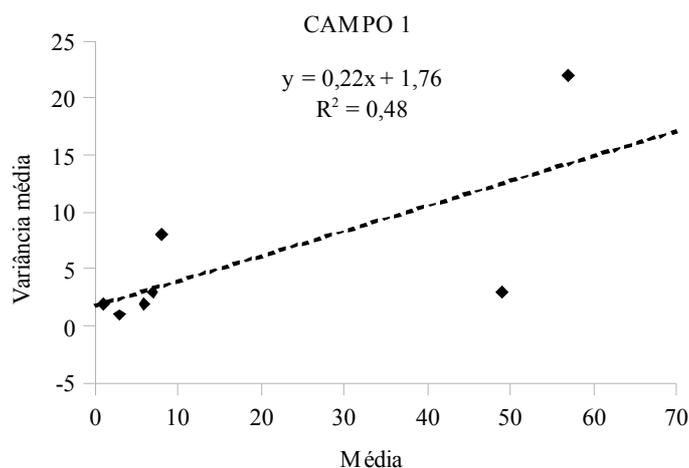


Figura 3. Relação entre variância média e média de populações do pulgão *Aphis gossypii* em algodoeiro de sequeiro, Barbalha, Ceará, 2005, aplicando o modelo de Iwao.

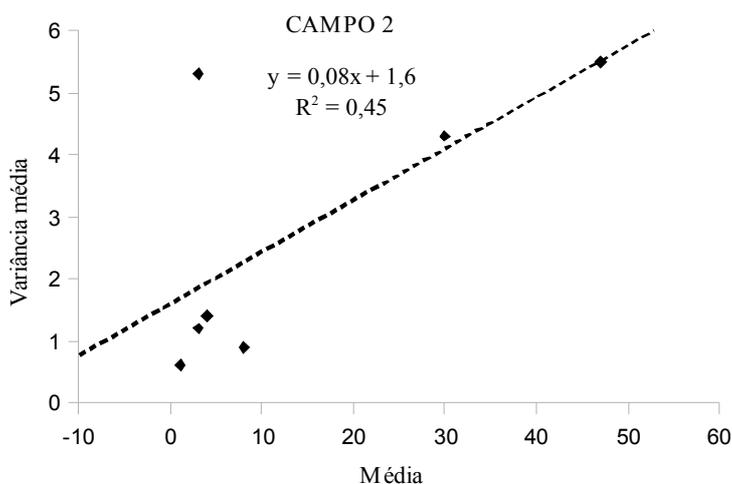


Figura 4. Relação entre variância média e média de populações do pulgão *Aphis gossypii* em algodoeiro de sequeiro, Barbalha, Ceará, 2005, aplicando o modelo de Iwao.

O modelo de Nachman (Tabela 3) proporcionou um ajuste excelente à relação entre a proporção de plantas sem infestação de pulgão *Aphis gossypii* e a densidade média da população. Usando o parâmetro calculado na

tabela 3, a proporção de plantas sem infestação de pulgão, pode ser calculada através da densidade média da população com a equação, $\ln(-\ln(p_0)) = \ln(a) + b \ln(m)$.

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros do modelo de Nachman e estatísticas de análises de regressão aplicadas a populações de pulgão em algodoeiros de sequeiro e irrigado nos municípios de Missão Velha, Ceará e Barbalha, Ceará.

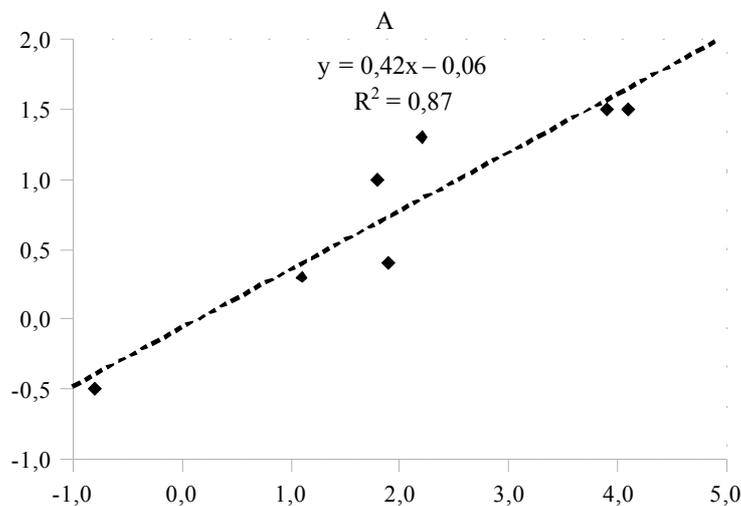
Ano	Cultura	n	ln (a)	b	F	R ²
2005	Irrigada	7	-0,333	0,395	14,99 ⁸	0,90
	Sequeiro (Campo 1)	7	-0,173	0,457	56,88*	0,91
2006	Sequeiro (Campo 2)	7	-0,375	0,561	31,10 ⁸	0,86
	Irrigada	6	-0,332	0,395	14,99 ⁸	0,89

Modelo: $p = 1 - \exp(-am^b)$ ou $\ln(-\ln(p_0)) = \ln(a) + b \ln(m)$; * significativo à 5% de probabilidade; n = número de semanas que foram realizadas observações.

O bom ajuste dos dados ao modelo de Nachman implica que a relação entre a média de infestação e a porcentagem de plantas com ou sem infestação pode ser expressada adequadamente por este modelo, podendo-se desenvolver planos com objetivos que visem estimar o nível da população de *Aphis gossypii* baseado apenas em observações de presença/ausência, ao invés de contar os afídeos individualmente, reduzindo-se assim o custo de observação.

A relação entre a proporção de plantas de algodoeiro sem infestação de *Aphis gossypii* em função de suas

médias populacionais (Figuras 5 e 6), indica que a proporção de plantas sem infestação de pulgão aumentou linearmente com o aumento médio de suas populações. Esse comportamento dos dados deve-se possivelmente ao aumento da agregatividade da população do pulgão em detrimento do crescimento populacional do afídeo através da formação de colônias. Pielou (1977) relata que, a agregatividade da população de indivíduos, implica em agrupamento ou aglomeração, deixando-se assim porções do espaço relativamente desocupadas.



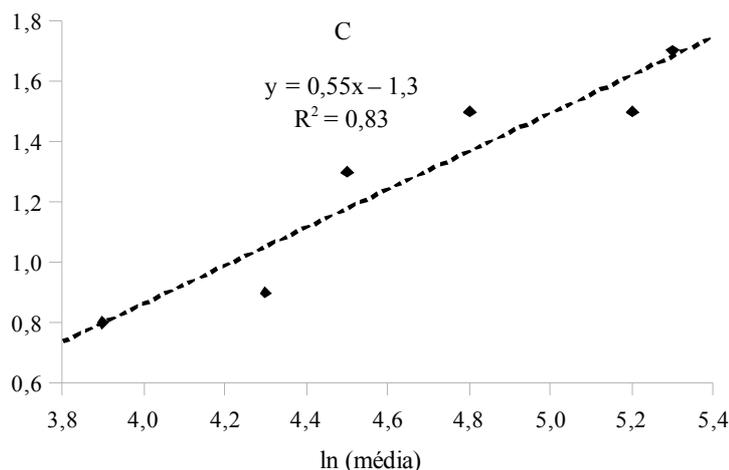
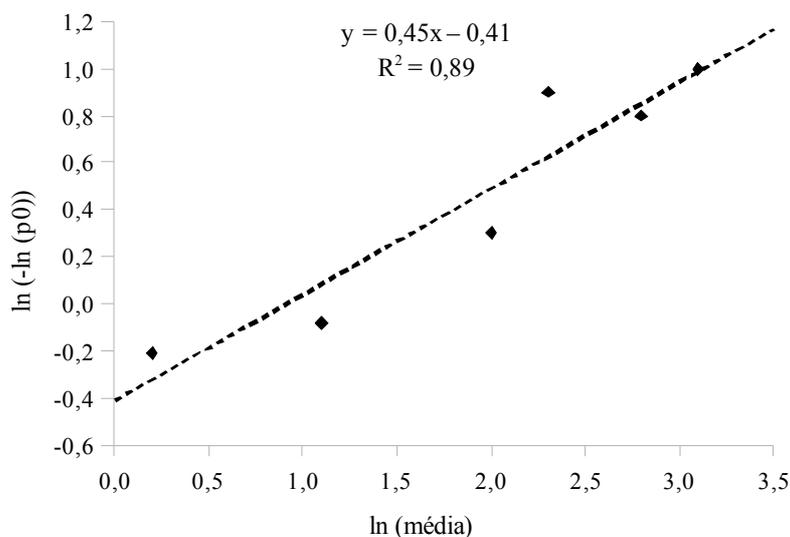


Figura 5. Relação entre proporções de plantas sem infestação do pulgão *Aphis gossypii* e médias de suas populações em algodoeiros de sequeiro (Barbalha – 2006: A (campo 1) e B (campo 2) e irrigado (Barbalha, CE – 2005: C, aplicando o modelo de Nachman.

Figura 6. Relação entre proporções de plantas sem infestação do pulgão *Aphis gossypii* e médias de suas populações em algodoeiros irrigado (Barbalha, CE – 2006), aplicando o modelo de Nachman.

CONCLUSÃO

Os modelos de Taylor e Nachman ajustaram melhor os dados e obtiveram valores mais altos de r^2 quando comparados com o modelo de Iwao.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALCAGNOLO, G.; SAUER, H. F. G. A influência do ataque dos pulgões na produção de algodão (*Aphis gossypii* Glover, 1876) (Homoptera: Aphididae). *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 21, p. 85-99, 1954.

- CAUQUIL, J. Etudes sur une maladie d'origine virale du cotonnier: La maladie bleue. **Coton. Fibres Trop.**, v. 32, p. 259-278, 1977.
- CAUQUIL, J.; FOLIN, F. C. Les maladies du cotonnier attribuées à des virus ou à des mycoplasmes en Afrique du sud du Sahara et dans le reste du monde. **Coton. Fibres Trop.**, v. 38, p. 293-317, 1983.
- CAUQUIL, J.; GUILLAUMONT, G.; JOUVE, G. Résultats obtenus en Empire centrafricain contre *Aphis gossypii* Glover, vecteur d'une virose du cotonnier: la maladie bleue. **Coton. Fibres. Trop.**, v. 33, p. 335-351, 1978.
- CELINI, L.; VAILLANT, J. Répartition spatio-temporelle des présences d'ailes d'*Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) en culture cotonnière. **Can. Entomol.**, v. 131, p. 813-824, 1999.
- COSTA, D. O pulgão em evidência. **Divulgação Agrônômica**, v.32, p.19-22, 1972.
- HEATHCOTE, G. D. Evaluating aphid populations on plants. In: EMDEN, H. F. van (Ed.). **Aphid technology**. London: Academic Press, 1972. p. 105-145.
- IWAO, S. A new method of sequential sampling to classify populations relative to a critical density. **Res. Popul. Ecol.**, v. 16, p. 281-288, 1975.
- IWAO, S. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. **Res. Popul. Ecol.**, v. 10, p. 1-20. 1968.
- IWAO, S.; E. KUNO. Use of the regression of mean crowding on mean density for estimating sample size and the transformation of data for the analysis of variances. **Research Population Ecology**, v. 10, p. 210-214, 1971.
- KAPATOS, E. T.; STRATOPOLOU, E. T.; SAHIROGLOU, A.; TSITSIPIS, J. A.; LYCOURESIS, D. P. Development of an optimum sampling plan for the population of *Aphis gossypii* (Hom., Aphididae) on cotton in Greece. **J. Appl. Entomol.**, v. 120, p. 245-248, 1996.
- KHALIFA, A.; N. SHARAF EL-DIN. Biological and ecological study on *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Homoptera: Aphididae). **Bull. Soc. Entomol.** v. 48, p. 131-153, 1964.
- MICHELLOTO, M. D.; BUSOLI, A. C. Biologia de *Aphis gossypii* em plantas infectadas pelo vírus do mosaico das nervuras do algodoeiro. **Bragantia**, v.68, p. 1017-1024, 2009.
- NACHMAN, G. Estimates of mean population density and spatial distribution of *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae) based upon the proportion of empty sampling units. **J. Appl. Ecol.**, v. 21, 903-913, 1984.
- PIELOU, E.C. **Mathematical ecology**. New York: John Wiley, 1977. 302 p.
- SILVA, G. F. da.; RAMALHO, F. S.; OLIVEIRA, G. S.; PEREIRA, A. I. A.; ZANUNCIO, J. C. Temporal distribution pattern of *Aphis gossypii* (GLOVER) (HEMIPERA:APHIDIDAE) on irrigated cotton. **Anais do Simpósio de Controle Biológico (Siconbiol)**. Recife, 2005.
- TAYLOR, L. R. A natural law for the spatial dispersion of insects. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, London, 1965. **Proceedings...** London. 1965. p. 396-397.
- TAYLOR, L. R. Aggregation, variance and the mean. **Nature**: v. 189, p. 732-735, 1961.
- TAYLOR, L. R. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. **Ann. Rev. Entomol.**, v. 29, p. 321-357, 1984.
- VENDRAMIN, J.D.; NAKANO, O. Avaliação de danos de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Homoptera: Aphididae) no algodoeiro cultivar 'IAC-17'. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.10, p. 89-96, 1981.

Recebido em 05/02/2010

Aceito em 02/06/2010