

Sobre o uso de níveis de sensibilidade de aves à fragmentação florestal na avaliação da Integridade Biótica: um estudo de caso no norte do Estado do Paraná, sul do Brasil

Luiz dos Anjos^{1,6}, Gabriela Menezes Bochio², João Vitor Campos³, Gabriel B. McCrate⁴ e Fernando Palomino⁵

¹ Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Universidade Estadual de Londrina. Caixa Postal 6001, CEP 86051-970, Londrina, PR, Brasil.

E-mail: llanjos@sercomtel.com.br

² Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina. E-mail: gabrielabochio@yahoo.com.br

³ Programa de Pós-Graduação em Ecologia, INPA – Instituto de Pesquisas da Amazônia. E-mail: jvpiedade@gmail.com

⁴ E-mail: yobl@yahoo.com.br

⁵ E-mail: taquael@yahoo.com.br

⁶ Autor para correspondência.

Recebido em 09/06/2008. Aceito em 10/05/2009.

ABSTRACT: On the use of the sensitivity levels of birds to forest fragmentation in the evaluation of the Biotic Integrity: a study case in the north of State of Paraná, southern Brazil. A Index of Biotic Integrity (IBI) is presented based on levels of bird sensitivity to forest fragmentation. Three levels of sensitivity were considered: high, medium, and low. In the present study, 30 bird species were selected, 10 in each level, and the presence/absence of them were verified in 39 forest fragments in the north of the State of Paraná, southern Brazil. Based on occurrence data of those selected species, the IBI was calculated in each fragment. The IBI values were influenced by the area of forests fragments ($r^2 = 0,34$; $P < 0,01$; $F = 18,02$). The IBI was also correlated with the species number occurring in the forest fragments (Pearson; $r = 0,829$, $P < 0,01$). The largest and more preserved forest fragment presented the highest IBI value (0.85). Therefore, the smaller, isolated and more disturbed forest fragments had the smallest IBI values. It is important to consider that the sensitivity levels of bird species are variable according to different fragmented landscapes; it means that, a previous study to determine the sensitivity levels of bird species is a key factor to an useful IBI. Such procedure can make the IBI an interesting tool for environmental evaluation.

KEY-WORDS: Index of Biotic Integrity, Atlantic forest, fragmented landscapes, conservation.

RESUMO: O Índice de Integridade Biótica (IIB) é baseado em níveis de sensibilidade de aves à fragmentação florestal. Três níveis de sensibilidade são considerados: alto, médio e baixo. No presente estudo, 30 espécies de aves foram selecionadas, 10 em cada nível, e a presença/ausência delas foram verificadas em 39 fragmentos florestais no norte do Estado do Paraná, sul do Brasil. Com base em dados relativos à ocorrência dessas espécies selecionadas, foi calculado o IIB em cada fragmento. Os valores do IIB foram influenciados pela área dos fragmentos florestais ($r^2 = 0,34$; $P < 0,01$; $F = 18,02$). O IIB foi também correlacionado com o número de espécies que ocorrem nos fragmentos florestais (Pearson; $r = 0,829$, $P < 0,01$). O fragmento maior e mais preservado apresentou o maior valor de IIB (0.85). Consequentemente, fragmentos florestais menores, isolados e mais perturbados tiveram os menores valores de IIB. É importante considerar que os níveis de sensibilidade de espécies de aves são variáveis de acordo com as diferentes paisagens fragmentadas; isto significa que, um estudo anterior para determinar os níveis de sensibilidade das espécies de aves é um fator chave para um IIB eficiente. Tal procedimento pode tornar o IIB uma ferramenta interessante para avaliação ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de Integridade Biótica, floresta Atlântica, paisagens fragmentadas, conservação.

A Integridade Biótica representa a habilidade dos sistemas biológicos de funcionar, se manter e desenvolver frente às perturbações antrópicas (Kay 1991, Lyons *et al.* 1995). Ela expressa-se na forma de um índice, o Índice de Integridade Biótica. Um sistema sem perturbação antrópica, supostamente, apresentaria o valor máximo deste Índice. O Índice de Integridade Biótica (IIB)

foi inicialmente elaborado utilizando-se parâmetros (tais como, riqueza taxonômica, guildas de habitat e guildas tróficas) que englobam características estruturais e funcionais de organismos ou comunidades de peixes em pequenos córregos do centro-norte dos Estados Unidos (Karr 1981, Karr e Dudley 1981). Naquele estudo, foram avaliados os valores do IIB em comunidades de

peixes que habitam ambientes com diferentes níveis de degradação, como, poluição da água por contaminantes agrícolas. Posteriormente, o IIB foi adaptado para outros ecossistemas. Lyons *et al.* (1995), por exemplo, adicionaram outros parâmetros, como número de espécies nativas, percentagem de espécies tolerantes e, assim como no presente estudo, número de espécies sensíveis em 27 rios na região centro-oeste do México. Em aves, o IIB foi obtido para ambientes ripários da América do Norte utilizando parâmetros como tolerâncias a distúrbios antrópicos, técnicas de forrageamento, preferência alimentar e estratégias de nidificação de cada espécie de ave dentro das comunidades (Bryce e Hughes 2002, Bryce 2006). Elaborado a partir de dados sobre organização funcional e estrutural e da composição das comunidades em relação aos taxa estudados, o IIB tem sido considerado uma ferramenta quantitativa interessante para análise ambiental (Lyons *et al.* 1995).

A vegetação do norte do Paraná consistia essencialmente de floresta estacional semidecidual. A partir da década de 40, houve um rápido processo de colonização, o que resultou na quase completa substituição das florestas por áreas de cultivo de café (Maack 1981). Devido a este processo, as florestas contínuas foram reduzidas a esparsos fragmentos que correspondem, atualmente, a menos de 1% da área original do norte do Paraná. Processos de extinção de espécies em paisagens florestais fragmentadas têm sido intensivamente investigados e documentados (*e.g.* Debinski e Holt 2000, Purvis *et al.* 2000, Fahrig 2003, Henle *et al.* 2004, Watling e Donnelly 2006). Em muitos grupos taxonômicos, como em aves, existem diferentes níveis de sensibilidade das espécies à fragmentação; claramente, existem espécies mais sensíveis do que outras como demonstrado na região neotropical (Willis 1979, Parker III 1996, Ribon *et al.* 2003, Uezu *et al.* 2005, Anjos 2006, Lee e Peres 2008, Martensen *et al.* 2008). Estudos quantitativos sobre os efeitos da fragmentação florestal sobre a avifauna do norte do Paraná vêm sendo conduzidos há vários anos, o que permite avaliar os processos de extinção de espécies em função do tamanho e isolamento de fragmentos florestais (Anjos 2001a, b, 2002, Anjos *et al.* 2004). A partir desses estudos, as espécies de aves foram categorizadas quanto à sensibilidade à fragmentação florestal da região em três níveis; alta, média e baixa (Anjos 2006).

Neste estudo apresenta-se uma forma de utilizar os níveis de sensibilidade das aves à fragmentação florestal na região norte do Paraná, para a obtenção de um Índice de Integridade Biótica, buscando caracterizar a qualidade dos fragmentos. Assim, a Integridade Biótica de um determinado fragmento florestal pode ser expressa de forma numérica, o que representa uma vantagem pela possibilidade de comparação direta entre os valores do IIB. A hipótese é a de que o IIB seja maior em um fragmento de maior área (ha) e conectado a outros, do que naqueles pequenos

e isolados. Também espera-se que fragmentos com maior riqueza de espécies tenham maior IIB. Esta, provavelmente, é a primeira tentativa de desenvolver um Índice de Integridade Biótica para aves na região Neotropical.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e método de campo: O Índice de Integridade Biótica foi obtido em 39 fragmentos florestais da região norte do Estado do Paraná. Os dados sobre o registro de aves em 14 destes fragmentos florestais foram apresentados em Anjos *et al.* (2004). As denominações destes fragmentos foram mantidas (PG, FA, FB, FC, FD, FE, FG, FH, FI, FJ, FM, FN e FO) exceto no caso de HI, o qual passou a ser denominado de FF (Tabela 1, Anjos *et al.* 2004); todos são fragmentos que ocorrem em zona rural, exceto no caso de FF que está bem próximo à zona urbana da cidade de Ibiporá. Os dados referentes ao registro de aves nos outros 25 fragmentos florestais foram obtidos em campo e apresentados pela primeira vez no presente estudo. Dezoito destes fragmentos florestais ocorrem em zona rural (denominados FR1 a FR18) e três estão inseridos na zona urbana da cidade de Londrina (denominados FU1, FU2 e FU3). Os outros quatro fragmentos florestais são, na realidade, corredores florestais, denominados CA, CB, CC e CD que unem fragmentos. O conjunto destes fragmentos florestais representa uma amostra significativa da paisagem fragmentada do norte paranaense. A área dos fragmentos varia entre 10 ha (FU3) e 832 ha (FR1), sendo que alguns se encontram isolados e outros conectados por corredores florestais (Figura 1). Dados sobre a área (ha) e conectividade (distância em m do fragmento próximo de tamanho similar ou maior; fragmentos com distâncias maiores de 1000 m foram considerados isolados; fragmentos maiores foram utilizados como referência) destes fragmentos são apresentados na Tabela 1, exceto para os corredores florestais. A paisagem predominante no entorno dos fragmentos é composta por agricultura (soja) e pasto, o que, supostamente, a torna pouco permeável para espécies de aves com hábitos florestais.

Todos os fragmentos são constituídos por floresta estacional semidecidual em diferentes estados de conservação; uma descrição mais detalhada desta floresta é apresentada em Anjos (2002). O fragmento melhor conservado é o PG, o qual se constitui em uma Unidade de Conservação (UC), o Parque Estadual Mata dos Godoy. Outros quatro fragmentos são também UCs: FF- Parque Estadual de Ibiporá, FR1- Parque Estadual Mata São Francisco, FU1- Parque Municipal Arthur Thomas e FR11- Parque Estadual de Ibicatu.

As amostragens de aves nos 18 fragmentos rurais (FR1 a FR18), nos quatro corredores florestais (CA, CB, CC e CD) e nos três fragmentos urbanos (FU1, FU2 e FU3) foram realizadas em quatro manhãs, a partir do

TABELA 1: Categoria do fragmento (rural, urbano e corredor); Coordenadas Geográficas; Área (ha); e Conectividade (referência, conectado por corredor florestal ou distâncias menores que 1000 m e isolado); quando isolado, é indicada a distância (m) em relação ao fragmento de porte similar ou maior mais próximo. Um * indica fragmento que são Unidades de Conservação (UC).

TABLE 1: Fragment category (rural, urban, corridor); Geographic Coordinates; Area (ha); and Connectivity (reference, connected by a forest corridor or distances no longer than 1000 m and isolated); when isolated, the distance is indicated in relation of a similar size or larger fragment. A * indicates a fragment that is a Conservation Unit (CU).

Fragmento Florestal	Categoria	Coordenadas Geográficas	Área (ha)	Conectividade
PG*	Rural	S23°27'9,39" O51°15'17,77"	656	Referência
FM	Rural	S23°28'16,66" O51°2'49,87"	564	Referência
FJ	Rural	S23°29'37,33" O51°6'7,80"	393	Referência
FN	Rural	S23°23'41,86" O51°0'55,22"	387	Isolado, 7000 m de FM
FE	Rural	S23°24'22,6" O 51°19'31,8"	350	Isolado, 5600 m de PG
FG	Rural	S23°27'13,83" O51°12'4,21"	285	Conectado c/PG
FI	Rural	S23°30'11,35" O51°4'34,74"	184	Referência
FD	Rural	S23°25'8,14" O51°14'10,84"	87	Isolado, 1200 m de PG
FH	Rural	S23°29'17,95" O51°11'38,35"	72	Conectado c/PG
FO	Rural	S23°26'43,61" O51°0'10,37"	70	Isolado, 3300 m de FM
FF*	Urbano	S23°15'22" O51°01'54"	60	Isolado, 14000 m de FN
FA	Rural	S23°28'8,14 O51°14'19,85"	56	Conectado c/FC
FB	Rural	S23°28'6,31" O51°15'17,1"	25	Conectado c/PG
FC	Rural	S23°28'31,27" O51°15'22,17"	28	Conectado c/FB
FR1*	Rural	S23°09'15,8" O50°34'18,5"	832	Isolado, 74000 m de PG
FR2	Rural	S22°58'42,7" O51°11'1,8"	337	Isolado, 18000 m de FR3
FR3	Rural	S22°58'12,5" O51°24'77"	328	Referência
FR4	Rural	S23°33'50,9" O51°13'8,8"	234	Isolado, 8000 m de PG
FR5	Rural	S22°58'3,3" O51°26'38,3"	165	Conectado c/FR3
FR6	Rural	S23°27'26,43" 51°6'5,76"	128	Isolado, 2500 m de FM
FR7	Rural	S23°0'11" O50°56'44"	106	Isolado, 23000 m de FN
FR8	Rural	S22°59'11,6" O51°23'14"	90	Conectado c/FR3
FR9	Rural	S23°31'7,41" O51°5'24,86"	90	Conectado c/FI
FR10	Rural	S22°59'25,7" O51°25'24,4"	70	Conectado c/FR3
FR11*	Rural	S22°46'49,5" O51°29'21,1"	60	Isolado, 5300 m de um mais próximo
FR12	Rural	S23°22'9,9" O51°4'32,7"	55	Isolado, 4470 m de FN
FR13	Rural	S23°21'57,3" O51°5'51"	55	Isolado, 7000 m de FN
FR14	Rural	S23°0'29,4" O51°24'39,2"	46	Conectado c/FR10
FR15	Rural	S23°22'44,84" O51°14'9,87"	15	Isolado, 2200 m de FD
FR16	Rural	S23°25'41,1" O51°1'54,28"	35	Isolado, 2500 m de FN
FR17	Rural	S23°29'57,3" O51°11'44,2"	21	Conectado c/FH
FR18	Rural	S23°26'44" O51°01'48"	18	Isolado, 1800 m de FM
FU1*	Urbano	S23°20'45,7" O51°8'18,5"	70	Isolado, 12000 m de FG
FU2	Urbano	S23°18'58,6" O51°12'18,5"	22	Isolado, 6000 m de FU1
FU3	Urbano	S23°19'44,6" O51°12'26"	10	Isolado, 6600 m de FU1
CA	Corredor	S23°27'11,9" O51°14'1,3"	6,6	Conecta FB c/PG
CB	Corredor	S23°27'54,1" O51°14'52,5"	0,4	Conecta PG c/CC
CC	Corredor	S23°27'16,7" O51°12'56,2"	4,5	Conecta CC c/FG
CD	Corredor	S23°29'43,2" O51°5'14"	2,6	Conecta FJ c/FI

nascer do sol até cerca de três horas depois, de setembro a dezembro de 2007 nos fragmentos rurais e urbanos, exceto nos corredores florestais, onde foram realizadas de setembro a dezembro de 2000. A transecção percorria, tentativamente, toda a área do fragmento. A identificação das espécies de aves foi realizada de maneira visual e/ou auditiva. Tal procedimento permitiu que o esforço amostral nos fragmentos e corredores fosse similar entre si, o qual corresponde a aproximadamente 12 horas de observações divididas em quatro manhãs.

Obtenção do Índice de Integridade Biótica: Dados já publicados sobre os níveis de sensibilidade à fragmentação florestal de espécies de aves em 14 fragmentos florestais localizados na região sul da cidade de Londrina (23°17'S, 51°15'W), norte do Paraná, (Anjos 2006) foram utilizados para elaboração do IIB. Selecionou-se 10 espécies de cada nível de sensibilidade (alta, média e baixa) dentre as apresentadas em Anjos (2006). O critério para seleção das 30 espécies (Apêndice 1) foi a facilidade de registro auditivo e/ou visual durante primavera e verão. A ocorrência

destas 30 espécies em cada fragmento florestal serviu de base para o cálculo do IIB (Tabela 2).

Para o cálculo do IIB foram usados pesos de forma ponderada de acordo com os níveis de sensibilidade das espécies. Assim, foi atribuído o maior peso (3) às espécies de alta sensibilidade, o intermediário (2) às espécies de média sensibilidade e o menor (1) às espécies de baixa sensibilidade. Para o cálculo do IIB em cada fragmento florestal multiplicou-se o número de espécies sensíveis registradas por três, o número de espécies intermediariamente sensíveis por dois e o número de espécies pouco sensíveis por um; dividiu-se então o somatório dos três valores por 60, como expressa na fórmula abaixo:

$$IIB = \frac{3 \sum_{i=1}^{10} AS_i + 2 \sum_{i=1}^{10} MS_i + \sum_{i=1}^{10} BS_i}{60}$$

AS = número de espécies que apresentam alta sensibilidade à fragmentação florestal;

MS = número de espécies que apresentam média sensibilidade à fragmentação florestal;

BS = número de espécies que apresentam baixa sensibilidade à fragmentação florestal.

O maior valor de IIB obtido no presente estudo foi utilizado então em um segundo cálculo; o fragmento onde foi obtido o maior valor de IIB foi assim considerado

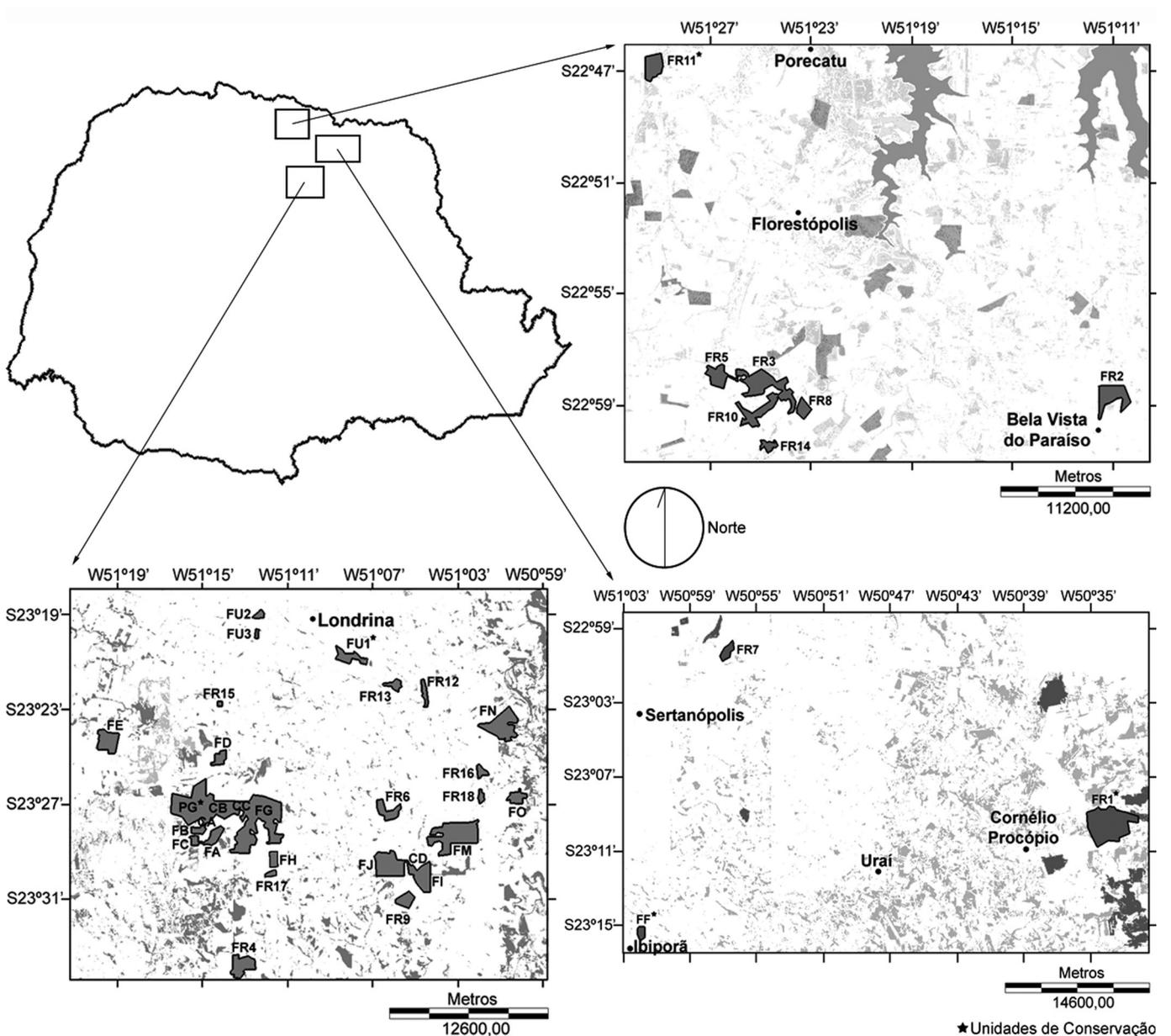


FIGURA 1: Localização das regiões de estudo no Estado do Paraná. Os mapas detalhados mostram os 39 fragmentos florestais amostrados; as coordenadas geográficas dos fragmentos são apresentadas na Tabela 1.

FIGURE 1: Localization of the study areas in the state of Paraná. The detailed maps show the 39 sampled forest fragments; geographical coordinates are showed in Table 1.

TABELA 2: Riqueza (número total de espécies); Número de espécies relacionadas em cada categoria de sensibilidade à fragmentação florestal, de acordo com Anjos (2006) e percentagem destas espécies relacionadas em relação ao total em cada fragmento. Também são apresentados para cada fragmento o Índice de Integridade Biótica (IIB) e a representatividade deste valor em relação ao IIB do parque Estadual Mata dos Godoy (IIB-PG; ver metodologia).

TABLE 2: Richness (total number of species); Number of species related in each category of forest fragmentation sensibility and percentage of these species related in relation to the total of all species in each fragment. The Index of Biotic Integrity is also presented for each fragment and the representation of this value in relation to IBI of Mata dos Godoy State Park (IIB-PG; see method).

Fragmento Florestal	Riqueza	AS	MS	BS	%	IIB	IIB-PG
PG	114	7	10	10	23,7%	0,85	1
FM	102	5	6	8	18,6%	0,58	0,68
FJ	106	3	8	10	19,8%	0,58	0,68
FN	93	2	5	8	16,1%	0,4	0,47
FE	81	0	5	9	17,3%	0,32	0,38
FG	106	4	9	9	20,8%	0,65	0,76
FI	122	7	9	9	20,5%	0,8	0,94
FD	96	0	7	9	16,7%	0,38	0,45
FH	87	0	5	9	16,1%	0,32	0,38
FO	76	0	4	8	15,8%	0,27	0,32
FF	72	0	4	8	16,7%	0,27	0,32
FA	89	0	9	9	20,2%	0,45	0,53
FB	87	1	8	8	19,5%	0,45	0,53
FC	87	0	8	9	19,5%	0,42	0,49
FR1	71	2	8	7	23,9%	0,48	0,56
FR2	65	1	4	3	12,3%	0,23	0,27
FR3	92	2	9	8	20,7%	0,53	0,62
FR4	84	1	8	8	20,2%	0,45	0,53
FR5	72	1	3	7	15,3%	0,27	0,32
FR6	ND*	3	6	9	ND*	0,5	0,59
FR7	63	0	2	5	11,1%	0,15	0,18
FR8	72	1	4	7	16,7%	0,3	0,35
FR9	ND*	2	7	7	ND*	0,45	0,53
FR10	54	1	4	6	20,4%	0,28	0,33
FR11	55	1	3	6	18,2%	0,25	0,29
FR12	62	0	5	7	19,4%	0,28	0,33
FR13	41	0	4	5	22,0%	0,22	0,26
FR14	61	1	4	7	19,7%	0,3	0,35
FR15	38	0	4	6	26,3%	0,23	0,27
FR16	ND*	1	3	7	ND*	0,27	0,32
FR17	53	0	3	8	20,8%	0,23	0,27
FR18	ND*	1	4	6	ND*	0,28	0,33
FU1	84	0	2	6	9,5%	0,17	0,2
FU2	62	0	1	4	8,1%	0,1	0,12
FU3	ND*	0	1	7	ND*	0,15	0,18
CA	101	3	7	8	17,8%	0,52	0,61
CB	102	1	8	9	17,6%	0,47	0,55
CC	89	1	6	8	16,9%	0,38	0,44
CD	104	3	6	8	16,3%	0,48	0,56

como referência. Neste segundo cálculo os valores de IIB de cada fragmento foram divididos pelo valor obtido no fragmento referência. Os fragmentos que obtiveram um IIB até 90% do fragmento referência foram considerados como de alta Integridade Biótica; aqueles com valores abaixo de 90%, porém acima de 60%, foram considerados de Integridade Biótica média. Os fragmentos com valores de IIB abaixo de 60% do fragmento referência foram considerados de baixa Integridade Biótica.

Análises estatísticas: Uma regressão linear simples foi desenvolvida entre o IIB e a área (ha) dos fragmentos. A variável dependente foi o IIB e a variável independente foi a área do fragmento. Para atender a homogeneidade da variância transformamos os dados da área (ha) dos fragmentos em uma função logarítmica. Correlação (Pearson) entre o IIB e a riqueza dos fragmentos também foi obtida. Para a regressão e correlação utilizou-se o programa SYSTAT 8.0. Os corredores florestais foram excluídos

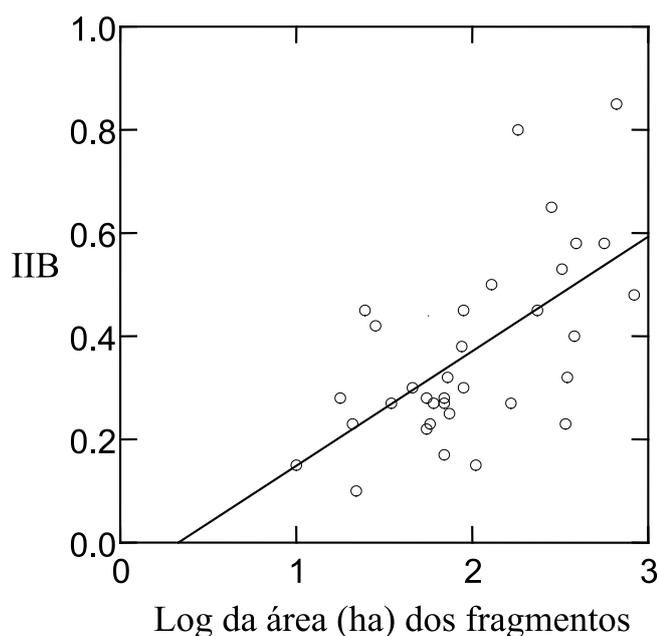


FIGURA 2: Regressão entre os valores de IIB e a área dos fragmentos. Para atender a homogeneidade da variância transformamos os dados de área (ha) em uma função logarítmica.

FIGURE 2: Regression between IBI values and fragments areas (ha). To take care of the homogeneity of the variance we transformed the area data (ha) in a logarithmic function.

em ambas as análises. Em alguns fragmentos (FR6; FR9; FR16; FR18 e FU3) não foram obtidos dados de riqueza, estes fragmentos foram excluídos da análise de correlação.

RESULTADOS

O maior IIB foi obtido em PG (0,85), o qual foi considerado como fragmento referência para o presente estudo. O segundo fragmento florestal com maior IIB foi o FI (0,80). O menor valor de IIB foi encontrado em um fragmento urbano (FU2, com 0,1). Os corredores florestais apresentaram valores de IIB entre 0,38 e 0,52 (Tabela 2).

Utilizando o PG como referência, apenas um fragmento, FI, apresentou uma Integridade Biótica alta (0,94). Cinco fragmentos (FM, FJ, FG, FR3 e CA) apresentaram uma Integridade Biótica média e os outros 32 fragmentos apresentaram Integridade Biótica baixa (Tabela 2).

A regressão entre o tamanho dos fragmentos e seus valores de IIB mostrou, como esperado, a existência de uma relação positiva ($r^2 = 0,34$; $P < 0,01$; $F = 18,02$). Assim houve a tendência de alto valor de IIB em fragmentos florestais maiores (Figura 2). Também houve correlação entre a riqueza (número de espécies de aves) e o IIB (Pearson; $r = 0,829$, $P < 0,01$).

Nos fragmentos estudados, as 30 espécies de aves relacionadas representaram aproximadamente 20% da

riqueza. Essa representatividade variou de 8,1% a 23,9% (Média \pm DP : $18,07 \pm 3,85$, $n = 34$), os valores os quais se afastaram dessa média, foram dois fragmentos urbanos, os quais obtiveram um valor em torno de 9% (9,5% e 8,1%; respectivamente FU1 e FU2).

DISCUSSÃO

Os valores de IIB obtidos foram coerentes com o conhecimento disponível sobre os efeitos da fragmentação florestal (Debinski e Holt 2000, Fahrig 2003). O maior valor de IIB foi obtido no maior fragmento florestal o qual é, ao mesmo tempo, o melhor conservado, o PG. O FR1 (com 832 ha) é maior que PG (656 ha), porém grande parte dele (em torno de 40%) é constituído por mata secundária em avançado estado de recuperação. O outro único fragmento florestal considerado neste estudo como de alta Integridade Biótica (tendo como referência o PG) é o FI, o qual não pode ser considerado de grande porte (184 ha), porém está ligado por um corredor florestal ao FJ (393 ha), o que soma uma área total de 577 ha (Figura 1). Tamanho e isolamento são variáveis que influenciam na persistência das espécies nos fragmentos (Karr 1982, Bierregaard e Stouffer 1997, Stratford e Stouffer 1999). Uezu *et al.* (2005) analisaram como o tamanho do fragmento e seu grau de conectividade (estrutural e funcional) explicam variações da abundância de sete espécies de aves em uma paisagem fragmentada na região de Ibiúna (próxima à cidade de São Paulo). Naquele estudo a abundância em espécies de aves frugívoras foi mais afetada pela variação do tamanho do fragmento enquanto que insetívoras tiveram a conectividade como fator mais importante (Uezu *et al.* 2005). Na mesma região de Ibiúna, desta vez englobando 62 espécies, Martensen *et al.* (2008) demonstraram que a área do fragmento e sua conectividade (existência de corredor ou distância ao fragmento mais próximo) influenciam diferentemente grupos funcionais de aves. No presente estudo os valores de IIB foram baixos justamente em fragmentos pequenos e mais isolados (FR11; FR12; FR13; FR15; FR16 e FR18). Nos fragmentos urbanos (FU1, FU2, FU3), os quais são menos conservados que os rurais, além de também serem pequenos e isolados, o IIB atingiu os menores valores.

A permeabilidade da paisagem no entorno dos fragmentos influencia na riqueza de espécies, como sugerido em estudo desenvolvido na região amazônica (Antogiovani e Metzger 2005). A paisagem no entorno dos fragmentos estudados no norte do Paraná é pouco permeável às aves, o que salienta o efeito do isolamento. Uma paisagem mais permeável, supostamente, influenciaria em um maior número de espécies e, eventualmente, em maior valor de IIB dos fragmentos.

O IIB se mostrou correlacionado com a riqueza de aves dos fragmentos, o que seria esperado, pois locais com

alto número de espécies também apresentam uma grande porcentagem de espécies sensíveis (Anjos 2006), o que aumenta o valor do Índice. A vantagem de utilizar o IIB ao invés da riqueza de espécies do fragmento para caracterização da Integridade Biótica está na maior facilidade de treinamento de pessoal na identificação de um menor número de espécies de aves. No presente estudo foram relacionadas 30 espécies de aves, dentre a cerca de 250 que ocorrem no conjunto dos fragmentos. Um programa de monitoramento pode ser implantado, por exemplo, com um treinamento específico para identificação de poucas espécies de aves, as quais não são de grande dificuldade para registro em campo.

O esforço amostral é uma importante variável a ser considerada para obtenção do IIB. Em estudo anterior no PG, demonstrou-se que quatro manhãs de amostragem, utilizando o método por pontos, é eficiente para o registro de uma considerável proporção de espécies de aves (Anjos 2007). Em Anjos (2007) demonstrou-se que uma das espécies relacionadas neste estudo, *Aratinga auricapillus*, foi registrada em todos os quatro dias de amostragem, a qual pode ser considerada de ocorrência regular e uma importante indicadora biológica. Assim, considera-se que quatro manhãs de amostragem são necessárias para a composição do IIB. Sugere-se que as amostragens devem ser realizadas na primavera/verão onde a atividade das aves é alta. Devido à atividade vocal de certas espécies estar concentrada no amanhecer, como por exemplo, em *Tinamus solitarius* e *Crypturellus undulatus* (Sick 1997), sugere-se que as amostragens devam começar logo com o nascer do sol. Uma ferramenta que poderia aumentar a detecção das espécies de aves e assim melhorar a potencialidade das amostragens é a gravação do som das espécies. Isto é, utilizar gravações das espécies selecionadas na composição do IIB para estimular a manifestação vocal das aves e facilitar o registro delas, um procedimento aplicado por Boscolo *et al.* (2006).

Além da avaliação entre fragmentos, o IIB pode ser usado no monitoramento ambiental, podendo atuar como um indicador de degradação ou recuperação. Alterações significativas no valor do IIB, as quais refletiriam em alterações na comunidade ao longo do tempo, poderiam ser compreendidas como sinais de degradação florestal (degradação do habitat que leva a alterações na estrutura da comunidade de determinado local com perda de espécies) ou de recuperação (no caso de uma mata secundária ou de uma área degradada colonizada por espécies de aves florestais).

Na elaboração do IIB para comunidades de peixes em córregos da América do Norte utilizou-se um total de 12 parâmetros biológicos (Karr 1981). No presente estudo utilizou-se apenas um parâmetro, o da sensibilidade de aves à fragmentação florestal; considera-se, entretanto, que esta sensibilidade é o resultado do conjunto de fatores bióticos e abióticos limitantes, sendo uma expressão do conjunto de parâmetros apresentados por Karr (1981).

Embora o IIB apresentado tenha sido desenvolvido para a região de Londrina, sua aplicabilidade pode ser mais ampla englobando a região norte do Paraná; acredita-se que, neste caso, a sensibilidade das espécies seja similar. Para que seja aplicado adequadamente em outras paisagens fragmentadas, entretanto, é necessário que seja determinado previamente o nível de sensibilidade à fragmentação florestal das espécies de aves na região em questão. Tal procedimento é crítico porque o nível de sensibilidade das espécies de aves à fragmentação florestal pode ser diferente em diferentes regiões, como demonstrado em Anjos (2006), quando as paisagens fragmentadas das regiões de Londrina (Paraná) e de Viçosa (Minas Gerais) foram comparadas. Para avaliar a aplicabilidade do procedimento sugerido no presente estudo, foi obtido o IIB de um fragmento florestal de 1.451 ha (22°45'S e 48°09'O), localizado na Fazenda Barreiro Rico no município de Anhembi, São Paulo, que está relativamente distante do norte do Paraná, utilizando a lista de espécies apresentada em Antunes (2005). Por ser de grande porte o valor do IIB deveria ser alto, o que não se confirmou, atingindo apenas 0,47. A explicação pode ser justamente o fato de tratar-se de uma outra paisagem fragmentada, eventualmente com processos evolutivos distintos, onde as sensibilidades das espécies à fragmentação florestal são provavelmente diferentes daquelas a elas atribuídas no norte do Paraná. Uma explicação alternativa seria o histórico de degradação ambiental da Fazenda Barreiro Rico, a qual é descrita em Antunes (2005). Assim, os dados apresentados no presente estudo sugerem a importância do IIB, porém recomendam cautela em sua utilização.

AGRADECIMENTOS

O Instituto Ambiental do Paraná (IAP) permitiu e apoiou o presente estudo nas Unidades de Conservação, especialmente no Parque Estadual Mata dos Godoy (permissões 36/07; 51/07). Agradecemos também aos proprietários rurais onde se situam os outros fragmentos florestais estudados. O primeiro autor recebe Bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq (processo 302556/2004-4). Sugestões de dois revisores anônimos melhoraram substancialmente a versão final deste manuscrito.

REFERÊNCIAS

- Anjos, L. dos. (2001a). Birds communities in five Atlantic forest fragments in Southern Brazil. *Ornitologia Neotropical*, 12:11-27.
- Anjos, L. dos. (2001b). Comunidades de aves florestais: implicações na conservação, p. 17-37. Em: J. L. B. Albuquerque, J. F. Cândido Jr.; F. C. Straube e A. L. Roos (eds.). *Ornitologia e Conservação: da Ciência às estratégias*. Tubarão: Unisul.
- Anjos, L. dos. (2002). Forest bird communities in the Tibagi River Hydrographic Basin, Southern Brazil. *Ecotropica*, 8:67-79.
- Anjos, L. dos. (2006). Bird species sensitivity in a fragmented landscape of the Atlantic forest in southern Brazil. *Biotropica*, 38:229-234.

- Anjos, L. dos. (2007).** A eficiência do método de amostragem por pontos de escuta na avaliação da riqueza de aves. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 15(2):239-243.
- Anjos, L. dos.; Zanette, L. e Lopes, E. D. (2004).** Effects of fragmentation on the bird guilds of Brazilian Atlantic Forest in the north Paraná, southern Brazil. *Ornitologia Neotropical*, 15(Suppl):137-144.
- Antongiovanni, M. e Metzger, J. P. (2005).** Influence of matrix on the occurrence of insectivorous bird species in Amazonian forest fragments. *Biological Conservation*, 122:441-451.
- Antunes, A. Z. (2005).** Alterações na composição das comunidades de aves ao longo do tempo em um fragmento florestal no sudeste do Brasil. *Anarajuba*, 13:47-61.
- Bierregaard, R. O. e Stouffer, P. C. (1997).** Understory birds and dynamic habitat mosaics in Amazonian rainforests, p. 138-155. Em W. E. Laurance e R. O. Bierregaard Jr. (eds) *Tropical forests remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press, Chicago.
- Boscolo, D.; Metzger, J. P. e Vielliard, J. M. E. (2006).** Efficient of playback for assessing the occurrence of five bird species in Brazilian Atlantic Forest fragments. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 78:629-644.
- Bryce, S. A. (2006).** Development of a Bird Integrity Index: Measuring Avian response to disturbance in the Blue Mountains of Oregon, USA. *Environmental Management*, 38:470-486.
- Bryce, S. A. e Hughes, R. M. (2002).** Development of a Bird Integrity Index: Using Bird Assemblages as Indicators of Riparian Condition. *Environmental Management*, 30:294-310.
- CBRO – Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. (2008).** Lista das aves do Brasil. Versão 05/10/2008. www.cbro.org.br (Acesso em 04/04/2009).
- Debinski, D. M. e Holt, R. D. (2000).** A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biology*, 14:342-355.
- Fahrig, L. (2003).** Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34:487-515.
- Henle, K.; Davies, K. F.; Kleyer, M.; Margulis, C. e Settele, J. (2004).** Predictors of species sensitivity to fragmentation. *Biodiversity Conservation*, 13:207-251.
- Karr, J. R. (1981).** Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, 6:21-27.
- Karr, J. R. (1982).** Avian extinction on Barro Colorado island, Panama: a reassessment. *American Naturalist*, 119:220-239.
- Karr, J. R. e Dudley, D. R. (1981).** Ecological perspective on water quality. *Environmental Management*, 5:55-68.
- Kay, J. J. (1991).** A non-equilibrium thermodynamic framework for discussing ecosystem integrity. *Environmental Management*, 15:483-495.
- Lee, A. C. e Peres, C. A. (2008).** Conservation value of remnant riparian Forest corridors of varying quality for Amazonian birds and mammals. *Conservation Biology*, 22:439-449.
- Lyons, J.; Navarro-Perez, N.; Cochran, P. A.; Santana, E. e Guzmán-Arroyo, M. (1995).** Index of biotic integrity based on fish assemblages for the conservation of streams and rivers in West-central Mexico. *Conservation Biology*, 9:569-584.
- Maack, R. (1981).** *Geografia física do Estado do Paraná*. Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte.
- Martensen, A. C.; Pimentel, R. C. e Metzger, J. P. (2008).** Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic rain Forest: implications for conservation. *Biological Conservation*, 141:2184-2192.
- Parker III, T. A. (1996).** Birds and Vegetation Distribution and Threat. Em: D. F. Stotz, T. A. Parker III, J. N. Fitzpatrick, D. K. Moskovits *Neotropical Birds: Ecology and Conservation*. Chicago University of Chicago Press.
- Purvis, A.; Jones, K. E. e Mace, G. M. (2000).** Extinction *BioEssays*, 22:1123-1133.
- Ribon, R.; Simon, J. E. e Mattos, G. T. (2003).** Bird extinctions in Atlantic forest fragments of the Viçosa region, southeastern Brazil. *Conservation Biology*, 17:1827-1839.
- Sick, H. (1997).** *Ornitologia Brasileira*. Rio de Janeiro Editora Nova Fronteira.
- Stratford, J. A. e Stroffer, P. (1999).** Local extinctions of terrestrial insectivorous birds in a fragmented landscape near Manaus, Brazil. *Conservation Biology*, 13:1416-1423.
- Uezu, A.; Metzger, J. P. e Vielliard, J. M. E. (2005).** Effects of structural and functional connectivity and patch size on the abundance of seven Atlantic Forest bird species. *Biological Conservation*, 123:507-519.
- Watling, J. I. e Donnelly, M. A. (2006).** Fragments as islands: a synthesis of faunal responses to habitat patchiness. *Conservation Biology*, 20:1016-1025.
- Willis, E. O. (1979).** The composition of avian communities in remanescent woodlots in southern Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 33:1-25.

Apêndice 1: Espécies de aves as quais foram verificada presença/ausência nos fragmentos florestais. Organizadas de acordo com seus níveis de sensibilidade à fragmentação florestal, conforme Anjos (2006), com seus respectivos pesos atribuídos. A taxonomia segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (2008).

Appendix 1: Bird species which the presence/absence was verified in forest fragments. Arranged according to their levels of sensitivity to forest fragmentation, as Anjos (2006), with their assigned weights. The taxonomy follow the Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (2008).

Alta Sensibilidade (Peso 3)

*Tinamus solitarius; Crypturellus undulatus; Aratinga auricapillus; Pionopsitta pileata; Trogon rufus; Pteroglossus baillo-
ni; Pteroglossus aracari; Campephilus robustus; Drymophila rubricollis; Grallaria varia.*

Média Sensibilidade (Peso 2)

*Aratinga leucophthalma; Trogon surrucura; Baryphthengus ruficapillus; Ramphastos dicolorus; Selenidera maculirostris;
Melanerpes flavifrons; Chamaeza campanisona; Sittasomus griseicapillus; Xiphocolaptes albicollis; Chiroxiphia caudate.*

Baixa Sensibilidade (Peso 1)

*Crypturellus obsoletus; Crypturellus parvirostris; Thamnophilus caerulescens; Pyriglena leucoptera; Conopophaga line-
ata; Automolus leucophthalmus; Cyclarhis gujanensis; Trichothraupis melanops; Basileuterus culicivorus; Basileuterus
leucoblepharus.*