



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ANIMAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA AGRÁRIAS
MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL

LUIZ FERNANDO CLEMENTE BARROS

**ASSIMETRIA FLUTUANTE EM DUAS ESPÉCIES DE MARSUPIAIS
(*GRACILINANUS AGILIS* E *MONODELPHIS DOMESTICA*) EM UM
FRAGMENTO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

MOSSORÓ – RN
2017

LUIZ FERNANDO CLEMENTE BARROS

**ASSIMETRIA FLUTUANTE EM DUAS ESPÉCIES DE MARSUPIAIS
(*GRACILINANUS AGILIS* E *MONODELPHIS DOMESTICA*) EM UM
FRAGMENTO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como exigência final para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação do Semiárido

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cecilia Irene Pérez Calabuig
– UFERSA

Co-Orientador: Prof. Dr. Marco Jacinto
Kartzenberger Baptista Novo – UFERSA

MOSORÓ – RN
2017

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

C626a Clemente, Luiz Fernando.
Assimetria flutuante em duas espécies de marsupiais (*Gracilinanus agilis* e *Monodelphis domestica*) em um fragmento do semiárido brasileiro / Luiz Fernando Clemente. - 2017.
53 f. : il.

Orientadora: Cecilia Calabuig.
Coorientador: Marco Kartzenberger.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, 2017.

1. Estresse. 2. Pequenos mamíferos. 3. Indicador ambiental. 4. Marsupial. 5. Caatinga.
I. Calabuig, Cecilia, orient. II. Kartzenberger, Marco, co-orient. III. Título.

LUIZ FERNANDO CLEMENTE BARROS

**ASSIMETRIA FLUTUANTE EM DUAS ESPÉCIES DE MARSUPIAIS
(GRACILINANUS AGILIS E MONODELPHIS DOMESTICA) EM UM
FRAGMENTO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.**

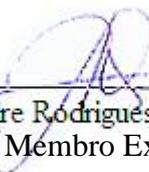
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como exigência final para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.

Defendida em: 07 / 08 / 2017.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Cecilia Irene Pérez Calabuig (UFERSA)
Presidente



Prof. Dr. Alexandre Rodrigues Silva (UFERSA)
Primeiro Membro Examinador



Prof. Dr. Renan de Souza Rezende (UFERSA)
Segundo Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora Prof^ª. Dr^ª. Cecilia Calabuig e ao meu co-orientador Dr. Marco Kartzenberger, pela ajuda, dedicação, conselhos, paciência e por seus ensinamentos que contribuíram para a minha formação e para a realização deste trabalho.

Aos meus pais, Sônia e Valmor pelo incentivo, compreensão, e por proporcionarem todas as condições para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos meus irmãos Enzo, Fernanda e Valmor Júnior pela fé, apoio, por compartilharem e torcerem por meus sonhos. E as minhas sobrinhas Júlia e Selena por alegrarem minha vida principalmente nos momentos difíceis.

A todos os meus verdadeiros amigos de Assú e que conheci em Mossoró. Advanir Reis, Bárbara Fonseca, Felipe Yuri, Geovan Sá, Higor Sales, Juliano Andrade, Leonardo Maia, Luiz Paulo, Marcelo Virgínio, Marina Dias, Marques Neto, Pablo Diego, Paulo Mateus, Ramon Massena, Romeika Dantas, Thúlio Rafael e Vinicio Heidy obrigado pelos momentos de descontração, pelas inúmeras ajudas, pela torcida ao meu sucesso e pela amizade que vou levar por toda a minha vida.

Aos meus grandes amigos e verdadeiros irmãos do grupo “Féguias”, Felipe Bernardo, Fernandes Filho, Jairo Bezerra, Iuri Bessa, Lourenço Menezes, Marcone Filho, Mirabeau Fernandes e Willie Santos, obrigado por sempre estarem ao meu lado, ajudando e incentivando para a realização desse trabalho e por sempre buscar alcançar os meus sonhos.

As minhas “Brodís” Aline Souza, Amanda Faustino, Luana Rodrigues e Ravena Nogueira, sem vocês eu não teria chegado onde estou. Muito obrigado por ter me ajudado quando mais precisei, sempre me dando forças e torcendo pelo meu sucesso. Obrigado pela amizade verdadeira.

Ao pessoal do Laboratório Gestão e Conservação da Fauna Silvestre da Caatinga, em especial ao grupo de Pequenos Mamíferos e aos funcionários da Fazenda Experimental Rafael Fernandes. Anne Holanda, Aline Maria, Carlos Sombra, Marcelo Jucá, Nathaly Rosa, Ramon Rodrigues, Paulo Araujo, Viviane Morlanes, Zacarias Júnior, D. Nilza e Max, todos vocês foram fundamentais para a realização das coletas e os trabalhos com os pequenos mamíferos. Muito obrigado pelo estímulo, pela contribuição para a realização desse trabalho e pelos momentos inesquecíveis em campo.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo. Sem ela esse trabalho não poderia ter sido realizado.

A UFERSA e a Fazenda Experimental Rafael Fernandes pelo espaço, alojamento e transporte sempre cedidos que contribuíram para a logística da pesquisa.

Muito obrigado.

“Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente, mas o que melhor se adapta às mudanças”.

(Charles Darwin)

RESUMO

A assimetria flutuante é um exemplo de modificação que se dá através da diferença existente entre os planos simétricos, podendo ser ocasionada por distúrbios ambientais e/ou genético. Uma das causas mais comuns de distúrbios ambientais é a fragmentação de habitats que ocasiona estresse durante o desenvolvimento dos organismos, originando em alterações em suas estruturas corporais. Este trabalho foi desenvolvido no bioma Caatinga e avaliou a diferença do plano simétrico de três caracteres corporais de duas espécies de marsupiais, *Monodelphis domestica* e *Gracilinanus agilis* em um fragmento de mata que atualmente está conservado, mas, no passado foi muito explorado. Entre Agosto de 2014 e Junho de 2016, um total de 111 indivíduos de diferentes idades e sexo foram amostrados. O resultado obtido a partir das análises estatísticas indicaram que existe dimorfismo sexual em tamanho para ambas as espécies sendo os machos maiores. As orelhas dos *G. agilis* apresentaram uma diminuição ao longo do tempo, com indivíduos jovens possuindo orelhas maiores, evidenciando um possível desgaste deste caractere ao longo da vida e que poderia vir a ocasionar falsa assimetria. Apesar da área de estudo ser um fragmento florestal, o baixo valor de assimetria deste estudo pode estar relacionado ao fato que esta área esteja em recuperação e bem conectada com outros fragmentos. Os resultados indicam uma maior AF em indivíduos menores de *M. domestica* que podem estar sofrendo pressão sobre o seu fitness e reduzindo o tamanho dos caracteres. Indivíduos maiores dessa espécie podem ser novos na população como indicativos da recuperação deste fragmento. Foi possível observar que um único caractere não pode representar a assimetria de todo o organismo e os índices de assimetria também não indicaram resultados significativos, mostrando que não foi encontrada assimetria ao avaliar os caracteres em relação à população. Ao comparar o índice de assimetria entre as espécies, foi possível observar que a espécie *G. agilis* apresentou maior assimetria que o *M. domestica* e isso pode estar relacionado com os hábitos, tamanho corporal e área de vida destes indivíduos. No entanto, a comparação com outros trabalhos é limitada por falta de informações e pelo uso de diferentes índices e formas de cálculo.

Palavras-chave: Estresse, pequenos mamíferos, indicador ambiental, marsupial, Caatinga.

ABSTRACT

Fluctuating asymmetry is an example of differences between sides of a symmetry plane, which can be caused by environmental disturbances and/or genetic disorders. One of the most common causes of environmental disturbances is the fragmentation of habitats, which generates stress during the development stage of the organisms and causing changes in morphological traits. This study assessed the differences between sides of three bilateral morphological traits of two species of marsupials, *Monodelphis domestica* and *Gracilinanus agilis*, from a forest fragment in the Caatinga biome, Rio Grande do Norte (Brazil). Between August 2014 and June 2016, 111 individuals from the two species (46 *Monodelphis domestica* and 65 *Gracilinanus agilis*), comprising different sexes and ages, were sampled. Results indicate that there is sexual dimorphism in both species, with males being bigger than females. Juveniles of *G. agilis* presented larger ears than adults, which could indicate some degree of wear through time of this trait and hinder fluctuating asymmetry values. Although this study was conducted in a forest fragment, low levels of FA may indicate that this area is recovering from previous impacts and well connected to other fragments. Smaller *M. domestica* individuals presented greater FA values than larger individuals, which indicates they may be under stress. In addition, *M. domestica* larger individuals may have come from surrounding areas with less environmental pressure, which would also indicate that the studied fragment is in recovery. Further results show that asymmetry in both species cannot be represented by a single trait. When comparing the composite fluctuating asymmetry indexes between species, *G. agilis* presented greater FA than *M. domestica*, which could be related to different habits and body size. Finally, comparison with previous works is hindered by missing information and the use of different indexes and future research should ameliorate this issues.

Keywords: Stress, small mammals, environmental indicator, marsupial, Caatinga.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados biométricos (média \pm desvio padrão) de indivíduos da espécie <i>M. domestica</i> considerando diferentes idades e sexos. Medidas em milímetros (mm).....	25
Tabela 2. Dados biométricos (média \pm erro padrão) de indivíduos da espécie <i>G. agilis</i> . considerando diferentes idades e sexos. Medidas em milímetros (mm).....	26
Tabela 3. Diferença entre o lado esquerdo e direito dos três caracteres medidos.....	27
Tabela 4. Relação entre o tamanho dos caracteres e o valor de assimetria. Com os resultados significativos em negrito.....	29
Tabela 5. Relação entre o tamanho dos caracteres dos diferentes grupos de idade e sexo e o valor de assimetria. Com os resultados significativos em negrito.....	30
Tabela 6. Correlações do índice de assimetria nos três caracteres medidos (orelhas O; patas dianteiras PD; e patas traseiras PT) em dois marsupiais do nordeste brasileiro...	31
Tabela 7. Diferença dos índices compostos de assimetria (CFA1 e CFA2) entre sexo, idade e espécies em dois marsupiais do nordeste brasileiro.....	31
Tabela 8. Relação do índice composto de assimetria entre os sexos e idades em dois marsupiais do nordeste brasileiro.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Foto da espécie <i>Gracilinanus agilis</i> (Cuíca ou Catita).....	14
Figura 2. Foto da espécie <i>Monodelphis domestica</i> (Rato-cachorro).....	15
Figura 3. Armadilhas utilizadas para a captura dos marsupiais: A. Modelo Sherman; B. Modelo Tomahawk.....	33
Figura 4. Área demarcada do fragmento florestal utilizada no presente estudo, localizado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil.....	34

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	12
OBJETIVOS	16
REVISÃO DE LITERATURA.....	17
Capítulo 1: ASSIMETRIA FLUTUANTE EM DUAS ESPÉCIES DE MARSUPIAIS (<i>GRACILINANUS AGILIS</i> E <i>MONODELPHIS DOMESTICA</i>) COMO INDICADOR DO IMPACTO ANTROPOGÊNICO NO MEIO AMBIENTE EM UMA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO BRASIL.	
ABSTRACT.....	28
RESUMO.....	29
1 INTRODUÇÃO	30
2 MATERIAL E MÉTODOS	32
2.1 Área de estudo	32
2.2 Pesquisa de campo e coleta de dados morfológicos	33
2.3 Análises estatísticas	35
2.3.1 Índices de assimetria	35
2.3.2 Relação da assimetria com idade, sexo e tamanho dos caracteres.....	35
2.3.3 Índices compostos de assimetria flutuante	35
3 RESULTADOS	36
3.1 Biometria e índices de assimetria	36
3.2 Relação da assimetria com idade, sexo e tamanho dos caracteres	39
3.3 Índices compostos de assimetria flutuante	43
4 DISCUSSÃO	44
4.1 Características morfológicas de <i>M. domestica</i> e <i>G. agilis</i>	44
4.2 Assimetria flutuante	45
5. CONCLUSÃO	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

INTRODUÇÃO GERAL

A Caatinga ocupa uma área de 844.435 km², correspondendo a 9,92% de todo o território nacional e 54% da região Nordeste, se estendendo por todo o estado do Ceará (100%), Rio Grande do Norte (95%), Paraíba (92%), Pernambuco (83%), Piauí (63%), Bahia (54%), Sergipe (49%), Alagoas (48%), Maranhão (1%) e norte de Minas Gerais (2%) (IBGE, 2017). Apesar de sua extensão, esse bioma vem sofrendo com a degradação e deterioração ambiental há muitos anos, onde o avanço da ocupação agrícola e a pecuária provocaram o uso insustentável dos recursos naturais e perda de diversos serviços ecossistêmicos e processos ecológicos (Leal et al., 2003; Sampaio e Batista, 2004). Além de ser um dos biomas brasileiros menos protegido, com somente 7,5% de seu território protegido em unidades de conservação (MMA, 2017), a Caatinga vem sofrendo com essas alterações, sendo deixada em um estado de degradação avançado (Drumond et al., 2012), levando ao desaparecimento de quase toda a sua cobertura vegetal, resultando em ambientes com pequenos remanescentes perturbados pelos efeitos advindos da fragmentação (Castelletti et al., 2004).

A fragmentação tende a modificar os habitats originais, reduzindo o tamanho das manchas, aumentando a sua área de borda e o isolamento das espécies, originando a diminuição de guildas alimentares, extinção de espécies e perda da biodiversidade local (Wilcox e Murphy, 1985; Silva e Tabarelli, 2000; Fahring, 2003). Além destes impactos ambientais, a fragmentação de habitats pode originar perturbações genéticas nos organismos inseridos nesses ambientes, provocando o aumento da endogamia, perda da diversidade genética e do potencial adaptativo nesses organismos (Kageyama et al., 1998; Keyghobadi, 2007). Sendo assim, estes impactos afetam o ecossistema de forma negativa (Chapin et al. 2000), podendo refletir em alterações nos organismos inseridos nestes ambientes modificados (Mather, 1953).

Há uma gama de perturbações bióticas, abióticas e genéticas que podem ser estressantes para o sistema biológico dos organismos, no qual afetam o desenvolvimento natural desses indivíduos (Waddington, 1956, Clarke, 1995). Quando estes estresses ocorrem durante fases críticas do desenvolvimento dos organismos, a estabilidade do desenvolvimento desses indivíduos é afetada (Palmer e Strobeck, 1986), provocando distúrbios em seu desenvolvimento, ocasionando uma diminuição da capacidade dos organismos em resistir aos estresses, resultando em variações

morfológicas (Parsons, 1992). Sendo assim, quando a estabilidade do desenvolvimento é afetada, os organismos tendem a produzir assimetrias em seus caracteres morfológicos bilaterais (Palmer e Strobeck, 1986, Badyaev et al., 2000).

É esperado que estruturas morfológicas bilaterais apresentem simetria perfeita (Van Valen, 1962), no entanto, variações morfológicas nestas estruturas são frequentemente detectadas em populações naturais (Ueti et al., 2015). Quando estes caracteres não apresentam simetria, é porque ocorre instabilidade do desenvolvimento, que são variações no plano simétrico resultado de perturbações de origem ambiental ou genética (Palmer, 1994). Uma das formas de se medir a instabilidade é a partir da assimetria flutuante (AF) (Palmer e Strobeck, 1986), a assimetria flutuante (AF) é definida como variações aleatórias, discretas e não direcionais que ocorrem em caracteres morfológicos bilaterais, devido a perturbações ambientais e/ou genéticas (Van Valen, 1962, Palmer e Strobeck, 1986). Sendo assim, ela apresenta uma medida com distribuição de frequência normal, com média igual a zero entre o resultado da subtração do lado direito e esquerdo de um determinado caractere morfológico (Palmer e Strobeck, 1986; Sanseverino e Nessian, 2008).

As variações morfológicas podem ser decorrentes da fragmentação afetando os organismos inseridos nestes ambientes. O grupo dos pequenos mamíferos é um dos mais afetados pela fragmentação e alteração da paisagem (Martin et al., 2012), pois além de apresentar uma fragilidade aos impactos ambientais, muitas das suas espécies são dependentes de áreas contínuas de habitat natural (Passamani e Fernandez, 2011). Eles apresentam um importante papel dentro do ecossistema, atuando como dispersores de sementes (Monteiro-Filho e Cáceres, 2007), controladores de populações de invertebrados (Casella e Cáceres, 2006) e servindo como fonte de alimento para muitas espécies predadoras (Martins e Oliveira, 1998). Além disso, são importantes indicadores para a avaliação e monitoramento de impactos ambientais em razão de sua baixa mobilidade e por apresentarem um alto grau de endemismo (Bonvicino et al., 2002; Pardini et al., 2005; Lambert et al., 2006; Umetsu e Pardini, 2007).

Estudos têm encontrado relações entre a fragmentação e o aumento dos níveis de assimetria flutuante em diversas populações de pequenos mamíferos terrestres (Wauters et al., 1996; Badyaev et al., 2000), onde populações de marsupiais e roedores sofreram variações morfológicas resultantes destes impactos (Wauters et al., 1996; Badyaev et

al., 2000; Marchand et al., 2002; Teixeira et al., 2006; Coda et al., 2016). No entanto, nenhum trabalho foi realizado afim de avaliar a relação entre a fragmentação e alterações morfológicas na Caatinga, em especial nos marsupiais. Sendo assim, no intuito de explorar esta relação entre a fragmentação e a AF, foi escolhido como objeto de estudo o *Gracilinanus agilis* e *Monodelphis domestica*.

Os marsupiais representam a ordem Didelphimorphia, que são caracterizados como mamíferos de pequeno e médio porte, de hábitos noturnos, com uma dieta diversificada, constituída de sementes, frutos, néctar, artrópodes e pequenos vertebrados (Reis et al. 2006; Meirelles et al., 2009). A maioria das espécies desta ordem apresenta hábitos arborícolas, mas algumas espécies terrestres e de ambientes aquáticos podem ser encontradas (Monteiro-Filho e Cáceres, 2007).

O *Gracilinanus agilis* (Figura 1) é um marsupial amplamente encontrado nos biomas da Caatinga e Cerrado, e possui ocorrência em todo o Nordeste do Brasil (Geise e Astúa, 2009). Esse pequeno mamífero é generalista na ocupação de habitats (Aragona e Marinho-Filho, 2009) e utiliza o solo, sub-bosque e o dossel com razoável frequência (Cáceres, 2012). É considerado insetívoro-onívoro (Paglia et al., 2012), com uma dieta mais voltada para insetos (Grelle, 1996; Leite et al., 1994; Santori e Astúa de Moraes, 2006) e frutos (Astúa de Moraes et al. 2003; Camargo et al., 2011).



Figura 1. Foto da espécie *Gracilinanus agilis* (Cuíca ou Catita).

Monodelphis domestica (Figura 2), outra espécie de pequeno marsupial, apresenta ocorrência no Nordeste, bem como na região Centro-Oeste, nos biomas Cerrado e Pantanal (Cáceres, 2012). Essa espécie possui período reprodutivo que se estende desde o final da estação seca até o final da estação úmida (Bergallo e Cerqueira, 1994). Na Caatinga, habita ambientes rochosos que proporcionam melhores condições quando as condições ambientais são estressantes, devido à falta sazonal de chuvas na região (Streilen, 1982). Essa espécie alimenta-se principalmente de insetos, podendo também se alimentar de pequenos vertebrados (roedores, lagartos e anuros), frutos e carniça (Streilein, 1982; Emmons e Feer, 1997; Hume, 1999).



Figura 2. Foto da espécie *Monodelphis domestica* (Rato-cachorro).

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi determinar a presença de assimetria flutuante em caracteres bilaterais e verificar se a assimetria flutuante ocorre da mesma forma para diferentes idades e sexo de duas espécies de marsupiais, o *Gracilinanus agilis* (cuíca ou catita) e o *Monodelphis domestica* (rato-cachorro) em um fragmento da Caatinga no Semiárido nordestino do Rio Grande do Norte.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Determinar a existência de assimetria flutuante em três caracteres bilaterais (orelha, pata dianteira e pata traseira) de duas espécies de marsupiais, o *Gracilinanus agilis* (cuíca ou catita) e o *Monodelphis domestica* (rato-cachorro) em um fragmento da Caatinga no Semiárido nordestino do Rio Grande do Norte.
- b) Verificar se a assimetria flutuante ocorre da mesma forma para machos e fêmeas em duas espécies de marsupiais, o *Gracilinanus agilis* (cuíca ou catita) e o *Monodelphis domestica* (rato-cachorro) em um fragmento da Caatinga no Semiárido nordestino do Rio Grande do Norte.
- c) Verificar se a assimetria flutuante ocorre da mesma forma em diferentes idades de duas espécies de marsupial, o *Gracilinanus agilis* (cuíca ou catita) e o *Monodelphis domestica* (rato-cachorro) em um fragmento da Caatinga no Semiárido nordestino do Rio Grande do Norte.

REVISÃO DE LITERATURA

Ações antrópicas têm trazido grandes preocupações para os ecossistemas, gerando consequências ecológicas e evolutivas negativas para diversas populações naturais. A perda de habitat, remoção da vegetação e a fragmentação são uma das principais causas da extinção de muitas espécies em todo o planeta (Fahring, 2003). A fragmentação de habitats tem sido a principal delas, pois é nesse processo onde ocorre a transformação de um ambiente contínuo em vários pequenos fragmentos isolados (Wilcove *et al.*, 1986). Este processo de modificação dos habitats traz diferentes impactos para as populações inseridas nestes ambientes, podendo gerar estresses de diferentes origens, sejam elas genéticas ou ambientais (Palmer e Strobeck 1986; Parsons 1992).

Como resultado da fragmentação, os habitats originais se transformam em pequenos fragmentos florestais isolados, fazendo com que ocorra um aumento na área de borda destas manchas, diminuindo a disponibilidade de recursos e dificultando a sobrevivência de muitas espécies (Chapin *et al.* 2000; Silva e Tabarelli, 2000). O isolamento das manchas e a diminuição de área dos habitats reflete na perda de fluxo gênico, hibridação, um alto grau de homozigose e no aumento da endogamia das populações, ocasionando a perda da variabilidade genética e redução do potencial adaptativo (Kageyama *et al.*, 1998; Fahring, 2003; Keyghobadi, 2007; Frankham *et al.* 2008).

Tais distúrbios tendem a afetar a estabilidade do desenvolvimento dos indivíduos. A estabilidade do desenvolvimento ou controle homeostático do desenvolvimento morfológico representa a capacidade de um determinado organismo em obter um desenvolvimento estável (Møller e Swaddle, 1997; Palmer, 1994). Sendo assim, quando o organismo está sujeito aos impactos, estes interferem no equilíbrio genômico dos organismos, afetando a capacidade de amortecer (“buffer”) aos distúrbios durante seu desenvolvimento, resultando em alterações morfológicas (Palmer e Strobeck, 1986).

É esperado que os organismos que possuem simetria bilateral apresentem estruturas bilaterais idênticas, pois o desenvolvimento dessas estruturas morfológicas é resultado do mesmo genoma e estão sob o mesmo controle genético (Leary e Allendorf, 1989, Van Vallen, 1956). Quando estas estruturas não apresentam simetria, é porque

ocorre a instabilidade do desenvolvimento, no qual é caracterizada por desvios nas estruturas morfológicas, sendo possível observar diferença entre os lados direito e esquerdo do corpo, originando uma assimetria nestes caracteres (Palmer e Strobeck, 1986).

Existem três tipos de assimetrias na natureza, são elas: Assimetria Direcional (AD), Antissimetria (AS) e Assimetria Flutuante (AF). A Assimetria Direcional ocorre quando um determinado caractere se desenvolve naturalmente mais em um lado do plano simétrico que do outro (Van Valen 1962), enquanto a Antissimetria é encontrada quando ocorre variação de um plano de simetria de forma aleatória em indivíduos de uma população (Graham et al. 2010). A AF é definida como variações aleatórias, discretas e não direcionais que ocorrem em caracteres morfológicos bilaterais, devido a perturbações ambientais e/ou genéticas (Van Valen, 1962, Palmer e Strobeck, 1986). Sendo assim, ela apresenta uma medida com distribuição de frequência normal, com média igual a zero entre o resultado da subtração do lado direito e esquerdo de um determinado caractere morfológico (Palmer e Strobeck, 1986; Sanseverino e Nessian, 2008).

Modificações em caracteres morfológicos podem ser consideradas uma das formas de avaliar a qualidade ambiental e a instabilidade do desenvolvimento dos indivíduos em um determinado ambiente (Graham et al., 2010). Além disso, a assimetria flutuante de caracteres bilaterais tem sido usada para mensurar a instabilidade do desenvolvimento em organismos residentes de áreas impactadas. Estudos em diversos grupos tem sido realizado afim de estudar a relação entre assimetria e distúrbios, entre eles, invertebrados (Reis et al. 2001; Lima et al. 2016), peixes (Allenbach, 2011), anfíbios (Costa e Nomura, 2015; Montalvão et al. 2018), répteis (Băncilă et al. 2010), aves (Lens et al. 2002) e mamíferos (López-Aguirre e Pérez-Tores, 2015; Reeves et al., 2016; Teixeira et al., 2006; Wauters et al., 1996).

A fragmentação e alteração da paisagem têm causado diversos efeitos negativos sobre a biodiversidade, afetando a taxa de crescimento, dispersão, interações e o sucesso reprodutivo de várias populações inseridas nesses ambientes modificados (Fahring 2003). O grupo dos pequenos mamíferos é um dos mais afetados por essas modificações (Magnus e Cáceres 2012; Martin et al. 2012). Isso acontece por serem dependentes de habitats de áreas contínuas e conhecidos por sua alta susceptibilidade a perturbações

ambientais (Umetsu Pardini 2007; Passamani e Fernandez 2011). Alguns estudos com pequenos mamíferos têm associado esses impactos a variações morfológicas nos organismos encontrando uma relação da fragmentação e/ou degradação do ambiente com o elevado grau de AF (e.g. Wauters et al 1996; Badyaev et al. 2000; Teixeira et al. 2006; Coda et al. 2016). A presença de AF em caracteres morfológicos vem se caracterizando como bioindicadora de estresse ambiental e/ou genético em diversas populações de animais (ver Leary e Allendorf 1989; Badyaev et al. 2000; Coda et al. 2016).

A ligação entre o aumento da AF e o processo de fragmentação tem sido abordada de diferentes perspectivas. Wauters et al. (1996), em seu estudo com populações de esquilos vermelhos (*Sciurus vulgaris*) presentes no norte da Bélgica, encontraram uma relação onde as populações residentes de áreas fragmentadas com baixas taxas de dispersão e diversidade genética apresentavam valor mais elevado de AF que as populações residentes de grandes bosques. Já Badyaev et al. (2000), mostram que os indivíduos da população de musarinho (*Sorex cinereus*), encontrados no Swan River Valley, Montana, tiveram a estabilidade do desenvolvimento afetada pela remoção da vegetação e apresentaram valores de AF maiores que os indivíduos de áreas não perturbadas. Essa relação também foi encontrada em rato-do-campo vermelho (*Clethrionomys glareolus*), estudados em Mont-Saint-Michel Bay, França, o qual apresentou menor valor AF em áreas mais extensas, com maior conectividade do que em áreas perturbadas (Marchand et al. 2003).

Alguns trabalhos de assimetria flutuante em pequenos mamíferos utilizam medidas morfológicas baseadas em crânios, mandíbulas e dentição, garantindo um resultado mais preciso, evitando a utilização de caracteres cartilagosos. Em seu trabalho com a espécie *D. albiventris*, Teixeira et al (2006) utilizaram medidas de crânios coletados em coleções e museus, localizados em Minas Gerais. Marchand et al. (2003), Mikula et al. (2010) e Badyaev et al. (2000), realizaram seus estudos com roedores a partir de técnicas invasivas, onde as medidas dos ossos foram obtidas após o sacrifício desses animais. Por mais que essas técnicas garantam um resultado mais preciso quanto às medições, não é possível observar medidas dos indivíduos em diferentes estágios de vida ou obter um número alto de medições para cada espécie, idade ou sexo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLENBACH, D.M. Fluctuating asymmetry and exogenous stress in fishes: A review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. v. 21, p. 355-376. 2011.
- ARAGONA, M; MARINHO-FILHO, J. História natural e biologia reprodutiva de marsupiais no Pantanal, Mato Grosso, Brasil. *Zoologia*, v. 26, p. 220-230, 2009.
- ASTÚA DE MORAES, D; SANTORI, R. T; FINOTTI, R; CERQUEIRA, R. 2003. Nutritional and fibre contents of laboratory-established diets of neotropical opossums (Didelphidae). In: JONES, M. E; DICKMAN, C. R; ARCHER, M. (Eds.). *Predators with pouches: The Biology of Carnivorous Marsupials*. CSIRO Publishing, p. 221-237.
- BADYAEV, A. V; FORESMAN, K. R; FERNANDES, M. V. Stress and developmental stability: vegetation removal causes increased fluctuating asymmetry in shrews. *Ecology*, v. 81, p. 336-345, 2000.
- BĂNCILĂ, R; VAN GELDER, I; ROTTEVEEL, E; LOMAN, J; ARNTZEN, J.W. Fluctuating asymmetry is a function of population isolation in island lizards. *Journal of Zoology*. v. 282, p. 266-275. 2010.
- BERGALLO, H. G; CERQUEIRA, R. Reproduction and growth of the opossum *Monodelphis domestica* (Mammalia, Didelphidae) in Northeastern Brazil. *Journal of Zoology*, v. 232, p. 551-563, 1994.
- BONVICINO, C. R; LINDBERGH, S. M; MAROJA, L. S. Small non-flying mammal from conserved and altered areas of Atlantic Forest and Cerrado: comments on their potential use for monitoring environment. *Brazilian Journal of Biology*, v. 62, p. 1-12, 2002.
- CÁCERES, N. C. 2012. *Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e conservação*. (2a ed.). UFMS, p. 530.
- CAMARGO, N. F; CRUZ, R. M. S; RIBEIRO, J. F; VIEIRA, E. M. Frugivoria e potencial dispersão de sementes pelo marsupial *Gracilinanus agilis* (Didelphidae: Didelphimorphia) em áreas de Cerrado no Brasil central. *Acta Botanica Brasilica*, v. 25, p. 646-656, 2011.

CASELLA, J; CÁCERES, N.C. Diet of four small mammal species from Atlantic forest patches in south Brazil. *Neotropical Biology and Conservation*, v. 1, p. 5-11, 2006.

CASTELLETTI, C. H. M; SILVA, J. M. C; TABARELLI, M; SANTOS, E A. M. M. 2004. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: Silva, J. M. C; Tabarelli, M; Fonseca, M; Lins, L. (Eds.). *Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*. Ministério do Meio Ambiente, p. 91-100.

CHAPIN, F.S.; ZAVALA, E.S.; EVINER, V.T.; NAYLOR, R.L.; VITOUSEK, P.M.; REYNOLDS, H.L.; HOOPER, D.U.; LAVOREL, S.; SALA, O.E.; HOBBIE, S.E.; MACK, M.C.; DÍAZ, S. Consequences of changing biodiversity. *Nature*, v. 405, 234-242, 2000.

CLARKE, G. M. Relationships between developmental stability and fitness: application for conservation biology. *Conservation Biology*, v. 9, p. 18-24, 1995.

CODA, J; GOMEZA, D; MARTÍNEZ, J.J; STEINMANN, A; PRIOTTOA, J. The use of fluctuating asymmetry as a measure of farming practice effects in rodents: A species-specific response. *Ecological Indicators*. v. 70, p. 269–275. 2016.

COSTA, R.N; NOMURA, F. Measuring the impacts of Roundup Original® on fluctuating asymmetry and mortality in a Neotropical tadpole. *Hydrobiologia*. v.765, p. 85-96. 2015.

DRUMOND, M.A; SCHISTEK, H; SEIFFARTH, J.A. Caatinga: um bioma exclusivamente brasileiro e o mais frágil. *Revista do Instituto Humanista Unisinos*, v. 389, 2012.

EMMONS, L. H; FEER, F. *Neotropical rainforest mammals: a field guide*. 2nd edition. The University of Chicago Press, 1997.

FAHRING, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, v. 34, pp. 487-515, 2003.

FRANKHAM, R.; BALLOU, J.D.; BRISCOE, D.A. 2008. *Fundamentos de Genética da Conservação*. Ribeirão Preto, São Paulo. p. 224

GEISE, L.; ASTÚA, D. Extensão da distribuição e ocorrência em simpatria de *Gracilinanus agilis* e *G. microtarsus* (Didelphimorphia, Didelphidae) com notas citogenéticas. *Biota Neotropica*, v. 9, p. 269-276, 2009.

GRAHAM, J.H.; RAZ, S.; HEL-OR, H.; NEVO, E. Fluctuating Asymmetry: Methods, Theory, and Applications. *Symmetry*, v. 2, pp. 467-540, 2010.

GRELLE, C. E. V. *Análise tridimensional de uma comunidade de pequenos mamíferos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

HUME, I. D. 1999. *Marsupial nutrition*. Cambridge University Press, p. 434.
LAMBERT, D. T.; MALCOLM, J. R.; ZIMMERMAN, B. L. Amazonian Small Mammal Abundances in Relation to Habitat Structure and Resource Abundance. *Journal of Mammalogy*, v. 87, p. 766-776, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Mapa de Biomas e de Vegetação.

KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B.; SOUZA, L.M.I. Conseqüências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. *Série Técnica IPEF*, v. 12, n. 32, p. 65-70, 1998.

KEYGHOBADI, N. The genetic implications of habitat fragmentation for animals. *Canada Journal of Zoology*, v: 85, pp. 1049-1064.

LAMBERT, D.T.; MALCOLM, J.R.; ZIMMERMAN, B.L. Amazonian Small Mammal Abundances in Relation to Habitat Structure and Resource Abundance. *Journal of Mammalogy*, v.87, pp. 766-776, 2006.

LEAL, I. R., M. TABARELLI, e J. M. C. SILVA. 2003. Ecologia e conservação da Caatinga. Editora Universitária, Recife, Brasil.

LEARY, R.F., ALLENDORF, F.W., Fluctuating Asymmetry as an Indicator of Stress: Implications for Conservation Biology. *Trends in Ecology & Evolution*. v. 4, pp. 214-217, 1989.

LEITE, Y. L. R.; STALLINGS, J. R.; COSTA, L. P. Partição de recursos entre espécies simpátricas de marsupiais na reserva biológica de Poço das antas, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 54, p. 525-536, 1994.

- LENS, L; VAN DONGEN, S; KARK, S; MATTHYSEN, E. Fluctuating asymmetry as an indicator of fitness: can we bridge the gap between studies? *Biological reviews*. v. 77, p. 27-38. 2002.
- LIMA, C.B.S; NUNES, L.A; CARVALHO, C.A.L; RIBEIRO, M.F; SILVA B.A; SILVA, C.S.B. Morphometric differences and fluctuating asymmetry in *Melipona subnitida* Ducke 1910 (Hymenoptera: Apidae) in different types of housing. *Brazilian Journal of Biology*. v. 76, p. 845-850. 2016.
- LÓPEZ-AGUIRRE, C; PÉREZ-TORRES, J. Asimetría cráneo-mandibular de *Artibeus lituratus* (Chiroptera, Phyllostomidae) en Colombia. *Universitas Scientiarum*. v. 20, p. 141-152. 2015.
- MAGNUS, L.Z.; CÁCERES, N.C. Efeito do tamanho de área sobre a riqueza e composição de pequenos mamíferos da floresta atlântica. *Mastozoología Neotropical*, v. 19, pp. 243-258. 2012.
- MARCHAND, H; PAILLAT, G; MONTUIRE, S; BUTET, A. Fluctuating asymmetry in bank vole populations (Rodentia, Arvicolinae) reflects stress caused by landscape fragmentation in the Mont-Saint-Michel Bay. *Biological Journal of the Linnean Society*. v. 80, p. 37- 44. 2003.
- MARTIN, P.S.; GHELIER-COSTA, C.; NOBRE, C.A.; SPAROVEK, G. Terrestrial non-volant small mammals in agro-silvicultural landscapes of Southeastern Brazil. *Forest Ecology and Management*. v. 282, p. 185-195, 2012.
- MARTINS, M.; OLIVEIRA, M.E. Natural history of snakes in forests of the Manaus region, Central Amazonia, Brazil. *Herpetological Natural History*, v. 6, p. 78-150, 1999.
- MATHER, K. Genetic control of stability in development. *Heredity*. v. 7, p. 297-336. 1953.
- MEIRELLES, A. C. O; PINTO, T; CAMPOS, T. M. 2009. *Mamíferos de Icapuí*. Ed. Fundação Brasil Cidadão, p. 75.

MIKULA, O; AUFRAY, J-C; MACHOLAN, M. Asymmetric size and shape variation in the Central European transect across the house mouse hybrid zone. *Biological Journal of the Linnean Society*. v. 101, p. 13-27. 2010.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2017. Caatinga. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acessado em: 02 fevereiro de 2017.

MØLLER, A.P; SWADLLE, J.P. 1997. *Asymmetry, Developmental Stability, and Evolution*. Oxford University Press, New York, p. 287.

MONTALVÃO, M.F; CASTRO, A.L.S; RODRIGUES, A.S.L; MENDES, B.O; MALAFAIA, G. Impacts of tannery effluent on development and morphological characters in a neotropical tadpole. *Science of the Total Environment*. v. 610–611, p. 1595-1606. 2018

MONTEIRO-FILHO, E.L.A; CÁCERES, N. C. 2006. Biologia reprodutiva de fêmeas de marsupiais didelfídeos. In: CÁCERES, N.C.; MONTEIRO-FILHO, E.L.A. *Os Marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e evolução*. UFMS, p. 99-110.

PAGLIA, A.P; FONSECA, G.A.B. da; RYLANDS, A.B; HERRMANN, G; AGUIAR, L.M.S; CHIARELLO, A.G; LEITE, Y.L.R; COSTA, L.P; SICILIANO, S; KIERULFF, M.C.M; MENDES, S.L; TAVARES, V. da C; MITTERMEIER, R.A; PATTON, J.L. 2012. *Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil / Annotated Checklist of Brazilian Mammals*. 2ª Ed. Occasional Papers in Conservation Biology, p. 76.

PALMER, A.R. 1994. Fluctuating asymmetry analyses: a primer. In: MARKOW, T.A., (Ed.), *Developmental Instability: Its Origins and Evolutionary Implications*. Kluwer, Arizona, p. 335-364.

PALMER, A.R; STROBECK, C. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 17, p. 391–421, 1986.

PARDINI, R; SOUZA, S.M; BRAGA-NETO, R; METZGER, J. P. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. *Biological Conservation*, v. 124, p. 253-266, 2005.

- PARSONS, P. A. Fluctuating asymmetry: a biological monitor of environmental and genomic stress. *Heredity*, v. 68, p. 361-364, 1992.
- PASSAMANI, M; FERNANDEZ, F.A.S. Abundance and richness of small mammals in fragmented Atlantic forest of southeastern Brazil. *Journal of Natural History*. v. 45, p. 553-565, 2011.
- REEVES, N.M; AUERBACH, B.M; SYLVESTER, A.D. Fluctuating and Directional Asymmetry in the Long Bones of Captive Cotton-Top Tamarins (*Saguinus oedipus*). *American Journal of Physical Anthropology*. v. 160, p. 41–51. 2016.
- REIS, E.F; PINTO, N.S; CARVALHO, F.G; JUEN, L. Efeito da integridade ambiental sobre a assimetria flutuante em *Erythrodiplax basalis* (Libellulidae: Odonata) (Kirby). *EntomoBrasilis*. v. 3, p. 103-107. 2011.
- REIS, N.R; PERACCHI, A.L; PEDRO, W.A; LIMA, I.P. 2006. *Mamíferos do Brasil*. Londrina, p. 437.
- SAMPAIO, Y; BATISTA, J.E.M. Desenvolvimento regional e pressões antrópicas no bioma Caatinga. In: SAMPAIO, Y. BATISTA, J.E.M. (Eds.). Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2004, pp. 311-324.
- SANSEVERINO, A. M; NESSIMIAN, J. L. Assimetria flutuante em organismos aquáticos e sua aplicação para avaliação de impactos ambientais. *Oecologia Brasileira*, v. 12, p. 382-405, 2008.
- SANTORI, R. T; ASTÚA DE MORAES, D. 2006. Alimentação, nutrição e adaptações alimentares de marsupiais brasileiros. In: CÁCERES , N.C; MONTEIRO-FILHO , E. L. A. (Eds.). *Os Marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e evolução*. 1a ed. UFMS, p. 241-254.
- SILVA, J. M. C; TABARELLI, M. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic Forest of northeast Brazil. *Nature*, v. 404 p. 72-74. 2000.
- STREILEN, K. E. 1982. Behavior, ecology, and distribution of South American Marsupials. In: MARES, M. A.; GENOWAYS, H. H. (Ed.). *Mammalian biology in South America. Pyramtuning Laboratory of Ecology*, p. 231-250.

TEIXEIRA, C.P; HIRSCH, A.H; PERINI, H.P; YOUNG, R.J; Marsupials from space: fluctuating asymmetry, geographical information systems and animal conservation. *Proceeding of the Royal Society of London B*. v. 273, p. 1007-1012. 2006.

UETI, A; POMPEU, P.S; FERREIRA. R.L. Asymmetry compensation in a small vampire bat population in a cave: a case study in Brazil. *Subterranean Biology*, v.15, p. 57-67. 2015.

UMETSU, F.; PARDINI, R. Small mammals in a mosaic of forest remnants and anthropogenic habitats evaluating matrix quality in an Atlantic forest landscape. *Landscape Ecology*, v. 22, p. 517-530, 2007.

VAN VALEN, L. A study of fluctuating asymmetry. *Evolution*, v. 16, p. 125-142, 1962.

WADDINGTON, C. H. *Principles of Embryology*. George Allen e Unwin, 1956.

WAUTERS, L. A.; DHONDT, A. A.; KNOTHE, H.; PARKIN, D. T. Fluctuating asymmetry and body size as indicators of stress in red squirrel populations in woodland fragments. *Journal of Applied Ecology*, v. 33, p. 735-740, 1996.

WILCOVE, D.S; MCCLELLAN, C.H; DOBSON, A.P. 1986. Habitat fragmentation in the temperate zone. p. 237-256 in SOULE, M.E, ed. Conservation biology: the science of scarcity and diversity. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

WILCOX, B.A.; MURPHY, D.D. Conservation strategy: the effects. *The American Naturalist*, v. 125, pp. 879-887, 1985.

Capítulo 1.

Assimetria flutuante em duas espécies de marsupiais (*Gracilinanus agilis* e *Monodelphis domestica*) como indicador do impacto antropogênico no meio ambiente em uma região semi-árida do Brasil.

CLEMENTE, L.F., KATZENBERGER, M., MORLANES, V., CALABUIG, C. **Fluctuating asymmetry in two species of marsupials (*Gracilinanus agilis* and *Monodelphis domestica*) as an indicator of anthropogenic impact on environment in a semiarid region of Brazil.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Abstract: One of the most common causes of environmental disturbances is the fragmentation of habitats, which generates stress during the development stage of the organisms and causing changes in morphological traits. This study assessed the differences between sides of three bilateral morphological traits of two species of marsupials, *Monodelphis domestica* and *Gracilinanus agilis*, from a forest fragment in the Caatinga biome, Rio Grande do Norte (Brazil). Between August 2014 and June 2016, 46 *Monodelphis domestica* and 65 *Gracilinanus agilis* were sampled. Juveniles of *G. agilis* presented larger ears than adults, which could indicate some degree of wear through time of this trait and hinder fluctuating asymmetry values. Although this study was conducted in a forest fragment, low levels of FA may indicate that this area is recovering from previous impacts and well connected to other fragments. Smaller *M. domestica* individuals presented greater FA values than larger individuals, which indicates they may be under stress. Further results show that asymmetry in both species cannot be represented by a single trait. When comparing the composite fluctuating asymmetry indexes between species, *G. agilis* presented greater FA than *M. domestica*, which could be related to different habits and body size.

Keywords: Stress, small mammals, environmental indicator, marsupial, semiarid.

CLEMENTE, L.F., KATZENBERGER, M., MORLANES, V., CALABUIG, C. **Assimetria flutuante em duas espécies de marsupiais (*Gracilinanus agilis* e *Monodelphis domestica*) como indicador do impacto antropogênico no meio ambiente em uma região semi-árida do Brasil.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Resumo: Uma das causas mais comuns de distúrbios ambientais é a fragmentação dos habitats, que gera estresse durante a fase de desenvolvimento dos organismos e provoca alterações nos traços morfológicos. Este estudo avaliou as diferenças entre os lados de três traços morfológicos bilaterais de duas espécies de marsupiais, *Monodelphis domestica* e *Gracilinanus agilis*, de um fragmento de floresta no bioma da Caatinga, Rio Grande do Norte (Brasil). Entre agosto de 2014 e junho de 2016, 46 *Monodelphis domestica* e 65 *Gracilinanus agilis* foram amostradas. Os juvenis de *G. agilis* apresentaram orelhas maiores do que os adultos, o que poderia indicar algum grau de desgaste no tempo desta característica e dificultar os valores de assimetria flutuante. Embora este estudo tenha sido conduzido em um fragmento de floresta, baixos níveis de Assimetria Flutuante (AF) podem indicar que esta área está se recuperando de impactos anteriores e bem conectada a outros fragmentos. Os indivíduos menores de *M. domestica* apresentaram maiores valores de AF do que indivíduos maiores, o que indica que eles podem estar sob estresse. Outros resultados mostram que a assimetria em ambas as espécies não pode ser representada por uma única característica. Ao comparar os índices de assimetria flutuante compostos entre espécies, *G. agilis* apresentou AF maior do que *M. domestica*, que poderia estar relacionada a diferentes hábitos e tamanho corporal.

Palavras-chave: Estresse, pequenos mamíferos, indicador ambiental, marsupial, semiárido.

1. INTRODUÇÃO

Variações morfológicas em estruturas bilaterais são frequentemente detectadas em populações de vida livre como reflexo do aumento na variabilidade fenotípica e genotípica que ocorre quando os estressores externos são severos. Isso faz com que essas alterações possam vir a ser prejudiciais ao sistema biológico dos organismos (Parsons 1992; Ueti et al. 2015). Quando essas mudanças ocorrem em determinadas fases críticas do desenvolvimento dos indivíduos, a estabilidade do desenvolvimento destes organismos pode ser afetada. Isso pode produzir fenótipos anormais e, assim, ocasionando a diminuição da capacidade que os organismos possuem em resistir a distúrbios durante o seu desenvolvimento (Palmer 1994; Waddington 1956). Quando um organismo não apresenta estruturas morfológicas simétricas decorrentes de estresses durante seu desenvolvimento, este indivíduo sofreu uma instabilidade do desenvolvimento (Graham et al., 2010). A instabilidade do desenvolvimento é definida como desvios nas estruturas morfológicas que apresentam diferença entre os lados direito e esquerdo do corpo, resultando em assimetrias nestes caracteres (Palmer e Strobeck, 1986).

Uma das formas de avaliar a instabilidade do desenvolvimento do organismo é através da medição da assimetria flutuante (AF) (Palmer e Strobeck 1986). Nesta etapa ocorrem mudanças aleatórias, sutis, discretas e não direcionais nas medidas de caracteres morfológicos bilaterais (Van Valen 1962). A assimetria flutuante é uma medida que representa a diferença entre o lado direito e o lado esquerdo de uma característica bilateral e suas medidas apresentam uma distribuição normal com uma média igual a zero (Palmer e Strobeck 1986; Sanseverino e Nessimian 2008). No entanto, outras formas de assimetria também são encontradas na natureza, entre elas, a assimetria direcional e antissimetria. Sendo que a assimetria direcional (AD) ocorre quando um determinado caractere se desenvolve naturalmente mais em um lado do plano simétrico que do outro (Van Valen 1962), enquanto a antissimetria (AS) é encontrada quando ocorre a variação de um plano de simetria de forma aleatória em indivíduos de uma mesma população (Graham et al. 2010).

A assimetria flutuante está relacionada com diferentes perturbações ambientais e genéticas que ocasionam os desvios na simetria bilateral (ver Badyaev et al. 2000; Coda et al. 2016; Montalvão et al. 2018; Palmer e Strobeck 1986; Parsons 1992). Entre as

mudanças ambientais incluem-se o aumento da exposição dos organismos à mudança de temperatura (e.g. Parsons 1992), exposição de organismos a poluentes (e.g. Costa e Nomura 2015; Montalvão et al. 2018), a degradação e fragmentação de habitat (Lens et al. 1999; Wauters et al. 1996) colmatando no isolamento de diferentes populações e na perda de biodiversidade (Fahring 2003). Já a nível genômico, o aumento da endogamia (Clarke et al. 1986), diminuição da heterozigose e a perda da variabilidade genética (Leary e Allendorf 1989; Parsons 1992; Wauters et al. 1996) são exemplos de perturbações genéticas que aumentam os níveis de AF nas populações.

Sendo assim, os distúrbios que atingem as populações e comunidades de vida livre acaba afetando ao longo do tempo o desenvolvimento natural destes organismos (Clarke 1995), gerando variações morfológicas no plano simétrico e conseqüentemente o aumento nos níveis de AF (Palmer 1994). Estudos tem mostrado que por razões ecológicas e evolutivas, os organismos que apresentam caracteres morfológicos assimétricos têm o seu valor adaptativo (“fitness”), locomoção, sobrevivência e até mesmo a atratividade sexual reduzida (ver Badyaev et al. 2000; López e Martín 2002; Møller e Thornhill 1998; Morris 2012; Parsons 1992).

O grupo dos pequenos mamíferos é um dos mais afetados pela fragmentação e alteração da paisagem (Magnus e Cáceres 2012; Martin et al. 2012) pois, além de apresentar uma fragilidade aos impactos ambientais, muitas das suas espécies são dependentes de áreas contínuas (Passamani e Fernandez 2011; Umetsu e Pardini 2007). Este grupo apresenta um importante papel dentro do ecossistema, atuando como dispersores de sementes (Monteiro-Filho e Cáceres 2006), controladores de populações de invertebrados (Casella e Cáceres 2006) e servindo de fonte de alimento para espécies de topo (Martins e Oliveira 1999). Além disso, os pequenos mamíferos podem ser utilizados como indicadores para avaliação e monitoramento de impactos ambientais em razão de sua baixa mobilidade e por apresentarem um alto grau de endemismo (Bonvicino et al. 2002; Lambert et al. 2006; Pardini et al. 2005). No entanto, há poucos estudos que avaliem AF nesses organismos e como esse fenômeno pode vir a afetar a ecologia (eg. dispersão) dessas populações.

O Brasil vem sofrendo com a fragmentação dos habitats desde o início do processo de colonização, onde o avanço da ocupação agrícola e da pecuária trouxeram diversas alterações, principalmente ao bioma Caatinga (Coimbra-Filho e Câmara, 1996). Neste

bioma sua paisagem drasticamente alterada (Sampaio e Batista 2004), deixando-a em estado avançado de degradação (Drumond et al. 2012). Essas modificações têm levado ao desaparecimento de quase toda a sua cobertura vegetal, resultando em ambientes com pequenos remanescentes perturbados pelos efeitos advindos da fragmentação (Castelletti et al. 2004).

A perda de habitat tem grande efeito sobre a biodiversidade (Fahring 2003) e a conversão de ambientes naturais em ambientes antropogênicos vem sendo um problema para a maioria das populações de pequenos mamíferos (Martin et al. 2012; Pardini 2004; Pardini et al. 2005). Muitas espécies são dependentes de áreas contínuas de vegetação natural, e a fragmentação afeta diretamente esses indivíduos (ver Fahring 2003; Passamani e Fernandez 2011), podendo causar-lhes AF (Marchand et al. 2003).

Este trabalho teve como objetivo determinar a presença de assimetria flutuante em três caracteres bilaterais (orelha; pata dianteira e pata traseira) e verificar se a assimetria flutuante ocorre da mesma forma para machos e fêmeas de diferentes idades de duas espécies de marsupial, o *Gracilinanus agilis* (cuíca ou catita) e o *Monodelphis domestica* (rato-cachorro) em um fragmento da Caatinga no Semiárido nordestino do Rio Grande do Norte.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido num fragmento de mata localizada em Mossoró (Figura 3), Rio Grande do Norte, Brasil (latitude 5°03'37"S; longitude 37°23'50"W), que apresenta uma área de aproximadamente 400 ha. Esta área é um fragmento de mata em regeneração, que, antes de ser incluída como parte de uma fazenda para estudos de conservação, havia sofrido impactos relacionados ao pastoreio bovino e exploração seletiva de madeira, além de um incêndio acidental durante a década de 80 (Maia-Silva 2014). O local do estudo é caracterizado por apresentar vegetação do tipo arbóreo-arbustiva densa, hiperxerófila caducifólia e zonas de carnaubal (Velloso e Sampaio 2002). O clima local é considerado como semiárido quente e seco com temperaturas muito elevadas e chuvas irregulares (Bsh segundo classificação Köppen, Alvares et al. (2013). Apresenta duas épocas bem demarcadas: uma úmida com chuvas intermitentes e torrenciais, geralmente nos meses de fevereiro a maio; e outra seca de junho a janeiro,

com precipitação média histórica de 695,7 mm (Carmo-Filho et al. 1991; EMPARN 2015).

2.2. Pesquisa de campo e coleta de dados morfológicos

Para a captura dos marsupiais, foram utilizadas 50 armadilhas Sherman e 50 armadilhas Tomahawk (Figura 4a e 4b). No interior de cada armadilha foi colocada uma isca composta por pasta de amendoim, banana, flocos de milho e sardinha (Burguer et al., 2012), no qual foi reabastecida conforme foi consumida durante as noites de cada coleta.



Figura 3. Armadilhas utilizadas para a captura dos marsupiais: A. Modelo Sherman; B. Modelo Tomahawk.

As armadilhas foram montadas alternadamente e separadas umas das outras por aproximadamente 25 metros seguindo transectos em linha estabelecidos numa área de mata fechada com uma dimensão de 574m x 2000m (Figura 5) mensalmente entre agosto de 2014 e julho de 2016, durante seis noites consecutivas, sendo abertas uma hora antes do pôr do sol, revisadas e fechadas até uma hora após o nascer do sol. Cada ponto foi enumerado e georreferenciado com GPS.



Figura 4. Área demarcada do fragmento florestal utilizada no presente estudo, localizado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil.

A identificação etária dos marsupiais foi baseada na erupção dos molares superiores, conforme Macedo et al. (2006): os indivíduos que apresentaram como último molar superior o primeiro ou o segundo, foram classificados como jovens; os sub-adultos foram caracterizados por apresentar o terceiro molar superior funcional; e aqueles que apresentaram a dentição completa foram classificados como adultos. A diferenciação sexual foi realizada de acordo com Oliveira et al. (2007), a partir da presença ou ausência do saco escrotal, onde os indivíduos machos sempre apresentaram os testículos escrotais.

Para a medição dos indivíduos, os animais foram contidos quimicamente com uma dose via intraperitoneal de 0,05mL/100g de cetamina na concentração de 1g/10mL associada a uma dose de 0,1mL/100g de xilazina na concentração de 2g/100mL (Heard 1993; Bo et al. 1994). Para cada indivíduo, foram tomadas as seguintes medidas: comprimento das orelhas direita e esquerda; comprimento das patas dianteiras direita e esquerda; comprimento das patas traseiras direita e esquerda. A biometria foi realizada com paquímetro digital inox Hardened de 150 mm com precisão de 0,01 mm. Todos os espécimes foram medidos duas vezes pela mesma pessoa para evitar variações individuais no método de medição. Cada indivíduo capturado foi marcado com um

brinco metálico alfanumérico (LOG, Brasil 5x7mm), colocado na orelha (Mangini e Nicola 2003).

A pesquisa foi realizada com a aprovação e licença emitida pelo SISBIO (Nº 41686-2), e todas as atividades deste projeto foram avaliadas pelo comitê de ética da UFERSA (parecer Nº 11/2014, processo Nº 23091.00413/2014-21), que seguiram as diretrizes reconhecidas internacionalmente.

2.3. Análises estatísticas

2.3.1. Índices de assimetria

Em cada espécie, um índice de assimetria (IA) foi determinado para cada caractere como a diferença entre o lado direito e o lado esquerdo ($IA=D-E$). Outliers nos valores de IA obtidos foram identificados através do teste de Grubb, e as assimetrias aberrantes (AA) detetadas foram excluídas das restantes análises. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi usado para determinar a normalidade dos valores de IA e testes t foram realizados de modo a verificar se a média de cada caractere diferia de zero.

2.3.2. Relação da assimetria com idade, sexo e tamanho dos caracteres

De modo a avaliar a relação da assimetria com o tamanho do caractere, regressões lineares foram realizadas utilizando como valor dependente os valores absolutos de IA ($|IA|$) de cada caractere/espécie e o tamanho do caractere $((D+E)/2)$ como variável independente. Modelos lineares generalizados (GLZ), usando a distribuição gaussiana e a função log-link, foram utilizados para determinar se as medições de cada caractere diferiam entre lados (esquerdo e direito) e se elas estavam relacionadas com o modo como a assimetria varia entre grupos dentro da população (sexo e idade, separadamente). Nestas análises, uma diferença significativa entre o lado direito e o lado esquerdo indicaria a presença de assimetria direcional (AD). No caso dos GLZs que incluíram a idade como variável, testes Tukey HSD foram posteriormente realizados para identificar quais as idades que diferiam entre si no tamanho dos caracteres.

2.3.3. Índices compostos de assimetria flutuante

O nível de assimetria flutuante (AF) em cada caractere foi considerado como o valor absoluto de IA (Índice 1; Palmer e Strobeck 1986). Para verificar se um único caractere

ou um menor número de caracteres poderiam ser usados para representar a assimetria de todo um organismo, foram realizadas correlações de Pearson entre os caracteres medidos. Como sugerido por Leung et al. (2000), dois índices compostos de assimetria flutuante (CFA1 e CFA2) foram calculados: o CFA1 foi definido como a soma dos valores estandardizados de AF de todos os caracteres de cada indivíduo, sendo AF corrigido pelo tamanho do respectivo caractere em cada indivíduo; Índice 2 de Palmer e Strobeck 1986); e CFA2, determinado como a soma dos valores estandardizados de AF de todos os caracteres de cada indivíduos, dividindo cada valor de AF pelo valor médio de AF da população para o respectivo caractere. CFA1 e CFA2 foram posteriormente usados como variáveis dependentes em ANOVAs, de modo a verificar se a assimetria total diferia entre sexos ou idades (separadamente). Os índices compostos de assimetria CFA1 e CFA2 foram também utilizados (separadamente) para determinar se alguma das espécies estudadas apresentava maior assimetria que a outra, através de one-way ANOVAs. Todas as análises foram realizadas usando o programa STATISTICA 7.0 e considerando um nível de significância de $\alpha=0.05$.

3. RESULTADOS

3.1. *Biometria e índices de assimetria*

No total, foram feitas medições em caracteres morfológicos de 111 indivíduos, dos quais 46 eram *Monodelphis domestica* e 65 *Gracilinanus agilis*. Dos 46 *M. domestica*, 32 eram machos e 14 eram fêmeas, correspondendo a 8 indivíduos jovens, 6 sub-adultos e 32 adultos. Dos 65 *G. agilis*, 39 eram machos e 26 eram fêmeas, sendo 12 indivíduos jovens, 9 sub-adultos e 44 adultos (ver Tabela 1 e 2). Não foram encontradas diferenças significativas entre o lado esquerdo e o lado direito em nenhum dos três caracteres medidos (Tabela 3), indicando que não existe assimetria direcional em nenhuma das espécies estudadas.

Tabela 1. Dados biométricos (média \pm desvio padrão) de indivíduos da espécie *Monodelphis domestica*. considerando diferentes idades e sexos. Medidas em milímetros (mm).

Grupos	O*	OD	OE	PD	PDD	PDE	PT	PTD	PTE
População	22,64 \pm 3,36 (45)	22,57 \pm 3,50 (45)	22,71 \pm 3,25 (45)	14,58 \pm 1,72 (45)	14,60 \pm 1,67 (45)	14,57 \pm 1,79 (45)	19,21 \pm 1,83 (45)	19,24 \pm 1,76 (45)	19,18 \pm 1,91 (45)
Machos	22,69 \pm 3,43 (31)	22,63 \pm 3,41 (31)	22,74 \pm 3,50 (31)	14,78 \pm 1,69 (31)	14,81 \pm 1,65 (31)	14,74 \pm 1,76 (31)	19,51 \pm 1,91 (31)	19,51 \pm 1,86 (31)	19,51 \pm 1,98 (31)
Fêmeas	22,55 \pm 3,27 (14)	22,45 \pm 3,81 (14)	22,65 \pm 2,77 (14)	14,16 \pm 1,74 (14)	14,12 \pm 1,68 (14)	14,20 \pm 1,86 (14)	18,54 \pm 1,46 (14)	18,63 \pm 1,39 (14)	18,44 \pm 1,57 (14)
Jovens	20,20 \pm 2,45 (8)	20,29 \pm 2,48 (8)	20,10 \pm 2,57 (8)	13,01 \pm 1,92 (8)	13,21 \pm 1,96 (8)	12,81 \pm 1,99 (8)	17,38 \pm 2,04 (8)	17,51 \pm 2,00 (8)	17,25 \pm 2,21 (8)
Sub-adultos	21,62 \pm 2,50 (6)	21,35 \pm 2,75 (6)	21,90 \pm 2,45 (6)	14,11 \pm 1,52 (6)	14,10 \pm 1,71 (6)	14,11 \pm 1,48 (6)	18,51 \pm 1,61 (6)	18,43 \pm 1,65 (6)	19,58 \pm 1,73 (6)
Adultos	23,48 \pm 3,38 (31)	23,40 \pm 3,59 (31)	23,57 \pm 3,20 (31)	15,08 \pm 1,43 (31)	15,05 \pm 1,39 (31)	15,12 \pm 1,49 (31)	19,82 \pm 1,43 (31)	19,84 \pm 1,36 (31)	19,79 \pm 1,51 (31)

*O = Orelha; OD = Orelha direita; OE = Orelha esquerda; PD = Pata dianteira; PDD = Pata dianteira direita; PDE = Pata dianteira esquerda; PT = Pata traseira; PTD = Pata traseira direita; PTE = Pata traseira esquerda.

Tabela 2. Dados biométricos (média \pm erro padrão) de indivíduos da espécie *Gracilinanus agilis*. considerando diferentes idades e sexos. Medidas em milímetros (mm).

Grupos	O*	OD	OE	PD	PDD	PDE	PT	PTD	PTE
População	20,68 \pm 2,33 (64)	20,77 \pm 2,40 (64)	20,58 \pm 2,27 (64)	11,78 \pm 1,39 (65)	11,82 \pm 1,43 (65)	11,73 \pm 1,36 (65)	15,43 \pm 1,39 (65)	15,40 \pm 1,41 (65)	15,47 \pm 1,37 (65)
Machos	21,03 \pm 2,17 (38)	20,98 \pm 2,18 (38)	21,09 \pm 2,19 (38)	12,35 \pm 1,32 (39)	12,37 \pm 1,41 (39)	12,33 \pm 1,25 (39)	15,90 \pm 1,37 (39)	15,81 \pm 1,41 (39)	15,99 \pm 1,34 (39)
Fêmeas	20,21 \pm 2,48 (26)	20,47 \pm 2,70 (26)	19,96 \pm 2,25 (26)	10,91 \pm 0,98 (26)	10,99 \pm 1,00 (26)	10,84 \pm 0,97 (26)	14,72 \pm 1,08 (26)	14,77 \pm 1,18 (26)	14,67 \pm 1,00 (26)
Jovens	20,97 \pm 2,38 (12)	20,99 \pm 2,56 (12)	20,96 \pm 2,28 (12)	10,66 \pm 0,99 (12)	10,71 \pm 1,09 (12)	10,62 \pm 0,93 (12)	14,41 \pm 1,67 (12)	14,40 \pm 1,79 (12)	14,42 \pm 1,63 (12)
Sub-adultos	19,23 \pm 2,27 (9)	19,41 \pm 2,28 (9)	19,05 \pm 2,40 (9)	11,03 \pm 0,45 (9)	11,05 \pm 0,55 (9)	11,01 \pm 0,35 (9)	14,83 \pm 0,60 (9)	14,84 \pm 0,69 (9)	14,83 \pm 0,55 (9)
Adultos	20,90 \pm 2,25 (43)	20,99 \pm 2,33 (43)	20,80 \pm 2,17 (43)	12,23 \pm 1,38 (44)	12,28 \pm 1,41 (44)	12,18 \pm 1,35 (44)	15,83 \pm 1,23 (44)	15,78 \pm 1,25 (44)	15,88 \pm 1,23 (44)

*O = Orelha; OD = Orelha direita; OE = Orelha esquerda; PD = Pata dianteira; PDD = Pata dianteira direita; PDE = Pata dianteira esquerda; PT = Pata traseira; PTD = Pata traseira direita; PTE = Pata traseira esquerda.

Tabela 3. Diferença entre o lado esquerdo e direito dos três caracteres medidos em dois marsupiais do nordeste brasileiro.

Espécies	Caracteres*	Mean	Std.Dv.	N	Std.Err.	t-value	df	p
<i>M. domestica</i>	OD-OE	0,15	1,04	42	0,16	0,96	41	0,34
	PDD-PDE	-0,02	0,47	44	0,07	-0,25	43	0,81
	PTD-PTE	0,06	0,33	45	0,05	1,12	44	0,27
<i>G. agilis</i>	OD-OE	0,06	1,13	54	0,15	0,37	53	0,72
	PDD-PDE	0,07	0,51	63	0,06	1,12	62	0,27
	PTD-PTE	-0,01	0,52	63	0,07	-0,10	62	0,92

3.2. Relação da assimetria com idade, sexo e tamanho dos caracteres

Na maioria dos casos, não existe relação entre o tamanho do caractere e o valor da assimetria. No entanto, em alguns casos observou-se significância para essa relação. Na população de *M. domestica*, quanto maior o tamanho das patas dianteiras menor a assimetria que elas apresentam ($R = 0,37$, $t_{(1, 44)} = -2,60$, $p = 0,01$). Ao separar os sexos, a mesma relação foi encontrada nos indivíduos machos ($R = 0,55$, $t_{(1, 30)} = -3,50$, $p = 0,00$) mas não nas fêmeas. Porém, nas fêmeas a assimetria nas patas traseiras diminuiu com o aumento do tamanho do caractere ($R = 0,54$, $t_{(1, 14)} = -2,19$, $p = 0,04$). Ao separar os indivíduos por idade, tanto nos indivíduos sub-adultos ($R = 0,85$, $t_{(1, 6)} = -3,28$, $p = 0,03$) como nos adultos ($R = 0,46$, $t_{(1, 31)} = -2,81$, $p = 0,01$), verificou-se novamente que quanto maior o tamanho das patas dianteiras menor é a assimetria que elas apresentam (Tabela 4).

Nenhum caractere apresentou diferenças significativas de tamanho entre o lado esquerdo e o lado direito (todos $P > 0,05$). Em *M. domestica*, os machos apresentaram patas traseiras significativamente maiores que as fêmeas (GLZ Wald = 5,78, df = 1, $P = 0,02$; Tabela 5). Considerando as idades dos indivíduos, foi possível observar que os indivíduos adultos possuíam os três caracteres maiores que os indivíduos jovens (orelhas: GLZ Wald = 20,43, df = 2, $P < 0,0001$, Tukey HSD = 0,005; pata dianteira: GLZ Wald = 23,71, df = 2, $P < 0,0001$, Tukey HSD = 0,0004; pata traseira: GLZ Wald = 32,37, df = 2, $P < 0,0001$, Tukey HSD = 0,0002).

Em *Gracilinanus agilis*, os machos possuíam os três caracteres maiores que os das fêmeas (orelhas: GLZ Wald = 7,69, df = 1, $P = 0,01$; pata dianteira: GLZ Wald = 42,61, df = 1, $P < 0,0001$; pata traseira: GLZ Wald = 27,20, df = 1, $P < 0,0001$; Tabela 5). Não

foram encontradas diferenças significativas entre os sexos no tamanho dos caracteres. Em relação às idades, os indivíduos adultos apresentaram orelhas menores (GLZ Wald = 9,03, df = 2, P = 0,01, Tukey HSD = 0,018) e patas maiores (patas dianteiras, GLZ Wald = 37,59, df = 2, P < 0,0001, Tukey = 0,0013; patas traseiras, GLZ Wald = 27,48, df = 2, P < 0,0001, Tukey = 0,0033) que os indivíduos jovens. Por outro lado, os indivíduos adultos também apresentaram orelhas maiores que os indivíduos sub-adultos (GLZ Wald = 9,03, df = 2, P = 0,01, Tukey HSD = 0,0028).

Tabela 4. Relação entre o tamanho dos caracteres e o valor de assimetria. Os resultados significativos são indicados em negrito.

		Orelha				Pata dianteira				Pata traseira			
		N	R	t	p	N	R	t	p	N	R	t	p
<i>M. domestica</i>	População	42	0,18	-1,16	0,26	44	0,37	-2,60	0,01	45	0,08	-0,42	0,68
	Machos	29	0,08	-0,44	0,66	30	0,55	-3,50	0,00	31	0,02	0,05	0,96
	Fêmeas	13	0,47	-1,74	0,11	14	0,06	0,21	0,83	14	0,54	-2,19	0,05
	Jovens	8	0,05	0,13	0,90	7	0,23	-0,53	0,62	8	0,35	-0,92	0,39
	Sub-adultos	6	0,04	0,08	0,94	6	0,85	-3,28	0,03	6	0,74	2,23	0,09
	Adultos	28	0,29	-1,60	0,13	31	0,46	-2,81	0,01	31	0,28	-1,60	0,12
<i>G. agilis</i>	População	42	0,18	-1,16	0,26	63	0,12	-0,91	0,37	63	0,09	-0,74	0,465
	Machos	30	0,31	-1,72	0,10	36	0,18	1,04	0,31	38	0,04	0,26	0,82
	Fêmeas	24	0,19	-0,88	0,39	26	0,25	1,27	0,22	26	0,34	1,74	0,10
	Jovens	11	0,37	-0,14	0,26	12	0,32	1,08	0,31	12	0,34	1,74	0,10
	Sub-adultos	8	0,07	-0,18	0,86	9	0,13	-0,33	0,75	9	0,48	1,47	0,19
	Adultos	35	0,25	-1,50	0,14	43	0,30	-2,00	0,05	42	0,01	-0,09	0,93

Tabela 5. Relação entre o tamanho dos caracteres dos diferentes grupos de idade e sexo e o valor de assimetria. Os resultados significativos são indicados em negrito.

Espécies	Relação	Orelha				Pata dianteira				Pata traseira			
		N	df	Wald stat.	P	N	df	Wald stat.	P	N	df	Wald stat.	P
<i>M. domestica</i>	Efeito do lado	84	1	0,07	0,80	88	1	0,01	0,93	90	1	0,05	0,82
	Efeito do sexo	84	1	0,22	0,64	88	1	2,73	0,10	90	1	5,78	0,02
	Lado*Sexo	84	1	0,02	0,89	88	1	0,02	0,90	90	1	0,06	0,81
	Efeito do lado	84	1	0,00	0,98	88	1	0,01	0,92	90	1	0,02	0,90
	Efeito da idade	84	2	20,43	0,00	88	2	23,71	0,00	90	2	32,37	0,00
	Tukey (Jovens vs Adultos)				0,00	88			0,00	90			0,00
	Lado*Idade	84	2	0,21	0,90	88	2	0,08	0,96	90	2	0,13	0,94
<i>G. agilis</i>	Efeito do lado	108	1	0,03	0,87	124	1	0,09	0,77	130	1	0,00	0,88
	Efeito do sexo	108	1	7,69	0,01	124	1	42,61	0,00	130	1	27,20	0,00
	Lado*Sexo	108	1	0,04	0,84	124	1	0,24	0,63	130	1	0,40	0,54
	Efeito do lado	108	1	0,13	0,72	128	1	0,04	0,84	128	1	0,00	0,95
	Efeito da idade	108	2	9,03	0,01	128	2	37,59	0,00	128	2	27,48	0,00
	Tukey (Jovens vs Adultos)				0,02				0,00				0,00
	Tukey (Sub-adultos vs Adultos)				0,00								
Lado*Idade	108	2	0,37	0,83	128	2	0,02	0,99	128	2	0,01	1,00	

3.3. Índices compostos de assimetria flutuante

Em ambas as espécies, nenhum dos pares de caracteres revelou uma correlação significativa (Tabela 6). Isto indica que um único caractere não pode ser representativo da assimetria total existente num indivíduo pertencente à respectiva população. Por outro lado, não foram encontradas diferenças significativas nos índices compostos de assimetria flutuante entre sexos e entre idades (Tabela 7 e 8), indicando que não existe nenhum grupo da população que seja mais assimétrico que os demais. As espécies não apresentaram diferenças no nível de assimetria quando usando o índice CFA2 ($F_{(1, 88)} = 0,019$, $p = 0,892$). Porém, usando o índice CFA1, os indivíduos da espécie *G. agilis* apresentaram maior assimetria que os indivíduos da espécie *M. domestica* ($F_{(1, 88)} = 7,448$, $p = 0,008$; Tabela 7).

Tabela 6. Correlações do índice de assimetria nos três caracteres medidos (orelhas O; patas dianteiras PD; e patas traseiras PT) em dois marsupiais do nordeste brasileiro.

Espécie	Caracteres	r	p	n
<i>M. domestica</i>	O vs PD	-0,0889	0,585	40
	O vs PT	0,1926	0,228	41
	PD vs PT	-0,0545	0,725	44
<i>G. agilis</i>	O vs PD	0,1968	0,162	52
	O vs PT	-0,1566	0,268	52
	PD vs PT	0,0278	0,832	61

Tabela 7. Diferença dos índices compostos de assimetria (CFA1 e CFA2) entre sexo, idade e espécies em dois marsupiais do nordeste brasileiro.

Espécie	Grupo	CFA1				CFA2			
		N	F	p	df	N	F	p	df
<i>M. domestica</i>	Sexo	40	0,024	0,878	1	40	0,124	0,727	1
	Idade	40	0,291	0,749	2	40	0,059	0,943	2
<i>G. agilis</i>	Sexo	50	1,701	0,198	1	50	0,862	0,358	1
	Idade	50	1,301	0,282	2	50	2,01	0,145	2
	Espécie	90	7,448	0,008	1	90	0,019	0,892	1

Tabela 8. Relação do índice composto de assimetria entre os sexos e idades em dois marsupiais do nordeste brasileiro.

Espécie	Grupos	CFA1		CFA2	
		Média	erro-padrão	média	erro-padrão
<i>M. domestica</i>	População	0,07	0,01	3,00	0,28
	Machos	0,07	0,01	2,85	0,28
	Fêmeas	0,08	0,02	3,30	0,65
	Juvenis	0,08	0,02	3,47	0,78
	Sub-adultos	0,08	0,02	2,98	0,70
	Adultos	0,07	0,01	2,88	0,34
<i>G. agilis</i>	População	0,10	0,01	3,00	0,22
	Machos	0,09	0,01	2,70	0,32
	Fêmeas	0,11	0,01	3,35	0,31
	Juvenis	0,08	0,01	2,50	0,31
	Sub-adultos	0,09	0,01	2,45	0,41
	Adultos	0,11	0,01	3,32	0,32

4. DISCUSSÃO

4.1. Características morfológicas de *M. domestica* e *G. agilis*.

Em *M. domestica*, os indivíduos machos apresentaram patas traseiras maiores que as fêmeas (Tabela 1). Esta diferença pode estar relacionada com a variação na demanda de energia entre os sexos. As fêmeas geralmente reduzem o crescimento durante a puberdade e primeira ninhada, priorizando energia para gestação e lactação, enquanto os machos não interrompem seu crescimento após o primeiro período reprodutivo (Bergallo e Cerqueira 1994; Astúa 2010).

Ao contrário das patas (dianteiras e traseiras) que aumentam de tamanho com a idade, as orelhas de *G. agilis* parecem sofrer uma redução de tamanho ao longo do crescimento, uma vez que os jovens apresentaram orelhas maiores que os adultos. O tamanho das patas é definido pelo comprimento da estrutura óssea (interna) que a constitui, enquanto que a orelha é uma estrutura cartilaginosa (externa). Como tal, levanta-se a questão de se as orelhas, como extremidades do organismo, podem sofrer um desgaste ao longo da vida. Se realmente ocorre este desgaste, então, a diferença entre o tamanho da orelha esquerda e da orelha direita podem ser reflexo não só da AF associada a fatores durante o desenvolvimento, mas também a outros eventos aleatórios que possam ter causado desgaste nesse caractere. Considerando que um possível desgaste pode ocorrer de forma diferencial entre o lado esquerdo e o direito, o uso das

orelhas em estudos de AF deve ser cauteloso pois pode gerar uma falsa assimetria flutuante. Adicionalmente casos mais extremos podem figurar como assimetrias aberrantes realizando as análises estatísticas corretas.

4.2. Assimetria flutuante

Até o presente, este é o primeiro estudo sobre assimetria flutuante em *M. domestica* e *G. agilis* e em um ambiente tão degradado como é o caso da Caatinga. Apesar disso, os valores de AF encontrados podem ser considerados relativamente baixos. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que a área de estudo seja um fragmento de mata em recuperação. Por mais que a área já tenha sofrido impactos advindos do pastoreio bovino, exploração de madeira e incêndio acidental antes de virar uma área para conservação (Maia-Silva 2014), as populações residentes desta área podem ter sofrido uma pressão negativa devido a fragmentação e a caça no passado, no qual pode ter condicionando o tamanho dos caracteres desses indivíduos, mostrando valores mais elevados de assimetria nos indivíduos menores (Tabela 4). Isso ocorre, pois quando uma população sofre estes distúrbios, a capacidade de amortecer os impactos é afetada, comprometendo a sobrevivência e o sucesso reprodutivo ao longo das gerações (Parsons 1992; Møller e Thornhill 1998). A presença de baixos índices de assimetria também pode estar relacionada com a entrada de indivíduos que se desenvolveram em outras áreas e poderiam estar utilizando a área como ponto de forrageio (Reis et al. 2011). Sendo assim, estes indivíduos maiores podem ser oriundos de outros locais, o que indicaria um influxo de indivíduos para a população estudada, possivelmente resultante da melhoria nas condições (recuperação) do fragmento.

Espécies que apresentam hábitos especialistas podem ser mais afetadas pelas modificações ambientais que espécies generalistas, como observado em roedores do sudeste da província de Córdoba (Argentina) por Coda et al. (2016), que encontraram valores de AF mais elevados em espécies especialistas residentes de plantações convencionais do que nas que estavam presentes nas plantações orgânicas. Porém, num estudo realizado em Minas Gerais, Brasil, com o marsupial *Didelphis abiventris*, espécie que apresenta hábitos generalistas, também foi possível encontrar valores elevados em ambientes modificados (Teixeira et al. 2006). Assim, as perturbações ambientais poderiam aumentar a AF tanto em espécies generalistas como especialistas.

Os indivíduos de *G. agilis* mostraram ser, em média, mais assimétricos que os indivíduos da espécie *M. domestica*, considerando um dos índices compostos de assimetria flutuante (CFA1; Tabela 7). Esta diferença entre as espécies pode estar relacionada com o fato do *G. agilis* ser considerado generalista de habitats (Aragona e Marinho-Filho 2009). Esta espécie utiliza tanto o solo quanto o sub-bosque e o dossel com razoável frequência (Cáceres 2012), além de possuírem adaptações que os ajudam a escalar (eg. cauda preênsil; Reis et al. 2006). Sendo assim, a remoção da vegetação advinda da fragmentação pode ter afetado mais a população de *G. agilis* por esta apresentar hábitos arborícolas e conseqüentemente uma maior dependência desta parte do extrato vegetal. Já que o *M. domestica* apresenta apenas hábitos terrestres, ocorrendo principalmente no solo (Sousa e Gonçalves 2004; Vieira e Camargo 2012). Cáceres (2012) encontraram um elevado número de indivíduos de *G. agilis* em uma paisagem fragmentada e, baseando-se, sobretudo em valores de abundância, indicaram que possivelmente esta espécie é mais favorecida em fragmentos florestais menores e perturbada. Porém, visto que *G. agilis* foi à espécie com maior assimetria flutuante comparativamente com *M. domestica*, os resultados deste trabalho parecem não suportar essa ideia e realçam a importância de ter em conta a própria biologia da espécie, aquando da avaliação do efeito da fragmentação nas espécies. Por outro lado, o tamanho dos indivíduos da espécie *G. agilis* também pode estar influenciando a assimetria apresentada neste estudo, visto que *G. agilis* possui menor tamanho que o *M. domestica*. No entanto, mais trabalhos são necessários para esclarecer se espécies de tamanho menor realmente são mais susceptíveis a sofrer assimetria flutuante que espécies maiores. Por outro lado, esta diferença pode estar também associada aos hábitos de cada espécie.

5. CONCLUSÃO

Como conclusão, é possível afirmar que existe dimorfismo sexual no tamanho de caracteres morfológico para as duas espécies, sendo machos maiores do que fêmeas. Ainda, observou-se que indivíduos maiores de *M. domestica*, apresentaram menor AF que indivíduos com membros menores. Este fato pode estar relacionado com a entrada de novos indivíduos àquela população. A medida de orelha do *G. agilis* apresentou uma diminuição com o avanço da idade dos indivíduos, possivelmente atribuído ao desgaste desse caractere ao longo da vida, indicando que possa apresentar falsa assimetria e não é indicado como medida fiável para futuros estudos.

Foi possível observar a existência de diferença no índice composto de assimetria entre as espécies, onde o *G. agilis* apresentou maior assimetria, podendo estar relacionado com os hábitos, tamanho corporal e área de vida destes indivíduos. Porém, a comparação com outros trabalhos é dificultada quer pela falta de algumas informações (como a variação em torno da média) quer pelo uso de diferentes índices, que fazem uso de diferentes formas de cálculo. Índices diferentes podem dar perspectivas diferentes aquando da comparação dos níveis de assimetria flutuante, como demonstrado pelos resultados diferentes obtidos usando CFA1 ou CFA2. Como tal, este ramo de pesquisa beneficiaria muito de uma homogeneização no uso dos índices, ou pelo menos no cálculo de vários índices dentro de um mesmo estudo, de modo a facilitar comparações com futuros trabalhos, tal como sugerido por Palmer e Strobeck (1986).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, C.A., Stape, J.K., Sentelhas, P.C., Moraes, G., Leonardo, J., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Z.* 22, 711–728.
- Aragona, M., Marinho-Filho, J., 2009. História natural e biologia reprodutiva de marsupiais no Pantanal, Mato Grosso, Brasil. *Zoologia* 26, 220–230.
- Astúa, D., 2010. Cranial sexual dimorphism in New World marsupials and a test of Rensch's rule in Didelphidae. *J. Mammal.* 91, 1011–1024.
- Badyaev, A.V., Foresman, K.R., Fernandes, M.V., 2000. Stress and developmental stability: vegetation removal causes increased fluctuating asymmetry in shrews. *Ecology* 81, 336–345.
- Bergallo, H.G., Cerqueira, R., 1994. Reproduction and growth of the opossum *Monodelphis domestica* (Mammalia: Didelphidae) in northeastern Brazil. *J. Zool. Lond.* 232, 551–563.
- Bo, R.F., Palomares, F., Beltran, J.F., Devillafane, G., Moreno, S., 1994. Immobilization of coypus (*Myocaster coypus*) with ketamine hydrochloride and xylazine hydrochloride. *Journal of Wildlife Diseases.* 30, 596-598.
- Bonvicino, C.R., Lindbergh, S.M., Maroja, L.S., 2002. Small non-flying mammal from conserved and altered areas of Atlantic Forest and Cerrado: comments on their potential use for monitoring environment. *Braz. J. Biol.* 62, 1–12.
- Burger, J.R., Chesh, A.S., Muñoz, P., Fredes, F., Ebensperger, L., Hayes, L.D., 2012. Sociality, exotic ectoparasites, and fitness in the plural breeding rodent *Octodon degus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology.* 66, 57- 66.
- Cáceres, N.C., 2012. Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e conservação. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, p. 530.
- Carmo-Filho, F., Espínola-Sobrinho, J., Maia-Neto, J.M., 1991. Dados climatológicos de Mossoró, um município semi-árido nordestino. Mossoró, ESAM. Coleção Mossoroense, p. 121.

- Casella, J., Cáceres, N.C., 2006. Diet of four small mammal species from Atlantic forest patches in south Brazil. *Neotrop. Biol. Conserv.* 1, 5–11.
- Castelletti, C.H.M., Silva, J.M.C., Tabarelli, M., Santos, E.A.M.M., 2004. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: Silva J.M.C., Tabarelli, M., Fonseca, M., Lins, L., (Eds.), *Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp. 91–100.
- Clarke, G.M., 1995. Relationships between developmental stability and fitness: application for conservation biology. *Conserv. Biol.* 9, 18–24.
- Clarke, G.M., Brand, G.W., Hitten, M.J.W., 1986. Fluctuating asymmetry: A technique for measuring developmental stress caused by inbreeding. *Aust. J. Biol. Sci.* 39, 145–153.
- Coda, J., Gomeza, D., Martínez, J.J., Steinmann, A., Priottoa, J., 2016. The use of fluctuating asymmetry as a measure of farming practice effects in rodents: A species-specific response. *Ecol. Indic.* 70, 269–275.
- Coimbra-Filho, A. F., Câmara, I. G., 1996. Os limites originais do bioma Mata Atlântica na região nordeste do Brasil. Rio de Janeiro. Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza, p. 86.
- Costa, R.N., Nomura, F., 2015. Measuring the impacts of Roundup Original® on fluctuating asymmetry and mortality in a Neotropical tadpole. *Hydrobiologia* 765, 85-96.
- Drumond, M.A., Schistek, H., Seiffarth, J.A., 2012. Caatinga: um bioma exclusivamente brasileiro e o mais frágil. *Revista do Instituto Humanista Unisinos*, 389, 1–54.
- EMPARN, Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, 2015. Dados referentes ao período de 1963 a 2006, correspondendo a um mínimo de 30 anos para cada município. <http://189.124.201.150/climaRN/prec.html>. (accessed 12.05.2015).

- Fahring, L., 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34, 487–515.
- Graham, J.H., Raz, S., Hel-Or, H., Nevo, E., 2010. Fluctuating Asymmetry: Methods, Theory, and Applications. *Symmetry* 2, 467–540.
- Heard, D.J., 1993. Principles and techniques of anesthesia and analgesia for exotic practice. *Veterinary Clinics of North America Small Animal Practice.* 23, 1301-1327.
- Lambert, D.T., Malcolm, J.R., Zimmerman, B.L., 2006. Amazonian Small Mammal Abundances in Relation to Habitat Structure and Resource Abundance. *J. Mammal.* 87, 766–776.
- Leary, R.F., Allendorf, F.W., 1989. Fluctuating Asymmetry as an Indicator of Stress: Implications for Conservation Biology. *Trends Ecol. Evol.* 4, 214–217.
- Lens, L., Van Dongen, S., Wilder, C.M., Brooks, T.M., Matthysen, E., 1999. Fluctuating asymmetry increases with habitat disturbance in seven bird species of a fragmented afro-tropical forest. *P. Roy. Soc. Lond. B. Bio.* 266, 1241–1246.
- Leung, B., Forbes, M.R., Houle, D., 2000. Fluctuating Asymmetry as a Bioindicator of Stress: Comparing Efficacy of Analyses Involving Multiple Traits. *Am. Nat.* 155, 101–115.
- López, P., Martín, J., 2002. Locomotor capacity and dominance in male lizards *Lacerta monticola*: a trade-off between survival and reproductive success? *Biol. J. Linn. Soc.* 77, 201–209.
- Macedo, J.M., Loretto, D., Vieira, M.V., Cerqueira, R., 2006. Classes de desenvolvimento em marsupiais: um método para animais vivos. *Mastozool. Neotrop.* 13, 133-136.
- Magnus, L.Z., Cáceres, N.C., 2012. Efeito do tamanho de área sobre a riqueza e composição de pequenos mamíferos da floresta atlântica. *Mastozool. Neotrop.* 19, 243–258.

- Maia-Silva, C., 2014. Adaptações comportamentais de *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini) às condições ambientais do semiárido brasileiro. Thesis. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
- Mangini, P.R., Nicola, P.A. 2003. Captura e Marcação de Animais Silvestres. In: Cullen Junior. L.; Rudran. R.; Padua. C.V. Método de Estudo em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre. Paraná: UFPR, p. 91-122.
- Marchand, H., Paillat, G., Montuire, S., Butet, A., 2003. Fluctuating asymmetry in bank vole populations (Rodentia, Arvicolinae) reflects stress caused by landscape fragmentation in the Mont-Saint-Michel Bay. Biol. J. Linn. Soc. 80, 37–44.
- Martin, P.S., Gheler-Costa, C., Nobre, C.A., Sparovek, G., 2012. Terrestrial non-volant small mammals in agro-silvicultural landscapes of Southeastern Brazil. Forest Ecol. Manag. 282, 185-195.
- Martins, M., Oliveira, M.E., 1999. Natural history of snakes in forests of the Manaus region, Central Amazonia, Brazil. Herpetol. Nat. His. 6, 78–150.
- Møller, A.P., Thornhill, R., 1998. Bilateral symmetry and sexual selection: a meta-analysis. Am. Nat. 151, 174–192.
- Montalvão, M.F., Castro, A.L.S., Rodrigues, A.S.L., Mendes, B.O., Malafaia, G. 2018. Impacts of tannery effluent on development and morphological characters in a neotropical tadpole. Science of the Total Environment. 610–611, 1595-1606.
- Monteiro-Filho, E.L.A., Cáceres, N.C., 2006. Biologia reprodutiva de fêmeas de marsupiais didelfídeos. In: Cáceres, N.C., Monteiro-Filho E.L.A., (Eds.), Os Marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e evolução, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, pp. 99–110.
- Morris, M.R., Rios-Cardenas, O., Lyons, S.M., Tudor, M.S., Bono, L.M., 2012. Fluctuating asymmetry indicates the optimization of growth rate over developmental stability. Funct. Ecol. 26, 723–731.
- Oliveira, F.F.R., Nessim, R., Costa, L.P., Leite, Y.L., 2007. Small mammal ecology in an urban Atlantic forest fragment in southeastern Brazil. Lundiana 8, 27–34.

- Palmer, A.R., 1994. Fluctuating asymmetry analyses: a primer. In: Markow T.A., (Ed.), *Developmental Instability: Its Origins and Evolutionary Implications*, Kluwer, Arizona, pp. 335–364.
- Palmer, A.R., Strobeck, C., 1986. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 17, 391–421.
- Pardini, R., 2004. Effects of forest fragmentation on small mammals in an Atlantic Forest landscape. *Biodivers. Conserv.* 13, 2567–2586.
- Pardini, R., Souza, S.M., Braga-Neto, R., Metzger, J.P., 2005. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. *Biol. Conserv.* 124, 253–266.
- Parsons, P.A., 1992. Fluctuating asymmetry: a biological monitor of environmental and genomic stress. *Heredity* 68, 361-364.
- Passamani, M., Fernandez, F.A.S., 2011. Abundance and richness of small mammals in fragmented Atlantic forest of southeastern Brazil. *J. Nat. Hist.* 45, 553–565.
- Reis, E.F., Pinto, N.S., Carvalho, F.G., Juen, L., 2011. Efeito da integridade ambiental sobre a assimetria flutuante em *Erythrodiplax basalis* (Libellulidae: Odonata) (Kirby). *EntomBrasilis* 3, 103-107.
- Reis, N.R., Peracchi, A.L., Pedro, W.A., Lima, I.P., 2006. *Mamíferos do Brasil*, Londrina, p. 437.
- Sampaio, Y., Batista, J.E.M., 2004, Desenvolvimento regional e pressões antrópicas no bioma Caatinga. In: Sampaio, Y., Batista J.E.M., (Eds.), *Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp. 311–324.
- Sanseverino, A.M., Nessimian, J.L., 2008. Assimetria flutuante em organismos aquáticos e sua aplicação para avaliação de impactos ambientais. *Oecol. Bras.* 12, 382–405.
- Sousa, M.A.N., Gonçalves, M.F., 2004. Mastofauna terrestre de algumas áreas sobre influência da Linha de Transmissão (LT) 230 KV PE / PB, CIRCUITO 3. *Rev. Biol. Ciênc. Terra* 4, 1–14.

- Teixeira, C.P., Hirsch, A.H., Perini, H.P., Young, R.J., 2006. Marsupials from space: fluctuating asymmetry, geographical information systems and animal conservation. *P. Roy. Soc. Lond. B. Bio.* 273, 1007–1012.
- Ueti, A., Pompeu, P.S., Ferreira, R.L., 2015. Asymmetry compensation in a small vampire bat population in a cave: a case study in Brazil. *Subterr. Biol.* 15, 57–67.
- Umetsu, F., Pardini, R., 2007. Small mammals in a mosaic of forest remnants and anthropogenic habitats-evaluating matrix quality in an Atlantic forest landscape. *Landscape Ecol.* 22, 517–530.
- Van Valen, L., 1962. A study of fluctuating asymmetry. *Evolution* 16, 125–142.
- Velloso, A.L., Sampaio, E.V.S.B., Pareyn, F.G., 2002. Ecorregiões Propostas para o Bioma Caatinga. Associação Plantas do Nordeste. The Nature Conservancy do Brasil, Recife, p. 75.
- Vieira, E.M., Camargo, N.F., 2012. Uso do espaço vertical por marsupiais brasileiros. In: Cáceres N.C., (Eds.), *Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e conservação*. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, pp. 347–364.
- Waddington, C.H., 1956. *Principles of Embryology*. The McMillan Company, New York.
- Wauters, L.A., Dhondt, A.A., Knothe, H., Parkin, D.T., 1996. Fluctuating asymmetry and body size as indicators of stress in red squirrel populations in woodland fragments. *J. Appl. Ecol.* 33, 735–740.