

# Revealing land-use change as a key factor influencing the incidence of envenomation by *Lonomia* sp. in southern Brazil

Marília Melo Favalesso<sup>1,2</sup>, Eliana Burgos<sup>1,2</sup>, Maria Elisa Peichoto<sup>1</sup> & Ana Tereza Bittencourt Guimarães<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) & Instituto Nacional de Medicina Tropical, Puerto Iguazú, Misiones, Argentina.

<sup>2</sup>Pós-graduação em Ecologia, Genética y Evolución de Buenos Aires - Universidad de Buenos Aires.

<sup>3</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, Brasil.

## Introdução

As larvas do gênero *Lonomia* (Lepidoptera: Saturniidae) possuem grande relevância médica na América do Sul, pois duas de suas espécies são consideradas agentes etiológicos do lonomismo. O contato acidental com suas estruturas urticantes pode resultar em envenenamento sistêmico, frequentemente associado a quadros hemorrágicos graves, podendo levar ao óbito.

Os primeiros casos oficiais de envenenamento por *Lonomia obliqua* Walker foram registrados no final da década de 1980, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Desde então, acidentes têm sido reportados em Santa Catarina e Paraná. Devido à crescente incidência, as autoridades brasileiras estabeleceram um antiveneno específico, produzido pelo Instituto Butantan, reconhecido como único tratamento efetivo desde 1996.

Até o momento, registros indicam que os acidentes lonômicos ocorrem em áreas antrópicas próximas a florestas primárias (Lemaire, 2002). Hipóteses sugerem que a ocupação humana, especialmente a expansão agrícola em zonas florestais, influencia esses acidentes (Lemaire, 2002; Lorini, 1999). Modificações ambientais, resultantes da ocupação do solo, podem afetar o equilíbrio ecológico de *Lonomia* spp., promovendo sua dispersão para novos ambientes. Essa dinâmica aumenta a interação com populações humanas e, conseqüentemente, o risco de envenenamento. Entretanto, tais hipóteses ainda carecem de confirmação empírica.

Diante disso, este estudo propõe a análise de dados históricos de acidentes lonômicos, cruzando informações sobre uso da terra e variáveis climáticas, para identificar fatores que influenciam a incidência desses eventos no sul do Brasil.

## Construção das Hipóteses

Tabela 1 - Hipóteses que relacionam os acidentes lonômicos com preditores de uso da terra e clima.

Categoria	Hipóteses e preditores	Estrutura do modelo
Nula	Os acidentes ocorreram de maneira aleatória entre os municípios durante o período em estudo.	$Y(.)$

Uso da terra	Os acidentes variam de acordo com a porcentagem de áreas agrícolas em proximidade com áreas de floresta, com maior probabilidade de acidentes em municípios com maior contato desses classificadores de uso da terra em função da diminuição do espaço existente entre o meio-ambiente de <i>Lonomia</i> sp. e a população.	$Y(\%AF)$
	Os acidentes variam de acordo com o percentual de cultivos arbóreos para silvicultura nos municípios, que também servem como hospedeiros de <i>Lonomia</i> sp., sendo que os locais com um maior número de cultivos silvícolas terão maior probabilidade de acidentes em função da diminuição do espaço existente entre a espécie e os seres humanos.	$Y(\%S)$
	Os acidentes variam de acordo com o percentual de florestas preservadas, em que os municípios que preservam o ambiente da espécie apresentarão probabilidades menores de acidentes lonômicos.	$Y(\%F)$
Climáticos	Os acidentes variam de acordo com a temperatura média no quadrimestre mais quente do ano, período em que <i>Lonomia</i> sp. se encontra no estágio larval. Assim, os municípios com temperaturas maiores apresentarão maior probabilidade de acidentes em função destas condições propiciarem o desenvolvimento e atividade das larvas.	$Y(TMQ)$
	Os acidentes variam de acordo com o $\Delta$ de temperatura ( $^{\circ}C$ ) entre os meses mais quentes e frios do ano, em que se espera que ocorra uma probabilidade maior de acidentes em lugares com maior amplitude térmica em função de <i>Lonomia</i> sp. depender dessas diferenças para cumprir com o ciclo de vida (larvas no verão e empupa sob o solo durante o inverno).	$Y(\Delta T)$
	Os acidentes variam de acordo com a precipitação nos meses mais quentes do ano, período em que <i>Lonomia</i> sp. se encontra no estágio larval. Assim, os municípios com maior pluviosidade apresentarão uma probabilidade maior de acidentes em função destas condições aumentarem a umidade em sub-bosques, propiciando o desenvolvimento e atividades das larvas.	$Y(P)$
	Os acidentes variam de acordo com o $\Delta$ de pluviosidade (mm) entre os meses mais quentes e frio do ano, em que se espera que ocorra uma probabilidade maior de acidentes em lugares com maior amplitude de precipitação em função de <i>Lonomia</i> sp. depender dessa diferença para cumprir com o ciclo de vida (larvas no verão e empupa sob o solo durante o inverno).	$Y(\Delta P)$
Interação	Os acidentes variam de acordo com uma série de fatores pré-definidos relacionados ao uso da terra e clima.	$Y\sim(...)$

$Y$ , variável dependente (número de acidentes com *Lonomia* sp./ presença de acidentes com *Lonomia* sp.)

$Y(.)$  representa só o intercepto do modelo.

$Y(...)$ , variável dependente apresenta a interação de diferentes fatores como preditores.

## Material e métodos

Realizamos um levantamento de acidentes lonômicos que ocorreram em municípios do sul do Brasil entre 2000 e 2006 por meio da consulta na plataforma DATASUS (<<http://datasus.saude.gov.br/>>). Foram amostrados 1.191 municípios entre os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

Os preditores relativos ao uso da terra foram extraídos de arquivo do tipo ‘shape’ oriundo da base de dados do IBGE, correspondendo ao ano de 2000 (IBGE, 2012). Assim, foram extraídas as variáveis: % de áreas de fronteira entre agricultura e floresta, % de florestas primárias e % de cultivos arbóreos comerciais (silvícolas). Os preditores climáticos foram extraídos de arquivos do tipo ‘raster’ oriundos da base de dados WordClim 2.0 (FICK; HIJMAN, 2017), sendo elas: T°C média anual, T°C do trimestre mais quente, T°C do trimestre mais frio, Pluviosidade anual (mm), Pluviosidade do trimestre mais quente (mm) e Pluviosidade do trimestre mais frio (mm). Todas os preditores apresentaram sua extensão modificada para WGS84 antes da extração.

Para testar as hipóteses previamente apresentadas, usamos Modelos Lineares Generalizados (GLM) e Modelos Lineares Generalizados e Mistos (GLMM). Para tanto, foram utilizadas as famílias de distribuição ‘Poisson’, ‘Binomial nulo’ e ‘Binomial’. Para as duas primeiras famílias de distribuição de probabilidade foram consideradas as contagens de acidentes lonômicos ; enquanto que para a terceira os dados de contagens foram dicotomizados em presenças-ausências de acidentes. O algoritmo dos modelos para os testes das hipóteses está colocado na tabela 2.

Tabela 2 - Modelos que foram testados via GLM e GLMM com família de distribuição de dados do tipo Poisson, Binomial Nulo e Binomial.

Modelo	Paisagem				Climáticas				Efeito aleatório Cidades
	%S	%AF	%F	%A	TMTQ	PMTQ	ΔT	ΔP	
0(nulo)									X <sup>1</sup>
1	X								X <sup>1</sup>
2		X							X <sup>1</sup>
3			X						X <sup>1</sup>
4				X					X <sup>1</sup>
5					X				X <sup>1</sup>
6						X			X <sup>1</sup>
7							X		X <sup>1</sup>
8								X	X <sup>1</sup>
9	X	X							X <sup>1</sup>
10					X	X			X <sup>1</sup>
11							X	X	X <sup>1</sup>
12	X	X			X	X			X <sup>1</sup>
13	X	X					X	X	X <sup>1</sup>
14	X	X			X	X	X	X	X <sup>1</sup>

X<sup>1</sup> - Variável de efeito aleatório utilizada em GLMM.

%S – FR% de áreas de silvicultura/município.

%AF – FR% de fronteiras agrícolas com áreas de floresta primárias/município.

%F – FR% de florestas primárias/município.

%A – FR% de áreas agrícolas;

TMTQ – T°C média do trimestre mais quente.

PMTQ – Pluviosidade média do trimestre mais quente (mm).

$\Delta T$  - T°C média do trimestre mais quente - T°C média do trimestre mais frio.

$\Delta P$  – Pluviosidade média do trimestre mais quente – Pluviosidade média do trimestre mais frio.

Observações sobre os modelos:

1. O modelo nulo representa a hipótese nula de variação aleatória de acidentes lonômicos entre os municípios do sul do Brasil.
2. Os modelos na categoria “uso da terra” consideram as hipóteses de que acidentes lonômicos estariam ligados a ocupação humana, em principal ao que tange o a ocupação agrícola e silvícola.
3. Os modelos na categoria “clima” representam a hipótese geral de que restrições fisiológicas impostas as larvas de *Lonomia* sp. por clima (temperatura e pluviosidade) poderiam impulsionar os acidentes. Para tanto, foram consideradas a temperatura e pluviosidade do quadrimestre mais quente – período larval da espécie – e  $\Delta$ 's de temperatura e pluviosidade (média do período mais quente - média do período mais frio).
4. Modelos conjuntos considerando diferentes combinações de variáveis de uso da terra e clima. A partir da execução dos modelos que consideraram as variáveis isoladamente, também foram realizadas combinações das variáveis significativas.

Usando os índices AIC, BIC e o quociente de dispersão entre desvio e GL dos resíduos, foi avaliada a adequação de cada modelo para a melhor representação dos dados de acidentes lonômicos. Os modelos foram calibrados usando os pacotes lme4 (BATES et al., 2018) e MASS (RIPLEY et al., 2018) do Software R (R CORE TEAM, 2017).

## Resultados

Os valores mínimos e máximos dos índices calculados para todos os modelos ajustados estão apresentados na tabela 3. Foi verificado que os modelos do tipo GLM com distribuição binomial apresentaram um melhor ajuste entre os testados.

Tabela 3 - Valores dos índices (mínimo – máximo) calculados para os modelos ajustados da tabela 2. \*Modelos que apresentaram os menores valores de AIC e BIC, bem como valores de Dev./GL  $\sim 1$ .

Modelos	Índices	Família		
		P	BN	B
GLM	AIC	6177.302 – 7446.033	2255.016 – 2374.605	1130.149 – 1236.476*
	BIC	6212.88 – 7451.116	2295.677 – 2384.769	1165.727 – 1241.559*
	Dev./GL	4.6061 – 5.6591	0.4752 – 0.4922	0.9427 – 1.0381*
GLMM	AIC	1217.965 – 2214.493	1219 – 2216.388	1132.145 – 1238.476
	BIC	1258.627 – 2224.658	1265.714 – 2231.635	1172.805 – 1248.642
	Dev./GL	0.0464 – 0.6362	0.0463 – 0.63667	0.9936 – 1.0389*

Entre os modelos GLM e binomiais, o que apresentou o melhor resultado dos índices AIC e BIC foi o modelo 14 (tabela 4). Todos os modelos apresentam um Desv./GLr adequado (~1) (tabela 4).

Tabela 4 - Resultado dos índices calculados para os modelos calibrados por GLM (Família = binomial)

Modelo	AIC	BIC	Desv./GLr
BM0	1236.476	1241.559	1.0374
BM1	1232.73	1242.895	1.0334
BM2	1222.569	1232.734	1.0249
BM3	1238.282	1248.448	1.0381
BM4	1216.347	1226.513	1.0196
BM5	1206.262	1216.427	1.011
BM6	1236.222	1246.387	1.0364
BM7	1215.357	1225.522	1.0189
BM8	1231.167	1241.332	1.0321
BM9	1208.408	1223.655	1.0121
BM10	1189.353	1204.601	0.9961
BM11	1232.897	1248.145	1.0327
BM12	1182.665	1208.078	0.9889
BM13	1205.001	1230.414	1.008
BM14	1130.149	1165.727	0.9427

A partir do modelo BM14 é possível verificar que os preditores de uso da terra %S (OR: 5.40, OR IC95%: 1.19 – 24) e %AF (OR: 2.53, OR IC95%: 1.13 – 5.78) promovem maior risco para ocorrência dos acidentes lonômicos (tabela 5). A variável climática TMTQ é um fator protetivo para acidentes (OR: 0.90; OR IC95%: 0.69 – 0.92), em que municípios com valores mais extremos apresentam um número menor de acidentes (tabela 5). Os demais fatores climáticos, mesmo quando significativos, foram pouco informativos em termos de risco, estando todos muito próximos ao efeito nulo (tabela 5).

Tabela 5 - Modelo ajustado para a presença de acc. Lonômicos no sul do Brasil.

Preditores	Estimativa	Odds Ratio	OR IC 95%	p
(Intercepto)	-4.5019	<b>0.01</b>	<b>0.00 – 0.31</b>	<b>0.008</b>
%S	1.6856	<b>5.40</b>	<b>1.19 – 24.00</b>	<b>0.028</b>
%AF	0.9268	<b>2.53</b>	<b>1.13 – 5.78</b>	<b>0.026</b>
TMTQ	-0.2215	<b>0.80</b>	<b>0.69 – 0.92</b>	<b>0.003</b>
PMTQ	0.0128	<b>1.01</b>	<b>1.01 – 1.02</b>	<b>&lt;0.001</b>
ΔT	0.2410	<b>1.27</b>	<b>0.94 – 1.73</b>	<b>0.118</b>
ΔP	-0.0059	<b>0.99</b>	<b>0.99 – 1.00</b>	<b>&lt;0.001</b>

O modelo ajustado é então definido por:

Presença de acc.=

$$1/(1+\exp(-(-4.5019+1.6856*\%S+0.9268*\%AF-0.2215*TMTQ+0.0128*PMTQ+0.2410*\Delta T-0.0059*\Delta P)))$$

## Conclusão

Os resultados apresentados corroboram as hipóteses que relacionam a ocupação humana para cultivos (agrícolas ou silvícolas) com os acidentes lonômicos. Os poucos remanescentes florestais que sobraram na região sul brasileira, somados a intensificação da agricultura e silvicultura, demonstram que a supressão da vegetação nativa tem causado desequilíbrios ambientais que propiciam os acidentes lonômicos. Com a substituição da vegetação nativa pela agricultura, a distância entre os trabalhadores rurais e as áreas naturais de *Lonomia* sp. diminuíram, o que pode ter propiciado os acidentes com as larvas (ABELLA et al., 1999; LEMAIRE, 2002; LORINI, 1999; MORAES, 2002).

Dois fatos ratificam as hipóteses e nossos resultados: 1) Um exemplo bem claro da ação direta que as alterações antrópicas podem trazer é o fato de *L. obliqua* já ter sido amostrada no Rio Grande do Sul no ano de 1932, mas com o início de acidentes somente no final da década de 80 (LORINI, 2008), cerca de 10 após a amplificação de cultivos agrícolas e extrativismo florestal na região sul brasileira (CONCEIÇÃO, 1986); 2) As larvas de *L. obliqua* já foram encontradas em árvores do gênero *Eucalyptus* sp. (BERNARDI et al., 2011), uma das espécies comerciais de maior cultivo no Brasil no século XX (BACHA; BARROS, 2004).

## Referências

- ABELLA, H. B. et al. **Manual de diagnóstico: Tratamento de acidentes por *Lonomia***. Porto Alegre: Centro de Informação Toxicológica, 1999.
- BACHA, C. J. C.; BARROS, A. L. M. Reflorestamento no Brasil: Evolução recente e perspectivas para o futuro. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, n. 66, p. 191–203, 2004.
- BATES, D. et al. **Package “lme4”**. CRAN Repository, 2018. Disponível em: <<https://github.com/lme4/lme4/> <http://lme4.r-forge.r-project.org/>>
- BERNARDI, O. et al. Levantamento populacional e análise faunística de lepidoptera em *Eucalyptus* spp. no município de Pinheiro Machado, RS. **Ciencia Florestal**, v. 21, n. 4, p. 735–744, 2011.
- CONCEIÇÃO, O. A. C. **A Expansão Da Soja No Rio Grande Do Sul**. 2. ed. Porto Alegre - RS: Secretaria de Coordenação de Planejamento - Fundação de Economia e Estatística, 1986.

FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 12, p. 4302–4315, 2017.

IBGE. **Mapa de uso da terra 2000**. Disponível em: <[ftp://geofpt.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/cobertura\\_e\\_uso\\_da\\_terra/uso\\_atual/mapas/brasil/uso\\_da\\_terra\\_2000.pdf](ftp://geofpt.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/cobertura_e_uso_da_terra/uso_atual/mapas/brasil/uso_da_terra_2000.pdf)>. Acesso em: 2 fev. 2017.

LEMAIRE, C. **Saturniidae of America: Hemileucinae**. 4. ed. Germany: Goecke & Evers, 2002.

LORINI, L. M. **A taturana: Aspectos biológicos e morfológicos da *Lonomia obliqua***. Passo Fundo: EDIUPF, 1999.

LORINI, L. M. Saturniidae: Hemileucinae: *Lonomia obliqua* Walker, 1855. In: SPECHT, A.; CORSEUIL, E.; ABELLA, H. B. (Eds.). **Lepididópteros de importância médica: Principais espécies no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Editora USEB, 2008. p. 165–185.

MORAES, R. H. P. **Identificação dos inimigos naturais de *Lonomia obliqua* Walker, 1855 (Lepidoptera, Saturniidae) e possíveis fatores determinantes do aumento da sua população**. [s.l.] Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria. R Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>

RIPLEY, B. et al. **Package “MASS”**, 2018. Disponível em: <<http://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/>>