

3.2 A análise de regressão geográfica das populações selvagens de *Ceratitis capitata* Wiedemann, na ilha de S. Jorge, Açores

Reinaldo Macedo Soares Pimentel¹, Jorge Azevedo²; David João Horta Lopes¹, John Mumford³ & António Maria Marques Mexia⁴

¹CE3C – Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes / Azorean Biodiversity Group, Universidade dos Açores, Departamento de Ciências Agrárias, Rua Capitão João d'Ávila, S. Pedro, 9700-042 Angra do Heroísmo, Açores, e-mail: reinaldo.pimentel@uac.pt; david.jh.lopes@uac.pt

²Secretaria Regional de Agricultura e Ambiente, Direção Regional de Agricultura, Serviço de Desenvolvimento Agrário de São Jorge, Caminho Novo n° 39, 9800-423 Urzelina. São Jorge. e-mail: Jorge.MM.Azevedo@azores.gov.pt

³Centre for Environmental Policy, Imperial College London, UK; e-mail: j.mumford@imperial.ac.uk

⁴Universidade de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas (DCEB), Tapada da Ajuda; e-mail: amexia@isa.utl.pt;

3.2.1 Introdução

Ceratitis capitata Wiedemann é uma das principais ameaças do comércio de frutos frescos a nível mundial devido principalmente à sua facilidade de adaptação (Carvalho & Aguiar, 1997; Sciarretta & Trematerra, 2011; Radonjic *et al.*, 2013). Dependendo das condições climáticas, o ciclo de vida deste inseto, poderá concluir o seu ciclo de vida entre 20 a 30 dias (Bodenheimer, 1951; Liu *et al.*, 1995).

De acordo com Hendrichs, Kenmore e Robinson (2007), a heterogeneidade ecológica num campo, pomar e mesmo a escalas espaciais mais amplas, afeta profundamente a dinâmica populacional das pragas e o conhecimento no tempo e no espaço das populações de pragas constitui uma informação indispensável necessária para planejar, implementar e avaliar programas de proteção das culturas.

Existem já alguns estudos, referidos no sub-capítulo 2.2), já realizados, sobre a dinâmica espaço-temporal de adultos de *C. capitata*, para tentar avaliar o impacto das características geográficas e paisagísticas na distribuição espacial. Os seus autores (ver subcapítulo 2.2), referem a importância dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na identificação dos principais focos de elevada densidade populacional de adultos de *C. capitata*. No entanto, como também é referido, não conseguiram estabelecer nenhuma relação além das capturas estar interligadas ao tipo de culturas, à disponibilidade de frutos dos hospedeiros e às variações climáticas associadas às estações do ano, nas áreas em estudo. No entanto, estes estudos referidos (ver subcapítulo 2.2), foram conduzidos maioritariamente em grandes áreas de cultivo onde a variabilidade topográfica é muito limitada, o que não se enquadra na topografia característica de ilhas como a Terceira e mesmo S. Jorge.

Assim, no âmbito de trabalhos de monitorização do projeto CabMedMac (MAC/3/A163), realizados na Ilha de São Jorge (Açores), pretendeu-se avaliar a distribuição geográfica das populações selvagens de *C. capitata* e **determinar se existiria alguma relação desta distribuição dos adultos e desta praga com as características geográficas da Ilha.**

3.2.2 Material e métodos

Para a elaboração do presente trabalho, recorreu-se a dados dos trabalhos de monitorização dos adultos de *Ceratitis capitata* Wiedemann do projeto CabMedMac (MAC/3/A163) (ver subcapítulo 3.1 do presente trabalho), inseridos num Sistema de Informação Geográfico (SIG).

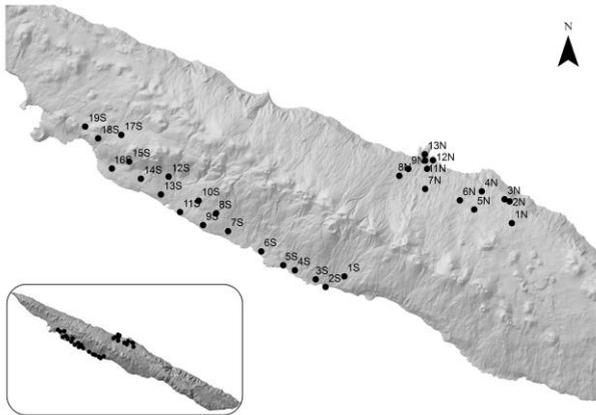


Figura 3.12 – Representação cartográfica da disposição e localização das 32 armadilhas, da rede instalada na ilha de S. Jorge, para monitorização das populações adultas de *C. capitata*.

Estes dados de capturas resultaram de uma rede de armadilhas, composta por 32 armadilhas Tephri (Fig. 3.12).

O compasso de instalação das armadilhas utilizado foi de 1 km, sendo que por cada km², onde foram instaladas 4 armadilhas (Fig. 3.12). Esta rede de armadilhas foi implementada a Sul e a Norte da Ilha de São Jorge, sendo delimitada de acordo com a existência e extensão das áreas frutícolas (Fig. 3.12).

A contagem e registo dos adultos (com distinção entre machos e fêmeas) capturados foi realizada quinzenalmente. A cada dois meses realizou-se a mudança do

atrativo alimentar composto por acetato de amónio, putrescina e trimetilamina. A pastilha de DDVP, presente em cada uma das armadilhas, foi substituída igualmente com a mesma periodicidade.

Os dados das capturas para cada armadilha foram expressos pela média de capturas por armadilha por dia (MAD), desde março de 2011 (data de início do projeto CabMedMac) até dezembro 2013.

Para se avaliar a distribuição espacial das populações selvagens de *C. capitata* e determinar se existia alguma relação desta distribuição com as características geográficas, recorreu-se à **análise de regressão geograficamente ponderada (GWR)** à semelhança do realizado para a ilha Terceira (sub-capítulo 2.2).

Este tipo de análise surge porque, por vezes, os valores dos coeficientes, que são incluídos num modelo global, podem não representar variações locais mais detalhadas de forma adequada (Bivand *et al.*, 2008), o que é muito comum também na ilha de S. Jorge.

Com este tipo de análise, os coeficientes são calculados com base na definição de local e sítios vizinhos no interior de uma determinada distância.

De acordo com Navarro-Llopis *et al.* (2012), e como já referido no sub-capítulo 2.2, uma dada população adulta de *C. capitata* é influenciada pelas populações externas a uma distância de cerca de 1,3 km e refere que esta praga poder-se-á deslocar mais de 1 km na procura de hospedeiros. Por isso, neste trabalho, tendo em conta o espaçamento implementado na rede de armadilhas, na análise de GWR, a distância usada para definir o seu local de colocação foi de 1 km.

As características geográficas a testar, a altitude, inclinação do terreno, exposição e a média da radiação solar diária possível sem nuvens, de cada ponto de amostragem, foram extraídos do Sistema Informação Geográfica desenvolvido para a ilha de S. Jorge.

3.2.3 Resultados e Discussão

Os resultados gerais das regressões geograficamente ponderadas (GWR) realizadas sobre as capturas médias dos dois géneros de *C. capitata*, para as duas zonas estudadas na ilha de S. Jorge (Norte e Sul) são apresentados no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Resultados gerais da análise das regressões geograficamente ponderadas (GWR), realizadas aos dados das capturas de adultos para a ilha de S. Jorge.

Diagnostic Statistics:	♂	♀
Number of Locations to Fit Model (n):	32	
Sigma:	0,785	21,624
Effective Number of Parameters:	25,4	25,4
Akaike Information Criterion (AICc):	402,3	508,5
Correlation Coefficient (r):	0,98	0,99
Coefficient of Determination (r ²):	0,96	0,98
Adjusted r-square (r ² Adj):	0,85	0,93
F (r ²):	7,21	16,32
P-value (r ²):	< 0,001	< 0,001

(0,99 contra 0,98) o que poderá sugerir que os machos poderão encontrar-se mais dispersos do que as fêmeas (Quadro 3.1).

Este resultado é similar ao obtido por Pimentel *et al.* (2014c) para a Ilha Terceira, o que poderá ser um indício de que, a nível destas duas ilhas ou mesmo insular, esta praga possua comportamentos idênticos.

De acordo com Azevedo (1996) e como já referido no sub-capítulo 2.2, a topografia insular local tem um grande impacto nas condições climáticas, levando à formação de microclimas muito específicos em determinadas zonas de cada ilha.

O facto de se detetar uma relação das fêmeas com as características geográficas locais pode estar relacionado com a existência destes microclimas, pois como também já referido por (Pimentel, 2010), as fêmeas apresentam uma maior dependência da temperatura e humidade.

Há semelhança do já referido no sub-capítulo 2.2 para a ilha Terceira, de acordo com os estudos de Hendrichs *et al.* (2007) esta característica agregativa dos adultos detetada e devidamente tida em conta, pode minimizar os custos da aplicação da técnica SIT, permitindo uma mais rápida junção destes com a população selvagem diminuindo assim os custos associados a implementação deste tipo de medidas de controlo.

Os resultados da análise GWR apresentados no Quadro 3.2 são resultados que avaliam a qualidade dos modelos locais calculados.

Com base nos dados utilizados foi possível obter 32 modelos, ou seja, um para cada local em análise (Quadro 3.2). Foi ainda possível criar um mapa cartográfico demonstrativo dos locais onde, as populações selvagens de *C. capitata* na ilha de S. Jorge, poderão encontrar as melhores condições para se agregarem. Pelo que utilizando os coeficientes de cada variável e utilizando as características geográficas detalhadas de cada local foi possível, para a ilha de S. Jorge, obter as zonas com maior probabilidade de encontrar as maiores densidades populacionais de adultos de *C. capitata* (Fig. 3.13). De acordo com a Figura 3.13, a zona sul da ilha de S. Jorge foi a que apresentou as maiores densidades populacionais e a maior variabilidade entre estes focos. Isto significa que a zona Sul é a que apresenta as melhores condições geográficas para aí existirem as maiores densidades populacionais de *C. capitata* na ilha de S. Jorge de acordo com este estudo e com a aplicação deste modelo GWR.

Quadro 3.2 – Coeficientes das variáveis independentes calculadas a partir da análise GWR para cada local, para as fêmeas (até um raio de 1.000 m), nas zonas estudadas, da ilha de S. Jorge.

Local	Y	X	Constante	Coeficientes			
				Altitude	Declive	Orientação	Radiação
2S	4276544,0	404550,9	592,57	-0,2486	8,1514	-0,4656	-4,8640
3S	4276833,4	404179,7	564,40	-0,2253	6,9268	-0,4030	-4,6096
1S	4276943,5	405259,9	624,53	-0,2774	9,8758	-0,5621	-5,1492
4S	4277174,5	403399,6	473,11	-0,1729	4,3717	-0,2857	-3,7790
5S	4277361,7	402961,6	410,33	-0,1546	3,3222	-0,2442	-3,2053
6S	4277880,8	402138,2	226,92	-0,4559	2,3283	-0,2064	-1,4641
7S	4278637,9	400888,4	439,66	-0,1115	-1,0819	0,0210	-3,7251
9S	4278867,7	399948,5	340,91	-0,1300	-4,0739	0,1787	-2,8433
1N	4278940,8	411550,7	-3,17	-0,0016	0,0161	-0,0005	0,0371
8S	4279311,4	400441,3	194,27	-0,1156	-4,4022	0,2048	-1,5639
11S	4279354,9	399084,2	1093,13	-0,2181	-0,3727	-0,0359	-9,3955
5N	4279452,6	410138,2	-11,77	-0,0140	0,1360	-0,0015	0,1556
2N	4279756,6	411466,8	-2,42	-0,0014	0,0118	-0,0005	0,0293
10S	4279784,8	399786,2	936,16	-0,1790	-1,5070	0,0261	-8,0522
6N	4279796,8	409598,5	-1,67	-0,0155	0,0572	-0,0040	0,0721
3N	4279839,0	411277,9	-1,26	-0,0011	0,0042	-0,0004	0,0176
13S	4280017,2	398368,2	-135,40	-0,2490	-0,5760	0,0972	1,4914
4N	4280136,2	410425,0	-12,77	-0,0158	0,1495	-0,0022	0,1711
7N	4280225,3	408293,3	23,18	-0,0122	-0,0807	-0,0158	-0,1593
14S	4280606,9	397614,3	-506,44	-0,1185	-1,8910	0,0951	4,8119
12S	4280686,3	398656,4	-145,81	-0,2100	-0,6335	0,1013	1,5422
8N	4280717,0	407321,6	4,46	-0,0152	0,1664	-0,0200	0,0034
9N	4280973,5	407662,7	12,96	-0,0138	0,0842	-0,0207	-0,0728
10N	4280978,7	408370,9	27,00	-0,0115	-0,0760	-0,0196	-0,1972
16S	4280988,9	396525,3	-237,01	-0,0633	-1,0006	0,0898	2,1989
15S	4281247,7	397173,3	-225,91	-0,0678	-1,1208	0,0634	2,1854
11N	4281286,8	408294,9	24,75	-0,0119	-0,0337	-0,0211	-0,1786
12N	4281303,5	408589,7	30,64	-0,0108	-0,1060	-0,0202	-0,2305
13N	4281527,6	408281,4	23,22	-0,0122	-0,0069	-0,0219	-0,1657
18S	4282121,9	396004,8	-158,30	-0,0406	-0,7045	0,0530	1,4847
17S	4282253,3	396878,9	-182,71	-0,0505	-0,8649	0,0685	1,7147
19S	4282565,3	395521,7	88,76	-0,0017	-0,1876	-0,0975	-0,5374

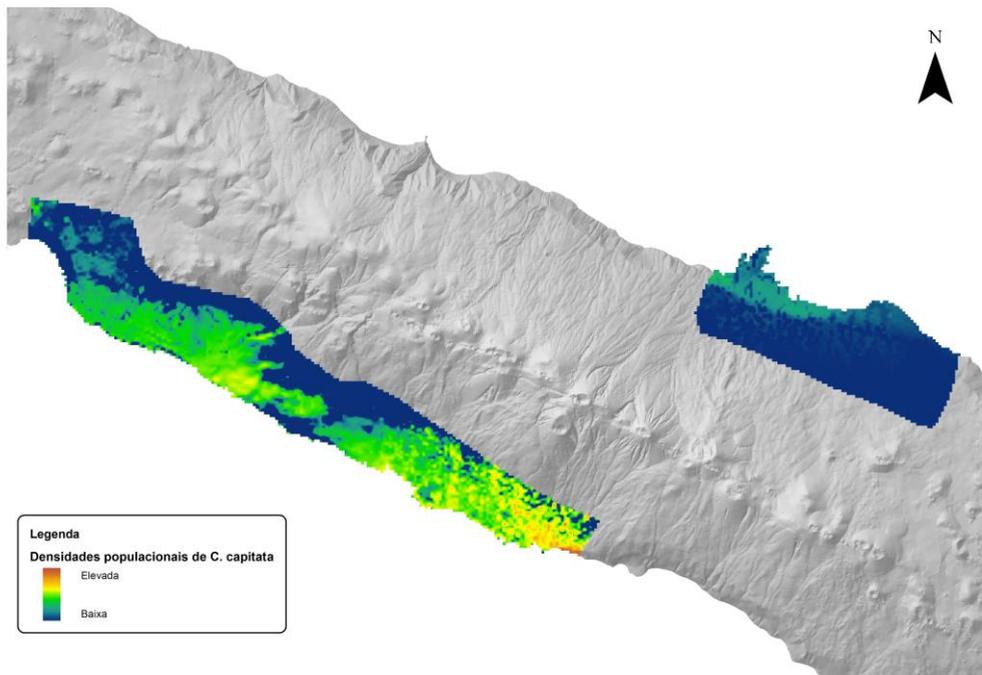


Figura 3.13 – Representação cartográfica, obtida a partir dos modelos GWR, dos locais onde as populações adultas selvagens das fêmeas de *C. capitata* se poderão agregar e apresentar maiores densidades populacionais.

3.2.4 Conclusões

Um dos fatores preponderantes à propagação da espécie *C. capitata* está relacionada com a disponibilidade de hospedeiros (frutos) e esta questão não foi abordada neste estudo.

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se a existência de uma forte e significativa correlação entre a abundância adultos capturados e as características geográficas em função da distância a locais vizinhos.

Os resultados também indicam que as fêmeas são mais agregativas do que os machos. Isso deverá ser um fator importante a ter em conta numa perspetiva de aplicação de medidas de controlo/limitação das populações de *C. capitata* na Ilha de S. Jorge.

Com os resultados obtidas a partir da análise de regressão geograficamente ponderada (GWR), é também possível criar um modelo explicativo para a ilha de S. Jorge onde figuram os locais /zonas na ilha onde os adultos selvagens de *C. capitata* tem as melhores condições para se multiplicar e, assim, atingirem as maiores densidades populacionais, sobreviver e registar as maiores infestações de frutos.