**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Centro de Energia Nuclear na Agricultura**

**Amostragem de avifauna urbana por meio de pontos fixos:
verificando a eficiência do método**

Eduardo Roberto Alexandrino

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Ecologia Aplicada**

**Piracicaba
2010**

Eduardo Roberto Alexandrino
Licenciado e Bacharel em Ciências Biológicas

**Amostragem de avifauna urbana por meio de pontos fixos:
verificando a eficiência do método**

Orientador:
Prof. Dr. HILTON THADEU ZARATE DO COUTO

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Ecologia Aplicada**

Piracicaba
2010

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Alexandrino, Eduardo Roberto

Amostragem de avifauna urbana por meio de pontos fixos: verificando a eficiência do método / Eduardo Roberto Alexandrino. - - Piracicaba, 2010.
97 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 2010.

1. Amostragem 2. Aves 3. Avifauna 4. Monitoramento ambiental 5. Piracicaba (SP)
6. Urbanização. I. Título

CDD 598.2
A382a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Alexandrino, Eduardo Roberto

Amostragem de avifauna urbana por meio de pontos fixos: verificando a eficiência do método / Eduardo Roberto Alexandrino. - - Piracicaba, 2010.
97 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 2010.

1. Amostragem 2. Aves 3. Avifauna 4. Monitoramento ambiental 5. Piracicaba (SP)
6. Urbanização. I. Título

CDD 598.2
A382a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano”
“Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes”
Isaac Newton

AGRADECIMENTOS

O início, o durante, e a efetivação deste trabalho só foi possível graças ao apoio incontestável de várias pessoas que conviveram (e ainda convivem) comigo.

Primeiramente, um agradecimento especial ao meu querido pai, Sr. Luiz Alexandrino, do qual sempre acreditou em meus objetivos, nunca duvidou de minha capacidade e inteligência e jamais negou apoio nos meus momentos difíceis. É por isso que sempre fiz questão dele ser o primeiro em saber de minhas conquistas.

Agradecimento à minha querida mãe, Sra. Maria Del Carmem, que apesar da dor da distância, soube me apoiar e entender o porquê desta.

Aos meus queridos irmãos, Ana Paula, Renata, Luiz, Luiz Eduardo e Neto, que apesar da distância sempre mantivemos nossos laços fraternos. Ao meu cunhado Ricardo. Aos meus sobrinhos incríveis Eric e Melina, que durante as brincadeiras em épocas de férias sempre me encheram de alegria, e depois de saudades.

Agradecimento especial a todos meus familiares, que também sempre estiveram ao meu lado, compartilhando comigo uma alegria enorme que sempre me dera ânimo novo para continuar a seguir em frente com meus objetivos. A Maria, esposa do meu pai, por todo apoio.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Prof. Dr. Hilton Thadeu Zarate do Couto pela confiança depositada em mim desde minha época de graduação, por todo apoio nas horas de dificuldades e por permitir que eu amadurecesse profissionalmente errando e aprendendo.

À minha co-orientadora Prof. Dra. Katia M.P.M.B Ferraz, um agradecimento de coração, que foi a precursora de praticamente toda a minha vida na ecologia. Seus ensinamentos, conselhos, “puxões de orelha” e, logicamente, a sua amizade, me ajudaram tornar o profissional que sou hoje.

Ao Prof.Dr. Demóstenes Ferreira da Silva Filho, por todo apoio nos meus primeiros meses de mestrado, pelo aprendizado, e por me apresentar a famosa classificação supervisionada.

Aos professores de todas as disciplinas cursadas durante meu mestrado.

A todos os colegas pós-graduando e alunos da graduação que conviveram comigo no Laboratório de Métodos Quantitativos enquanto estive realizando o mestrado; Rodrigo, Francisco Rollo, Luciana, Tiana, Sâmia, Tito, Marcos, Jaime, Camila, Gabriele, Maurício, Pérsio, Melissa, Edgar, Juliana, Rafael Girão, Ramon, Daniela e Bolinho.

Ao, agora, Dr. Jefferson, um agradecimento mais que merecido, por todo apoio no laboratório, pelas resoluções dos problemas tecnológicos do mundo atual e, logicamente, pela amizade.

Ao colega ornitólogo, Msc. Julio Cesar da Costa, por me apresentar essa belíssima linha de pesquisa. Agradeço de coração todos os ensinamentos na arte da identificação de aves e pelas ricas experiências em campo.

Aos demais colegas Paula Martin (Martini), Paula (Bell), pela amizade e por compartilhar algumas aventuras no início de tudo.

Aos estagiários que apesar de minha dificuldade de acompanhá-los foi uma enorme mão na roda no início das pesquisas; Camila, Caroline, Fernando, Karen, Myldred, Cristiane e Alex.

A minha querida colega bióloga esalqueana, Maria Juliana (Anaruxa), da qual sempre estive ao meu lado, me apoiando, torcendo e comemorando junto comigo a cada conquista alcançada. Te amo muito! Sou muito grato também a todos os seus familiares por todo apoio na minha vida em Piracicaba.

A todos da república Na-t-Iha que desde a graduação compartilhamos momentos alegres e companheirismo.

À CAPES pela bolsa mestrado concedida, apesar de ter sido por um curto período, foi praticamente essencial.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	15
1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Área de estudo.....	27
3.2 Delineamento amostral	29
3.3 Coleta de dados.....	33
3.3.1 Levantamento quantitativo dos elementos urbanos.....	33
3.3.2 Amostragem das aves urbanas	40
3.3.3 Intervalo de coleta de dados por ponto fixo e período do estudo	41
3.3.4 Quantificação das fontes de desatenção do observador	42
3.4 Análise de dados	43
3.4.1 Classificação supervisionada das imagens aéreas	44
3.4.2 Esforço amostral	44
3.4.3 Contagem de aves na presença de diferentes elementos urbanos	45
3.4.4 Intervalo de coleta de dados por ponto fixo	45
3.4.5 Período do ano	45
3.4.6 Fontes de desatenção do observador	46
4 RESULTADOS.....	47
4.1 Classificação supervisionada das imagens aéreas.....	47
4.2 Esforço amostral	47
4.3 Contagem de aves na presença de diferentes elementos urbanos	49
4.4 Intervalo de coleta de dados por ponto fixo	53
4.5 Período do ano	55
4.6 Fontes de desatenção do observador.....	56
5 DISCUSSÕES	59

5.1 Esforço amostral.....	59
5.2 Contagem de aves na presença de diferentes elementos urbanos.....	60
5.3 Intervalo de coleta de dados por ponto fixo.....	62
5.4 Período do ano.....	65
5.5 Fontes de desatenção do observador	67
6 CONCLUSÕES	71
REFERÊNCIAS	73
APÊNDICES	87
ANEXO	95

RESUMO

Amostragem de avifauna urbana por meio de pontos fixos: verificando a eficiência do método

A urbanização é uma das ações antrópicas que mais crescem no mundo atual. Por este motivo pesquisas ecológicas são realizadas nas cidades com o objetivo de reconhecer seus impactos, e as aves são utilizadas como uma das ferramentas para diagnóstico ambiental. Assim, o presente estudo avaliou o método de levantamento de aves por ponto fixo, método amplamente utilizado em estudos com aves em diversos ambientes. Foram analisados três pontos que podem influenciar a amostragem de aves através deste método: 1) o habitat onde o levantamento é realizado, observando a composição dos elementos urbanos existentes na cidade; 2) o intervalo de tempo adotado em cada ponto fixo para a coleta de dados; 3) os fatores potencialmente prejudiciais a observação de aves, tais como o ruído sonoro urbano e a presença de conversas causadas por pessoas curiosas. Com a área de estudo estratificada a partir da quantidade de cobertura arbórea existente nos bairros abrangidos, 90 unidades amostrais foram selecionadas. Nestes, foram quantificados os elementos urbanos presentes, a riqueza, o número de contato de aves, os ruídos sonoros e a presença de conversas. Os resultados demonstraram que a reunião de um número maior de espécies e contatos pode ser favorecida pelas áreas de cobertura arbórea, enquanto áreas construídas e pisos impermeáveis podem prejudicar o número de espécies, sendo o número de contato prejudicado apenas pelas áreas de pisos impermeáveis. O número de espécies observadas não foi significativamente diferente após nove minutos de coleta de dados, entretanto o número de contatos continuou crescendo, demonstrando haver recontagens de indivíduos após este intervalo. A riqueza de espécies foi significativamente diferente entre os dados coletados no período seco e no período chuvoso. Conforme houve a maior presença do ruído sonoro urbano menor foi o número de espécies e contatos obtidos nos pontos. A incidência de conversas ocasionadas por pessoas curiosas foi baixa não prejudicando as coletas de dados. Os resultados encontrados sugerem que: o levantamento de aves no meio urbano através do ponto fixo deve considerar a composição do ambiente, já que a riqueza e o número de contato podem variar de acordo com a presença dos diferentes elementos; sejam adotados intervalos de tempo por ponto não superiores a nove minutos; quando possível diferentes épocas do ano devem ser utilizadas para as coletas de dados, visto que podem ser encontradas diferenças entre as estações; sejam escolhidos locais e momentos para as coletas de dados com baixo ruído sonoro. Por fim, o método de ponto fixo foi considerado eficaz para amostragem de aves urbanas, desde que tais cuidados sejam considerados.

Palavras-chave: Aves urbanas; Ruído urbano; Esforço amostral; Amostragem estratificada; Classificação automática supervisionada

ABSTRACT

Urban birds sampling by point counts: checking the method efficiency

The urbanization is one of the anthropic activities with the highest growth rate in the world. Due to this reason, ecological research are conducted in the cities with the goal of recognizing its impacts, using birds as one of the tools to assess the environmental diagnosis. Therefore, the present study assessed the samples by point counts method, which is broadly used for bird census in many environments. Three issues that might affect the sampling of the birds by using this method were analyzed: 1) the habitat where the sampling is performed, observing the urban elements presented in the city; 2) the period of point count duration spent in each sample; 3) the potential factors which disturb the birds detectability, as urban noise and presence of curious citizens who can talk to the researcher in the point count. The research area was stratified from the amount of tree canopies in the selected suburbs, where 90 sample units were selected. In these units, the presence of urban elements, the richness, the number of birds contacts, the noise and the presence of conversations were quantified. The results showed that the number of species and contacts can be benefited from the tree canopy area, while build up areas and impermeable grounds may harm the number of species, although the contact number is harmed only by the impermeable grounds. The number of observed species did not differ significantly after nine minutes of sample period, however the number of contacts kept increasing, demonstrating a repeated counting birds after this interval. The species richness was significantly different between the samples collected in dry and wet seasons. As the urban noise increased, a lower number of species and birds contacts was acknowledged. The incidence of conversation performed by curious people was low, not being able to harm the sample collection. The results suggest that: the bird survey inside the cities by point counts should consider the composition of environment, since the richness and the number of birds contacts can vary according to the presence of different elements; the time of interval should not exceed nine minutes; when possible, different annual seasons should be used for sampling, since differences may be found among them; places and moments for the sampling should be chosen with a low noise. Finally, the point counts method was considered efficient for the sampling of urban birds, provided that such care are considered.

Keywords: Birds census; Urban noise; Sampling effort; Stratified sampling; Automatic supervised classification

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Localização do município de Piracicaba/SP no estado de São Paulo e em destaque a área utilizada para o estudo 28
- Figura 2 - Sequência de seleção dos pontos definitivos dentro de cada estrato delimitado..... 31
- Figura 3 - Etapas seguidas para o delineamento amostral. Fotografia de: Base Aerofotogrametria..... 32
- Figura 4 - Exemplo das etapas realizadas para a quantificação dos elementos urbanos presentes em cada uma das 90 unidades amostrais. Todas as faixa de vôo e cenas utilizadas no estudo seguiram as mesmas etapas 39
- Figura 5 - Curva de acúmulo de espécies para as 535 coletas de dados realizadas na área de estudo. Valor do estimador não paramétrico Jackknife 1º ordem indicado diretamente no gráfico 49
- Figura 6 - Porcentagem de presença dos elementos urbanos em relação a soma das áreas dos 90 polígonos utilizados no estudo..... 50
- Figura 7 - Porcentagem de presença dos quatro elementos urbanos mais presentes na cidade em cada unidade amostral. Áreas circuladas indicam unidades amostrais com presença destes elementos urbanos diferente ao encontrado para a área de estudo total..... 51
- Figura 8 - Incremento do número médio de espécies (A) e número médio de contato (B) com os respectivos desvios padrões, a cada três minutos adicionados nas coletas de dados. Gráficos (C) e (D) mostram os valores absolutos obtidos em cada acréscimo de intervalo 54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de elementos urbanos utilizado no presente estudo e os critérios para a formulação de cada	38
Tabela 2 - Valores apresentados pela estatística Kappa e acurácia por meio do software TNT mips 2009 após cada classificação automática supervisionada realizada às cenas e faixas de vôos utilizadas no estudo.....	47
Tabela 3 - Correlação de Sperman (r) entre riqueza e número de contato às aves com os elementos urbanos	52
Tabela 4 - Comparações entre riqueza e número de contato acumulado de toda área de estudo, conforme o acréscimo de 3 minutos nas coletas de dados. Valores do X^2 resultantes do teste de Kruskal-Wallis em itálico e valor de p logo abaixo. Resultado destacado indica não haver diferença significativa entre os dados provenientes dos intervalos analisados.....	55
Tabela 5 - Teste de comparação de médias através do teste Tukey com informações da análise de variância para riqueza e número de contato obtidos em diferentes período do ano	55
Tabela 6 - Riqueza específica e número de contato observado durante o período chuvoso e seco.....	56
Tabela 7 - Análise de correlação de Sperman entre ruído sonoro e riqueza e número de contato às aves obtidos na área total de estudo	56
Tabela 8 - Teste de comparação de médias através do teste Tukey com informações da análise de variância para riqueza e número de contato obtidos em observações realizadas na presença e ausência de conversa	57

1 INTRODUÇÃO

As cidades, sobre o ponto de vista ecológico, perfazem um dinâmico e complexo ecossistema, o ecossistema urbano (GILBERT, 1989; ADAMS, 1994). Este ambiente único com características próprias encontra-se em constante crescimento. Estima-se que a população urbana no mundo atinja 53,5% da população mundial em 2015, e para o mesmo ano estima-se que 88,4% dos brasileiros estejam vivendo nas cidades (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2005). Logo, nas últimas décadas este ecossistema tem sido foco de muitos estudos que visaram examinar seu o impacto potencial na biodiversidade (MIDDLETON, 1994; WACKERNAGEL; REES, 1996) e, conjuntamente, no ecossistema global (McDONNELL; PICKETT, 1990; REES, 1997).

A urbanização é a maior causadora de alterações permanentes nos ambientes naturais. A cidade mantém uma baixa taxa de similaridade à paisagem original, tornando o ambiente dificilmente recuperável ao que era antes (MARZLUFF; EWING, 2001; McKINNEY, 2002). Com o avanço da ocupação urbana, a fragmentação dos habitats originais pode ser extrema acarretando alterações a todos os níveis ecológicos e aos organismos envolvidos (SAUNDERS; HOBBS; MARGULES, 1991; SAVARD; CLERGEAU; MENNECHEZ, 2000). Assim, casos de homogenização biótica (*biotic homogenization*) são relatados em cidades, onde poucas espécies se adaptam às novas condições ambientais impostas pela urbanização (BLAIR, 2001; CLERGEAU et al., 2006; McKINNEY, 2006; van RENSBURG; PEACOCK; ROBERTSON, 2009).

Neste contexto, são crescentes as pesquisas ecológicas que visam reconhecer os impactos da urbanização nos diferentes grupos de fauna e flora viventes no meio urbano. Estes estudos buscam também identificar medidas mitigadoras que auxiliem a manutenção de uma maior biodiversidade e auto suficiência das mesmas (LIMA FILHO; MEDEIROS, 2006; BRUN; LINK; BRUN, 2007), além de reconhecer e prover subsídios que evitem a explosão demográfica de possíveis espécies pragas, como pardais, pombos domésticos, morcegos e ratos, animais relatados por Conover (1997) como causadores de problemas em cidades norte americanas. Alguns exemplos de estudos são apresentados: pesquisando a flora nativa existente (MAURER; PESCHEL;

SCHMITZ, 2000; DANTAS; SOUZA 2004); insetos e outros artrópodes (BLAIR; LAUNER, 1997; ÖCKINGER; DANNESTAM; SMITH, 2009); peixes (OLIVEIRA; BENNEMANN, 2005); herpetofauna (BURGER, 2003; JELLINEK; DRISCOLL; KIRKPATRICK, 2004); mamíferos (GEHRT; CHELSVIG, 2003). Em relação às aves, este tem sido o grupo da fauna mais pesquisado nas cidades. O elevado número de espécies sinantrópicas com hábitos conspícuos, e a sua fácil observação visual e vocal favorecem a reunião rápida de dados ricos para a realização de diversas pesquisas ecológicas, quando comparada com os demais grupos da fauna (KONISHI et al., 1989; SANTOS, 1994; BIBBY et al., 2000, REYNAUD; THIOULOUSE, 2000; TURNER, 2003).

As aves possuem uma elevada sensibilidade a alterações nas estruturas e composições do habitat, tornando-se excelentes indicadoras de estresses no ecossistema urbano (SAVARD; FALLS, 1981; CLERGEAU et al., 1998), e também em demais ecossistemas (STOTZ et al., 1996; BIBBY et al., 2000; VIELLIARD, 2000).

Porém, mesmo com vários estudos já realizados, Marzluff (2001) salienta a necessidade da continuidade de pesquisas com a avifauna dentro deste ecossistema, justamente pelo fato de existirem diferentes políticas e estratégias de manutenção e crescimento entre as cidades, sendo gerados cenários diferentes em cidades distintas (e.g., LOSS; RUIZ; BRAWN, 2009).

O reconhecimento das áreas pobres em biodiversidade pode ser útil para os futuros planejamentos urbanos que visem um maior suporte à biodiversidade. Conseqüentemente, prover condições que permitam uma manutenção da mesma pode também refletir em uma melhoria na qualidade de vida dos seres humanos (ADAMS, 1994; MIDDLETON 1994; SAVARD; CLERGEAU; MENNECHEZ, 2000) já que a natureza urbana pode ser apreciada pelos seus residentes (GILBERT, 1982; CLERGEAU et al., 2001) sendo importante para a recreação e o bem estar dos mesmos (VANDRUFF et al., 1995), além de propiciar a aplicação da educação ambiental (SUKOOP; WERNER, 1991).

Com esta riqueza de informações que o estudo de avifauna pode apresentar sobre as cidades, um trabalho deste gênero deve ser muito bem planejado e realizado, a fim de evitar erros e resultados não confiáveis.

Dentre os métodos de coleta de dados de aves existentes destaca-se o método de ponto fixo (RALPH; SAUER; DROEGE, 1995; BIBBY et al., 2000), método amplamente empregados em estudos com avifauna terrestre (VIELLIARD, 2000; ROSENSTOCK et al., 2002).

Segundo Dawson (1981) o próprio habitat estudado, a época de realização do estudo, o período do dia, o clima, o ruído ambiental presente, o observador, entre outros, são alguns dos fatores que podem influenciar a contagem de aves terrestres. Por esse motivo, há anos o método de ponto fixo atrai a atenção de vários pesquisadores que buscam testar sua eficiência e aplicabilidade em relação às tais fatores.

Quando o objetivo é diagnosticar a comunidade de aves urbanas em relação aos cenários encontrados dentro das cidades, ainda há disparidades em como aplicar o método. Um motivo de debate está no melhor intervalo de tempo de permanência do observador por ponto, considerando as particularidades encontradas neste ambiente.

Assim, utilizando a avifauna da cidade de Piracicaba/SP, e possuindo um delineamento experimental voltado ao teste metodológico, o presente estudo visa testar a eficiência do método de coleta de dados por ponto fixo neste ecossistema, analisando três pontos que podem influenciar na amostragem de aves: 1) o habitat onde o levantamento é realizado, observando a composição dos elementos urbanos existentes na cidade; 2) o intervalo de tempo adotado em cada ponto fixo para a coleta de dados; 3) os fatores potencialmente prejudiciais a observação de aves, tais como o ruído sonoro urbano e a presença de conversas causadas por curiosos.

As questões a serem respondidas neste estudo são:

- Existe diferença no número de contatos e espécies observadas de acordo com a quantidade de elementos urbanos presentes nos locais a serem amostrados dentro do ecossistema urbano?

- Qual o esforço amostral necessário por ponto fixo para a realização de um levantamento de aves efetivo, considerando o cenário encontrado neste ecossistema?

- O levantamento de aves no meio urbano através do método de ponto fixo pode ser prejudicado pela presença de fontes de desatenção ao observador de aves, tais como ruído sonoro e conversas no ponto?

Para responder estas questões, a presente dissertação está estruturada na sequência em que as perguntas são lançadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A elevada sensibilidade a alterações nas estruturas e composições do habitat que as aves possuem (STOTZ et al., 1996; BIBBY et al., 2000; VIELLIARD, 2000) tornaram-nas eficazes ferramentas à estudos ambientais.

Partindo desse princípio, diversos estudos foram realizados em várias cidades do mundo, com o intuito de levantar suas aves. Dentre os locais que já foram foco de levantamento de aves, destacam-se, parques urbanos (FRANCHIN; MARÇAL JUNIOR, 2002, 2004; VALADÃO; FRANCHIN; MARÇAL JUNIOR, 2006), praças públicas (MATARAZZO-NEUBERGER, 1995) áreas periféricas (MERENLENDER; REED; HEISE, 2009), *campi* universitários (MANHÃES; LOURES-RIBEIRO, 2005 LOPES; ANJOS, 2006; GUSSONI, GUARALDO, 2008), matas ciliares e margens de demais cursos d'água (ALVES; PEREIRA, 1998; SILVA; BLAMIREs 2007), bem como escalas maiores, como a totalidade da cidade e o município (TURNER, 2003; FONTANA, 2004; SANTOS, 2005; SANDSTRÖM; ANGELSTAM; MIKUSINSKI, 2006).

Do mesmo modo, o reconhecimento da variação da composição da avifauna ao longo da malha intra-urbana, em função dos gradientes de urbanização existentes desde o centro até a periferia (e.g. RUSZCZYK et al., 1987; BLAIR, 1996; CLERGEAU et al., 1998; REYNAUD; THIOULOUSE, 2000; TURNER, 2003; FONTANA, 2004; LIM; SODHI, 2004; SANTOS, 2005; CLERGEAU et al., 2006; SANDSTRÖM; ANGELSTAM; MIKUSINSKI, 2006; van RENSBURG; PEACOCK; ROBERTSON, 2009), permite o estudo dos sistemas ecológicos existentes na paisagem urbana, e permite o reconhecimento de áreas precárias em biodiversidade dentro das cidades, gerando dados que suportem ações de manejo ambiental urbano (ALBERTI; BOTSFORD; COHEN, 2001; MILLER et al., 2001). Estes estudos explanam resultados similares onde a riqueza específica é baixa nas áreas centrais e aumentam gradativamente em direção a áreas periféricas, além de serem encontradas espécies não nativas ocorrendo nas cidades. Os bairros mais arborizados, praças públicas e remanescentes florestais localizados dentro de áreas urbanas tornam-se pequenos pontos de refúgio e residência de demais espécies de aves com diferentes graus de sensibilidade a antropização, elevando, assim, o número de espécies em meio a matriz urbana

(TILGHMAN, 1987; MATARAZZO-NEUBERGER, 1990, 1995; SODHI et al., 1999; FERNÁNDEZ-JURICIC, 2001; FRANCHIN; MARÇAL JUNIOR, 2002, 2004; VALADÃO; FRANCHIN; MARÇAL JUNIOR, 2006; LOPES; ANJOS, 2006). Alguns autores salientam que a diversidade de aves em áreas urbanas tende a ser proporcional ao volume de vegetação existente (EMLEN, 1974; LANCASTER; REES, 1979; MILLS; DUNNING JR.; BATES, 1989; SODHI et al., 1999; LIM; SODHI, 2004; SANDSTRÖM; ANGELSTAM; MIKUSINSKI, 2006; LUTHER et al., 2008) já que maior será a capacidade de suporte para as espécies (SASVARI, 1984, TILGHMAN 1987).

Dentre os métodos de coleta de dados de aves existentes (BIBBY et al., 2000), o método de transectos (transecções) e os pontos fixos são dois métodos amplamente utilizados no meio urbano, e em demais ecossistemas terrestres (VIELLIARD, 2000; ROSENSTOCK et al., 2002).

No método de transecções são estabelecidas trilhas ao longo da área de estudo, onde o pesquisador irá percorrer realizando a identificação e a contagem das aves observadas (RALPH; SCOTT, 1981; RALPH et al. 1993; BIBBY et al., 2000). Dentre os estudos que utilizam tal método na área urbana destacam-se, Mills, Dunning Jr e Bates (1989), Matarazzo-Neuberger (1990, 1995), Sodhi et al. (1999), Franchin e Marçal Junior (2002, 2004), Lim e Sodhi (2004), Valadão, Franchin e Marçal Junior (2006) Lopes e Anjos (2006). Já o método de ponto fixo consiste em realizar a observação das aves ocorrentes no ponto estudado via registros auditivos e visuais, com o observador mantendo-se fixo no ponto e coletando os dados dentro de um intervalo de tempo pré-determinado (RALPH; SCOTT, 1981; RALPH; SAUER; DROEGE, 1995; BIBBY et al., 2000). Dentre os estudos que utilizam o ponto fixo na área urbana podem ser destacados Tighlman (1987), Cooper (2002), Turner (2003), Fontana (2004), Santos (2005), Sandström, Angelstam e Mikusinski (2006), Breeden et al. (2008), Merenlender, Reed e Heise (2009), Oneal e Rotenberry (2009) e van Rensburg, Peacock e Robertson (2009).

Ambos os métodos permitem a reunião de dados qualitativos, ou seja, saber quais espécies ocorrem no ponto, e permitem também a reunião de dados quantitativos, ou seja, levantar a abundância relativa das espécies observadas. A coleta de dados qualitativos foca a reunião de espécies novas e a frequência em que tais espécies são

observadas, por este motivo, este tipo de levantamento é menos exigente quanto a cuidados a serem tomados durante a amostragem. Neste, a preocupação está principalmente focada na alocação das trilhas e dos pontos (BIBBY et al., 2000), e na habilidade do observador em identificar as espécies (KEPLER; SCOTT, 1981). Porém, para a reunião de dados quantitativos, além de considerar os mesmos cuidados explanados anteriormente, ambos os métodos exigem cuidados extras a fim de evitar sub ou super estimativas de abundância das aves observadas, já que se corre o risco de serem feitas recontagens de indivíduos. Neste caso, a área amostral a ser considerada a partir do transecto e do ponto e o período de contagem dos indivíduos, mensurado em minutos no ponto fixo e na metragem percorrida no transecto, são pontos que exigem a atenção do pesquisador durante o planejamento do estudo (RALPH; SCOTT, 1981; BIBBY et al., 2000).

A área de amostragem do método do ponto fixo é variável, existindo trabalhos que aplicam o método sem um raio fixo de amostragem (BLONDEL; FERRY; FROCHOT, 1981; ONEAL; ROTENBERRY, 2009) e trabalhos que utilizam um raio fixo de amostragem, sendo este raio variável entre os habitats estudados (HUTTO, PLETSCHE; HANDRICKS, 1986; MERENLENDER; REED; HEISE, 2009; van RENSBURG; PEACOCK; ROBERTSON, 2009). Uma vantagem do ponto fixo, frente ao método de transectos, é a facilidade de padronização na alocação do número de unidades amostrais, ou seja, os pontos, a serem distribuídos dentro de um ambiente heterogêneo. Nem sempre os locais a serem estudados permitem o posicionamento de trilhas com extensões padronizadas, prejudicando a comparação entre os dados coletados nas mesmas (BLONDEL; FERRY; FROCHOT, 1970 apud VIELLIARD; SILVA, 1990; BIBBY et al., 2000).

A quantificação de aves através dos pontos fixos pode ser realizada através do índice pontual de abundância (IPA) desenvolvido em Blondel, Ferry e Frochot 1970, apud (VIELLIARD; SILVA, 1990). Neste método, criado no hemisfério norte, originalmente os dados são coletados em pontos com um raio fixo de amostragem através de 20 minutos, com subdivisões do intervalo a cada 5 minutos para auxiliar a organização dos dados. Cada ponto é visitado duas vezes nas manhãs durante o período reprodutivo, em dias com clima bom. A quantificação é realizada utilizando os

contatos obtidos dos indivíduos de cada espécie visualizados ou ouvidos na área. A soma dos contatos obtidos de cada espécie em todos os pontos da área de estudo, divididos pelo número de coleta de dados realizados entre todos os pontos, gera o valor do IPA (BLONDEL; FERRY; FROCHOT, 1981). Entretanto, devido os registros auditivos perfazer a maioria dos contatos às aves em grande parte dos ecossistemas terrestres (e.g., DeJONG; ENLEM, 1985; SAUER; PETERJOHN; LINK, 1994, VIELLIARD, 2000; BREWSTER; SIMONS, 2009), e as atividades vitais e vocais poderem ser extremamente diferente entre as espécies (VIELLIARD; SILVA, 2001), a detectabilidade entre as de aves também pode ser diferente. Assim, Vielliard e Silva (2001) salientam que o IPA não permite conhecer a abundância real das espécies, mas autoriza comparações quantitativas entre elas. A diferença na detecção às aves pode estar relacionada também ao tipo de habitat estudado (SCHIECK, 1997, BIBBY; BUCKLAND, 1987; BIBBY et al., 2000; PACIFICI; SIMONS; POLLOCK, 2008), e até mesmo o local a ser amostrado dentro do mesmo habitat (WAIDE; NARINS, 1988). Logo, erros nas contagens e identificações podem ocorrer se o observador que irá coletar os dados não estiver devidamente treinado (ROBBINS; STALLCUP, 1981; BIBBY et al., 2000).

O primeiro relato da aplicação do método no Brasil foi em 1990, num fragmento florestal do interior paulista (VIELLIARD; SILVA, 1990). Deste então, variações na aplicação do IPA são observadas principalmente no número de visitas e intervalo de tempo realizado em cada ponto, dependendo do habitat onde este é aplicado (e.g., ALEIXO; VIELLIARD, 1995; DONATELLI; COSTA; FERREIRA, 2004; BETINI, 2001; SANTOS, 2005; DEVELEY; MARTENSEN, 2006).

Apesar do método de ponto fixo ser amplamente utilizado e defendido (FONTANA, 2004; ANJOS, 2007), há anos o método atrai a atenção de vários pesquisadores que buscam testar sua eficiência e aplicabilidade em relação aos fatores que podem influenciar a contagem das aves, tais como, o habitat, o período do ano e o esforço amostral por ponto, a habilidade dos observadores, os ruídos ambientais, o clima, entre outros (DAWSON, 1981). Assim, verifica-se a existência de vários estudos metodológicos: Verificando a eficiência da utilização de raios fixos de amostragem por cada ponto (HUTTO, PLETSCHE; HANDRICKS, 1986) e a não utilização de raios fixos (BLONDEL; FERRY; FROCHOT, 1981); a eficiência da utilização de mais de um

observador nas contagens (NICHOLS et al., 2000; ALLDREDGE; POLLOCK; SIMONS, 2006); o tempo de permanência do observador em cada ponto (THOMPSON; SCHWALBACH, 1995; BETINI, 2001); eficiência dos observadores em estimar a distância da origem da vocalização a partir do ponto fixo (ALLDREDGE; SIMONS; POLLOCK, 2007; SIMONS et al., 2007); a influência do ruído presente no ambiente na detecção às aves (BREEDEN et al., 2008; PACIFICI; SIMONS; POLLOCK, 2008).

Infelizmente, trabalhos que visam testar o método de ponto fixo ainda estão limitados à ambientes florestais e habitats não urbanos, geralmente pouco perturbados, o que torna os resultados destes com baixa relevância quando aplicados em um ambiente urbano. As cidades reúnem características únicas das quais não são encontradas nos locais onde grande parte dos estudos metodológicos foram conduzidos. O tráfego de veículos, bem como o próprio cotidiano dos humanos residentes, geram cenários onde o ruído torna-se elevado (REIJNEN et al., 1995) prejudicando as detecção às aves (BREEDEN et al., 2008).

Dentre os estudos realizados nas cidades que utilizaram pontos fixos, percebe-se que não existe um padrão no intervalo de tempo a ser utilizado nos pontos. Por exemplo, 20 minutos foram adotados em Tilghman (1987), Breeden et al. (2008), Manhães e Loures-Ribeiro (2005), 10 minutos em Merenlender, Reed e Heise (2009) e Oneal e Rotenberry (2009), oito minutos em Cooper (2002), Santos (2005) e van Rensburg, Peacock e Robertson (2009) e cinco minutos em Turner (2003), Sandström, Angelstan e Mikusiski (2006), Luther et al. (2008) e Loss, Ruiz e Brawn (2009). Apenas em Fontana (2004), um estudo realizado na cidade de Porto Alegre/RS, a autora utiliza um delineamento amostral apto a verificar o melhor intervalo de tempo necessário àquele, sugerindo em seus resultados o intervalo de oito minutos de contagem por ponto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na área urbana do município de Piracicaba-SP, situado no interior paulista entre as coordenadas 22°42'00" de latitude sul e 47°38'00" longitude oeste. A área da cidade utilizada neste estudo foi a região central, abrangendo toda a extensão dos bairros São Judas, São Dimas, Clube de Campo, Cidade Jardim, Centro, Cidade Alta e Parque Rua do Porto, e abrangendo partes dos bairros Higenópolis, Vila Rezende, Nova Piracicaba, Nho-Quim, Monumento, Paulista, Paulicéia e Castelinho. O estudo compreendeu ao todo uma área de aproximadamente 1100 ha (Figura 1). A escolha desta área dentro da cidade foi feita por existir uma ampla variação de elementos urbanos, como, edificações, arborização e terrenos abertos, possuir praças públicas e parques, e ser cortado pelo Rio Piracicaba, local onde são encontrados em alguns pontos de suas margens remanescentes de mata ciliar recuperada. O tamanho da área estudada foi escolhido considerando o tempo disponível para a efetivação do presente estudo e pela logística.

A altitude média da cidade é 540 metros (SILVA FILHO, 2004) e o clima é do tipo de Cwa (verão quente com estiagem no inverno), segundo Köppen e pluviosidade média de 1200 mm anuais (SETZER, 1946). Para o ano de 2009 o município possuía uma população estimada de 368.843 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010) com mais de 95% da população residente na área urbana (INSTITUTO DE PESQUISAS E PLANEJAMENTO DE PIRACICABA - IPPLAP, 2010).

Figura 1 - Localização do município de Piracicaba/SP no estado de São Paulo e em destaque a área utilizada para o estudo

3.2 Delineamento amostral

A fim de alocar as unidades amostrais em diferentes ambientes constituintes do meio urbano, primeiramente foi criada uma malha de possíveis unidades amostrais, representadas por pontos georreferenciados no formato UTM, posicionados a cada 200 metros, a partir da localização espacial da área amostral total. Esta malha de pontos foi gerada com o auxílio do software Microsoft Office Excel 2003 recorrendo aos recursos da linguagem Visual Basic for Applications (JELEN; SYRSTAD, 2004). Com o auxílio do software ArcView 3.2 (ESRI, 1996), os pontos foram sobrepostos numa ortofoto digitalizada da cidade fornecida pela Prefeitura de Piracicaba e elaborada pela empresa Base Aerofotogrametria. Após, uma primeira análise visual foi feita com o objetivo de identificar pontos que caíssem em locais que ofereceriam baixa segurança à visita do pesquisador para a coleta de dados, tais como locais com alta criminalidade. Então, estes pontos eram excluídos.

Em seguida, cada ponto restante desta malha foi realocado seguindo uma regra de realocação criada para este estudo. Pontos que originalmente caíram em locais inacessíveis foram reposicionados para as intersecções de ruas (esquinas) mais próximas dentro de um raio de 100 metros. Além destes pontos, os que caíram no meio de vias de transporte (i.e. ruas, avenidas, rodovias) também foram reposicionados para esquinas mais próximas do ponto inicialmente proposto. Os pontos que caíram originalmente em locais inacessíveis e que não tiveram a opção de serem realocados em esquinas dentro de um raio de 100 metros, foram, em última instância, reposicionados ao local acessível mais próximo, sendo este necessariamente um local que permitisse uma boa visão panorâmica. Os pontos originais somente foram excluídos quando não houve opção de reposicioná-lo para uma esquina ou uma área publica acessível dentro do raio estabelecido, ou quando este, em sua nova posição, ultrapassasse o limite mínimo de 150 metros e máximo de 250 metros dos pontos adjacentes. Dessa forma, no final desta primeira etapa foram obtidas 270 unidades amostrais na área de estudo total, representadas por pontos.

Após esta etapa, foram selecionadas as unidades amostrais definitivas dentre as 270 possíveis na área total de estudo. Para garantir o posicionamento das unidades

amostrais em locais com variação na composição dos materiais urbanos existentes, a área total de estudo foi estratificada em função da variação da porcentagem de cobertura arbórea, já que esta é a variável destacada em vários estudos como sendo importante para a ocorrência de maior riqueza de aves urbanas (EMLEN, 1974; LANCASTER; REES, 1979; MILLS; DUNNING JR.; BATES, 1989; LIM; SODHI, 2004). Esta estratificação foi baseada através das informações disponíveis na literatura sobre a porcentagem de cobertura arbórea existente em cada bairro abrangido neste estudo. Seguindo os resultados apresentados em Rollo et. al. (2007a, 2007b), e Silva Filho (2009) foram reconhecidas 3 áreas dentro dos 1100 ha onde havia variação da porcentagem de cobertura arbórea. Assim, foram delimitados três estratos, A, B e C:

Estrato A - com aproximadamente 330 ha apresenta em sua extensão 7.4% de cobertura arbórea. Esta abrange os bairros: São Judas, São Dimas, Cidade Jardim, Clube de Campo, parte norte do Centro e parte norte da Cidade Alta.

Estrato B - com aproximadamente 317 ha apresenta em sua extensão 3.03% de cobertura arbórea. Esta abrange os bairros: parte central e sul do Centro e Cidade Alta, parte norte da Paulista, além de pequenas partes que margeiam os bairros Castelinho, Higienópolis e Paulicéia.

Estrato C - com aproximadamente 453 ha apresenta em sua extensão 10.9% de cobertura arbórea. Esta abrange os bairros: Parque da Rua do Porto, parte centro-leste do Nova Piracicaba e Monumento, parte centro-sul do Vila Rezende, além de uma pequena parte sul do bairro Nho-Quim.

Após a delimitação dos estratos, em cada um destes foram selecionados 30 unidades amostrais definitivas, a partir dos 270 pontos realocados. Para cada unidade amostral selecionada duas outras em seqüência eram descartadas. A ordem de seleção das unidades amostrais sempre se iniciava do canto superior direito para o inferior esquerdo (Figura 2). No final 90 unidades amostrais definitivas foram selecionados para a coleta de dados.

As etapas deste sistema de alocação e seleção de pontos estão ilustradas na Figura 3.

Figura 2 - Sequência de seleção dos pontos definitivos dentro de cada estrato delimitado.
Fotografia de Base Aerofotogrametria

Figura 3 - Etapas seguidas para o delineamento amostral. Fotografia de: Base Aerofotogrametria

Este delineamento foi adotado com o intuito de evitar a escolha de unidades amostrais tendenciosamente, perfazendo assim, uma alocação estratificada sistemática das unidades amostrais (COCHRAN, 1977; SHIVER; BORDERS, 1996), medida semelhante utilizada em Tilghmam (1987) em levantamento de aves urbanas.

A escolha pelo posicionamento preferencial das unidades amostrais em intersecções de ruas (esquinas) foi baseada em Santos (2005), onde também foram utilizados pontos fixos em esquinas para a amostragem de aves. Este procedimento foi tomado com o objetivo de manter todas as unidades amostrais com similar capacidade visual do entorno. Do mesmo modo, os pontos definitivos que não puderam ser realocados em esquinas foram posicionados em locais que também permitissem um bom campo de visão da área que seria amostrada. Assim, foi tomado o cuidado de evitar um possível viés amostral relacionado a dificuldade de detecção visual às aves.

3.3 Coleta de dados

3.3.1 Levantamento quantitativo dos elementos urbanos

Para a identificação e quantificação dos elementos urbanos presentes em cada uma das 90 unidades amostrais, a fim de verificar se existe diferença no número de espécies e contatos a serem observados no meio urbano, foram utilizadas imagens aéreas multiespectrais da cidade de Piracicaba classificadas automaticamente. Os passos realizados desde a captura das imagens aéreas até a quantificação dos elementos urbanos selecionados para o estudo estão descritos nos itens subseqüentes.

3.3.1.1 Captura das imagens aéreas

As imagens aéreas multiespectrais foram capturadas com a câmara Geospatial Systems modelo MS 4100 Multiespectral 3CCD Color/CIR, com resolução de imagem de 1920 x 1080 pixels, apta para a captura de imagens na faixa do espectro visível e do infravermelho próximo (400-1100 nm) (GEOSPATIAL SYSTEMS, 2009). Esta câmara

foi acoplada numa abertura do piso de um avião monomotor CESSNA 180, modelo que permite um bom alinhamento horizontal deste com o solo quando em sobrevôo. A captura das cenas ocorreu a uma altitude de vôo a 3000 metros em relação ao solo, no dia 19 de setembro de 2008 entre os horários das 11:45h às 13:00h em condições climáticas ensolaradas e sem nuvens (precipitação 0,0 mm e radiação solar entre 808,0 – 829,0 W/m²) (ESALQ/USP – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BLOSSISTEMAS, 2010). Com estas condições foi obtida uma resolução espacial de 1 x 1m de pixel.

Durante esta campanha de vôo todos os bairros da cidade foram videografados, gerando um total de 732 cenas. Após a captura destas cenas, estas foram georreferenciadas no formato UTM e montadas por justaposição por meio do software Microimages TNT Mips 2009 (SMITH, 2006) no laboratório de Silvicultura Urbana do departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Maiores detalhes sobre processos de montagem e georreferenciamento das cenas aéreas podem ser encontradas em Silva Filho (2005, 2006) e Rollo et al. (2007a, 2007b).

Após as cenas terem sido georreferenciadas, foram selecionadas apenas aquelas que correspondiam à área total do presente estudo. Ao todo foram utilizadas 15 cenas. Estas foram analisadas quanto a sua qualidade e, quando pertinentes, foram agrupadas em faixas, o que facilitaria a classificação automática supervisionada e o trabalho de coleta das variáveis urbanas para cada unidade amostral. Quando alguma cena, ao serem justapostas pelo software TNT Mips 2009 apresentasse alta desproporcionalidade ou uma não continuidade com a cena seguinte, optava-se, então, em trabalhar com as cenas separadas. Este tipo de erro pode ocorrer devido a pequenas variações do movimento do avião enquanto as cenas estão sendo capturadas.

Ao todo foram montadas 4 faixas distintas e utilizadas 2 cenas separadas:

Faixa 6 – Composta por 5 cenas, corresponde a região norte da área de estudo.

Faixa 7a – Composta por 3 cenas, corresponde a região centro-oeste da área de estudo.

Faixa 7b – Composta por 2 cenas, corresponde a região centro-leste da área de estudo.

Faixa 8 – Composta por 3 cenas, corresponde a região sul da área de estudo.

Cena 319 – Cena única localizada na região central da área de estudo.

Cena 393 – Cena única localizada a nordeste da área de estudo.

As faixas de vôo e as cenas utilizadas no estudo estão ilustradas no apêndice A.

3.3.1.2 Classificação supervisionada das imagens aéreas

Para cada faixa de vôo e para as duas cenas separadas foram realizadas particularmente a classificação automática supervisionada também por meio do software Microimages TNT Mips 2009 utilizando-se o algoritmo *Stepwise Linear*. Como base para informar ao software a quais conjunto de pixels correspondiam as classes adotadas nesta classificação, tomou-se como a verdade terrestre imagens de satélite da cidade de Piracicaba com data 14 de junho de 2007 disponibilizada no software Google Earth™. Esta imagem possui alta qualidade do ponto de vista fotogramétrico e ótima resolução espacial, sendo útil para identificação visual da verdade terrestre para a confecção de áreas de treinamento e classificação final.

Ao todo foram utilizadas 11 classes para a classificação supervisionada:

Árvores – corresponde a todas as áreas de copa de árvores e arbustos.

Gramado – corresponde a todas as áreas de vegetação rasteira e herbácea.

Telha barro – corresponde áreas de telhado montados com telhas fabricadas a base de barro.

Telha metálica – corresponde a áreas de telhado montados com telhas fabricadas a base de elemento metálico, sem possuir coloração azulada ou escura.

Telha metálica azul – corresponde a áreas de telhado montados com telhas fabricadas a base de elemento metálico, possuindo coloração na tonalidade azulada.

Telha escura – correspondem a áreas de telhado montados com telhas fabricadas a base de elemento do tipo cimento, com coloração escura, e áreas de laje, cobertura de casas, prédios e outras edificações.

Asfalto – correspondem áreas de via pública e/ou particular onde haja a presença de asfalto. Nesta classe se enquadram ruas, avenidas, estradas e áreas de estacionamento.

Piso cimento – correspondem áreas de via pública e/ou particular onde haja a presença de cimento utilizada por pedestres. Nesta classe se enquadram calçadas e demais passeios públicos.

Água piscina – corresponde a áreas de piscinas cheias d'água.

Água rio, lago, lagoa – correspondem áreas com presença de água pluviais, tais como rio, riachos, lago e lagoas.

Sombras – corresponde a áreas que eventualmente no momento da captura da imagem aérea obtiveram áreas obscurecidas por sombreamento da luz solar.

Entretanto, de acordo com as particularidades de cada faixa e cenas utilizadas apresentam, por exemplo, variação na tonalidade dos pixels para um mesmo elemento urbano e a presença de alguns elementos urbanos apenas em algumas partes da cidade, o número de classes utilizadas entre as faixas e cenas foi variável. Assim para cada faixa e cenas utilizada foram utilizadas as seguintes classes:

Faixa 6 e 7a – Foram utilizadas todas as 11 classes.

Faixa 7b e 8 – Foram utilizadas 10 classes apenas. Nestas faixas não foram utilizadas a classe “água rio, lago, lagoa” por não existir corpos d'água pluviais nestas áreas da cidade.

Cena 319 e cena 393 – Foram utilizadas nove classes apenas. Nestas cenas não foram utilizadas as classes “água rio, lago, lagoa” por não existir corpos d'água pluviais nestas áreas da cidade, e “telha escura” pelo fato desta cena possuir tonalidade mais escurecida, o que ocasionaria um grande conflito de classificação entre as classes “asfalto” e “telha escura”, se a mesma fosse utilizada.

3.3.1.3 Composição dos elementos urbanos nas unidades amostrais

Após a realização da classificação automática supervisionada, as 90 unidades amostrais do estudo foram plotadas nas quatro faixas e nas duas cenas utilizadas. A partir do centro de cada unidade amostral um polígono circular de 100 metros de raio foi estabelecido. Dentro deste polígono foram quantificadas as áreas correspondentes de cada classe de uso utilizada por meio do software TNT Mips 2009. Para o mesmo, primeiramente procedeu-se a vetorização dos mapas classificados e em seguida a extração do conteúdo interno de cada polígono. Através da quantificação dos pixels pertencentes a cada classe foi possível estimar, em metros quadrados e em porcentagem, a extensão que cada classe ocupava dentro de cada polígono.

Para evitar erros na estimativa da extensão de cada classe dentro de cada polígono, foi realizada a checagem manual e eventual correção da classificação supervisionada em todas as 90 unidades amostrais do estudo, procedimento similarmente adotado em Yuan et al. (2005) com classificação supervisionada no ambiente urbano. Neste caso a imagem de satélite do Google Earth foi utilizada como verdade terrestre para a conferência de cada polígono. Todas as classes foram checadas uma a uma. Para cada reconhecimento de um pixel, ou conjunto de pixels, que não correspondia ao elemento urbano que realmente existia na área, este foi reclassificado manualmente para a classe a qual deveria pertencer. Com a correção feita uma nova quantificação da presença de cada classe era realizada dentro do polígono.

Após a finalização da classificação e a quantificação das 11 classes utilizadas, com suas devidas correções, tais classes foram reagrupadas em oito classes definitivas de elementos urbanos para serem utilizadas nas análises do presente estudo. As novas classes e a base de dados utilizadas para sua formulação seguiram os seguintes apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Classes de elementos urbanos utilizado no presente estudo e os critérios para a formulação de cada

Elemento urbano	Descrição
Cobertura Arbórea	Corresponde exatamente aos valores apresentados na classe “Árvores” utilizada na primeira classificação.
Cobertura Gramado	Corresponde exatamente aos valores apresentados na classe “Gramado” utilizada na primeira classificação
Área construída	Corresponde à soma das áreas das classes “Telha barro”, “Telha metálica”, “Telha metálica azul” e “Telha escura” utilizadas na primeira classificação.
Piso impermeável	Corresponde à soma das áreas das classes “Asfalto” e “Piso cimento” utilizadas na primeira classificação.
Área sombra	Corresponde exatamente aos valores apresentados na classe “Sombras” utilizada na primeira classificação.
Água pluvial	Corresponde exatamente aos valores apresentados na classe “Água rio, lago, lagoa” utilizada na primeira classificação.
Área piscina	Corresponde exatamente aos valores apresentados na classe “Água piscina” utilizada na primeira classificação.
Solo exposto	Classe criada a partir do reconhecimento manual durante as checagens e correções dos polígonos correspondentes às 90 unidades amostrais utilizadas no estudo. Esta classe era composta de áreas de solo exposto destinado a plantios e bancos de areia.

Não foi utilizada a classe “Solo exposto” nas classificações automáticas supervisionadas já que em projetos pilotos esta classe facilmente se confundia com a classe de “Telha de barro”, pois tais elementos possuem reflectâncias similares.

As etapas realizadas desde as classificações automáticas supervisionadas até a quantificação dos elementos urbanos em cada faixa de vôo e cena utilizada estão ilustradas no exemplo da Figura 4.

Etapa 1 – Georreferenciamento da cena aérea multiespectral número 393

Etapa 2 – Cena 393 classificada automaticamente em 11 classes

Etapa 3 – Traçado os polígonos de 100 metros de raio nas unidades amostrais

Elemento urbano	Área ocupada (%)
Cobertura Arbórea	6.24
Cobertura Gramado	5.15
Área construída	41.26
Piso impermeável	46.08
Área piscina	0.27
Água pluvial	0.00
Área sombra	1.00
Solo exposto	0.00

Etapa 6 – Agrupamento das classes em 8 elementos urbanos e quantificação dos mesmos

Classes	Área ocupada (m ²)
Árvores	1969.33
Gramado	1626.57
Telha barro	12004.07
Telha metálica	807.26
Telha metálica azul	207.41
Telha escura	0.00
Asfalto	10266.83
Piso cimento	4273.02
Água piscina	314.31
Água rio, lago, lagoa	84.55
Sombras	0.00

Etapa 5 – Correção manual e quantificação das classes em cada polígono

Etapa 4 – Quantificação das classes em cada polígono

Figura 4 - Exemplo das etapas realizadas para a quantificação dos elementos urbanos presentes em cada uma das 90 unidades amostrais. Todas as faixa de voo e cenas utilizadas no estudo seguiram as mesmas etapas

3.3.2 Amostragem das aves urbanas

O levantamento de aves deste estudo foi realizado através do método de ponto fixo (VIELLIARD; SILVA, 1990; RALPH; SAUER; DROEGE, 1995; BIBBY et al., 2000) utilizando um raio fixo de amostragem por ponto (BIBBY et al., 2000), semelhantemente utilizado em Hutto, Pletschet e Handricks (1986). Cada uma das 90 unidades amostrais selecionadas correspondia a um ponto fixo. Em cada ponto fixo foram realizadas seis visitas entre 18 de setembro de 2007 e 15 de novembro de 2008, sendo três visitas no período seco e três visitas no período chuvoso. Cada coleta de dado foi realizada através de 12 minutos contínuos, onde as espécies que se encontravam dentro do raio fixo de 50 metros a partir do observador eram quantificadas via registros auditivos e/ou visuais. A quantificação baseou-se no cálculo do Índice Pontual de Abundância (IPA) (BLONDEL; FERRY; FROCHOT, 1981; VIELLIARD; SILVA, 1990), porém com modificações: espécies em vôos eram consideradas nas coletas desde que não estivessem se descolando para pontos adjacentes ou que estivessem em vôos a grandes altitudes (i.e, acima de prédios de 15 andares); no caso de bandos de aves, todos os indivíduos eram contados desde que fossem visualizados; quando um bando de uma mesma espécie era nitidamente ouvido, porém sem avistar, considerava-se apenas um contato. Não foram consideradas neste estudo as espécies que só foram observadas fora do período estipulado para o levantamento ou fora dos pontos fixos.

As coletas foram realizadas apenas no período da manhã, com início no alvorecer a aproximadamente 10 minutos antes do sol nascer se estendendo aproximadamente 3 horas após, similarmente utilizado em Sodhi et al. (1999), Turner (2003), Franchin e Marçal Junior (2004), Lim e Sodhi (2004), Santos (2005) e Lopes e Anjos (2006). Para o presente estudo todas as observações foram precedidas pelo mesmo observador.

A coleta de dados entre os três estratos amostrais foi seqüencial por cada dia de levantamento, ou seja, para cada dia de coleta um estrato diferente era visitado. Para cada dia de campo buscou-se visitar apenas uma média de 10 pontos, evitando assim possíveis diferenças na capacidade de atenção nos últimos pontos devido ao próprio desgaste físico do observador. Entre os pontos que seriam visitados no dia era realizado um sorteio para estipular a sequência em que seriam visitados. Estes

procedimentos foram tomados para evitar uma coleta de dados desigual durante o período do ano por entre os estratos e evitar que os pontos fossem visitados apenas numa mesma hora do dia durante todo o período do estudo.

Não foram feitas coletas de dados em dias chuvosos e com ventos fortes, pois estes poderiam prejudicar os trabalhos em campo.

3.3.3 Intervalo de coleta de dados por ponto fixo e período do estudo

Para avaliar se existe diferença no levantamento de aves no meio urbano de acordo com o intervalo de tempo adotado no método do ponto fixo, foi utilizada uma subdivisão do intervalo de tempo escolhido para a coleta de dados (12 minutos) a cada três minutos. Assim, em cada coleta de dados realizada eram anotadas as espécies e os números de contatos obtidos no ponto a cada intervalo de três minutos (3, 6, 9 e 12 minutos), porém, sem recontar os indivíduos e espécies outrora contadas nos intervalos anteriores. Salienta-se que cada contato era proveniente de um indivíduo, podendo este ser via registro auditivo ou visual, e cada indivíduo era anotado apenas uma vez na caderneta de campo, respectivamente no intervalo de tempo em que este foi observado. Assim como considerado para o cálculo do IPA, um mesmo indivíduo pode ter contatos diferentes desde que sejam obtidos em dias diferentes.

Para facilitar esta divisão dos intervalos, em todas as coletas de dados foram utilizadas cadernetas de campo pré-formuladas (ANEXO A) e foi utilizado um cronômetro programado para emitir um alarme a cada 3 minutos transcorridos.

Para verificar se o período do ano pode influenciar no número de contato e espécies a serem observadas, cada coleta realizada possuía sua data de realização anotada, permitindo posteriormente uma separação dos dados obtidos nos períodos seco e chuvoso.

Para cada um dos 90 pontos fixos foi somado o número de contato e a riqueza de espécies obtida através de todas as visitas realizadas, porém, utilizando apenas os dados acumulados a cada intervalo de tempo de três minutos. Ou seja, foi obtido o número total de contato e espécies observadas em cada ponto fixo, caso o trabalho

fosse procedido com a adoção do intervalo de tempo por ponto com 3, 6, 9 ou 12 minutos de coleta.

Os dados provenientes do período chuvoso e período seco foram separados baseando-se na data de sua realização. As coletas de dados realizadas nos meses de setembro a março foram consideradas no período chuvoso, enquanto as coletas realizadas nos meses de abril a agosto foram consideradas no período seco.

3.3.4 Quantificação das fontes de desatenção do observador

Para avaliar a eficiência do levantamento de aves através do método de ponto fixo, foram mensuradas duas possíveis fontes de desatenção ao observador de aves; o ruído sonoro e interrupções devido a conversas do observador com pessoas curiosas. Estes fatores foram escolhidos por causarem um aparente desvio de atenção na observação às aves via registros auditivos, o que pode dificultar a capacidade de identificação, contagem e monitoramento das mesmas enquanto o levantamento estiver ocorrendo, logo, causando erros amostrais (SIMONS et al., 2007).

No corpo desta dissertação o ruído sonoro será tratado da mesma forma “ruído sonoro”, enquanto as interrupções causadas por conversas do observador com outras pessoas serão tratadas apenas como “conversa”.

Foi considerado “ruído sonoro”, toda e qualquer emissão sonora proveniente da própria vivência humana nos centros urbanos, tais como, o trânsito de veículos automotivos e pedestres, sons emitidos de auto-falante, maquinário em canteiro de obras, fogos de artifício, conversas em voz alta, etc.

Considerou-se “conversa” toda interrupção causadas nas coletas de dados por demais pessoas que, por ventura, ao passar pelo observador de aves parou para dialogar com o mesmo.

Ambos os fatores foram coletados em cada visita realizada nos 90 pontos fixos, ao mesmo momento em que o observador realizava a coleta de dados de aves, ou seja, durante os 12 minutos.

O ruído sonoro foi coletado através de 4 observações de máxima e mínima intensidade sonora, medidas em decibéis (dB) capturadas por um decibelímetro,

modelo IEC 61672-1, a cada 3 minutos. Este permanecia posicionado ao lado do observador com seu orifício de coleta de ruído voltado para o cruzamento das esquinas, e nos pontos posicionados fora das esquinas, voltados para a fonte de ruído que mais perturbava o observador na área. Assim, uma observação era capturada no final dos 3, 6, 9 e 12 minutos de levantamento.

Para cada visita aos pontos fixos foi calculada uma média aritmética do ruído sonoro obtido em decibéis (dB) através das observações de máxima e mínima intensidade sonora capturadas.

A conversa foi coletada por meio de anotações na caderneta de campo do observador. Para cada interrupção ocasionada por um diálogo, seja este de curta ou longa duração, aquela amostra naquele ponto recebia a anotação “conversa”.

Salienta-se que o observador de aves sempre permanecia com o foco em seu trabalho, não tomando a iniciativa de conversar com os pedestres, que pela curiosidade, eventualmente perguntavam o que estava sendo realizado no local. Quando uma conversa era iniciada, o observador se identificava e explicava que não poderia dar atenção no momento. Em nenhuma ocasião a coleta de dados era interrompida, sendo mantida a contagem do tempo no cronômetro e a tentativa de atenção às aves.

Logo, estes fatores de desatenção do pesquisador eram provenientes de eventos não controláveis, comportando-se de forma aleatória, assim como ocorre na realidade em levantamentos urbanos, onde o pesquisador não consegue prever o que e quando um evento poderá atrapalhar sua coleta de dados.

3.4 Análise de dados

Os dados foram analisados com o auxílio do software SAS 9.2, EstimateS 8.0 (COLWELL, 2006), e para ilustrações gráficas Sigmaplot 8.0. O nível de significância adotado para todas as análises estatísticas aqui realizadas foi de 0,05.

Optou-se pela utilização do coeficiente de Sperman já que as variáveis em análise são discretas, evitando assim possíveis erros relacionados a não satisfação pré

imposta para a utilização do coeficiente de Pearson (normalidade dos dados, variáveis contínuas) (ZAR, 2010).

Nas análises utilizadas nos itens “período do ano” e “fontes de desatenção do observador”, quando os dados analisados não satisfizeram as pressuposições para as análises de variância, tais como normalidade, homogeneidade das variâncias, aditividade e independência entre os tratamentos, foram utilizadas transformações de dados seguindo a metodologia de Box-Cox (KREBS, 1999).

3.4.1 Classificação supervisionada das imagens aéreas

Para avaliar a exatidão entre a verdade terrestre (*Ground Truth Data*), informada ao software através da confecção de um “treinador”, e a classificação automática, que é realizada a partir deste treinador, atentou-se aos valores apresentados da estatística Kappa e o valor da acurácia obtida, conforme descrito em Landis e Koch (1977) e Moreira (2003), assim como realizado em Yuan et al. (2005). Salienta-se que cada vez que uma classificação é realizada, o software TNT mips informa a quantidade de pixels que foi identificada para cada classe utilizada, e se houve conflito de identificação dos pixels a mais de uma classe, constituindo assim a chamada matriz de erro. A partir desta matriz de erro técnicas de análise multivariada são empregadas pelo software para retornar o valor da estatística Kappa, que, por sua vez é comparada em classes de acurácia (LANDIS; KOCH, 1977).

3.4.2 Esforço amostral

O erro e o esforço amostral da amostragem estratificada foram estimados através da abordagem de Cochran (1977). Para o mesmo utilizou-se os dados observados sobre a avifauna considerando um erro desejado de 10% e intervalo de confiança com 95% de probabilidade.

Também foi realizada a curva do coletor utilizando o número de coletas de dados realizadas e o número de espécies observadas. Para o mesmo utilizou-se estimador não paramétrico Jackknife de 1º ordem com aleatorizações das coletas a fim de

comparar os dados obtidos com os dados esperados (HELTSHE; FORRESTER, 1983; COLWELL; CODDINGTON, 1994; KREBS, 1999).

3.4.3 Contagem de aves na presença de diferentes elementos urbanos

Para verificar se alguns elementos urbanos podem favorecer ou prejudicar a riqueza e o número de contato às aves, procedeu-se a análise de correlação de Sperman (ZAR, 2010) entre o total de contatos e a riqueza específica de cada ponto em relação a porcentagem de presença de cada classe de elemento urbano presente no respectivo ponto.

Também foi realizada análise de regressão múltipla passo a passo (*stepwise*) por meio do software SAS com os quatro elementos urbanos mais presentes na cidade (Área construída, Piso impermeável, Cobertura Arbórea e Cobertura Gramado) a fim de reconhecer como tais variáveis se relacionaram. Para o *stepwise* as variáveis dependentes (riqueza e número de contato) e as variáveis independentes (os quatro elementos urbanos) além de serem utilizadas sem transformações, também foram testadas com log transformações, inversas e quadráticas.

3.4.4 Intervalo de coleta de dados por ponto fixo

Foram computadas a riqueza e número de contatos obtidos em todas as visitas a todos os pontos fixos para cada incremento de três minutos no esforço amostral. Então, os dados referentes a cada intervalo de tempo foram comparados através de análise não paramétrica de Kruskal-Wallis (ZAR, 2010), uma vez que as suposições impostas para a utilização de análises paramétricas, como a análise de variância, não foram satisfeitas mesmo após as transformações realizadas pela metodologia Box-Cox (KREBS, 1999).

3.4.5 Período do ano

O número de contato e riqueza específica obtida em cada período do ano (seco e chuvoso) foi comparado através da análise de variância (ANOVA) seguida pelo teste

Tukey (ZAR, 2010). Também foi realizada uma análise de similaridade de Jaccard (KREBS, 1999) entre as espécies observadas em cada período do estudo.

3.4.6 Fontes de desatenção do observador

Para verificar se o ruído sonoro pode prejudicar a detecção às aves, foi realizada uma análise de correlação de Sperman (ZAR, 2010) entre as médias de ruídos sonoros com o respectivo número de contato e riqueza obtidos nas coletas de dados.

Do mesmo modo, a análise de variância e o teste Tukey também foram realizados com o intuito de examinar se existe diferença significativa na riqueza e número de contatos às aves quando procedidas coletas de dados na presença e na ausência de conversa no ponto. Para esta análise foram utilizados apenas dados provenientes do mesmo período do ano, e dados dos pontos que apresentaram conversa em alguma de suas coletas realizadas.

4 RESULTADOS

4.1 Classificação supervisionada das imagens aéreas

As cenas e faixas de voo classificadas automaticamente apresentaram elevados valores da estatística Kappa e respectiva acurácia (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores apresentados pela estatística Kappa e acurácia por meio do software TNT mips 2009 após cada classificação automática supervisionada realizada às cenas e faixas de vãos utilizadas no estudo

Cenas e faixas de voo	Estatística Kappa (%)	Acurácia (%)
Faixa 6	93,69	94,79
Faixa 7a	95,59	96,42
Faixa 7b	91,01	92,16
Faixa 8	90,59	91,90
Cena 319	97,72	98,02
Cena 393	97,04	97,44

4.2 Esforço amostral

Foram realizados ao todo 107 horas de esforço amostral distribuídos em 86 dias de trabalho de campo. Neste período 535 coletas de dados foram realizadas através dos 90 pontos fixos, perfazendo a amostra da cidade. Salienta-se que em cinco pontos fixos não foi possível realizar uma das suas visitas do período seco devido ao impedimento do acesso aos pontos por um grande período de dias. Esta falta de acesso foi ocasionada pelas autoridades civis (policiais, bombeiros e agentes de trânsito) devido reformas na via pública ou reparo na rede de água e esgoto subterrânea, e também pela presença de um grande número de pessoas realizando protestos e festividades em algum dos pontos. Estes fatores, além de evitar com que o observador alcançasse o ponto, também alteravam de forma exorbitante a dinâmica do local, o que poderia influenciar no comportamento das aves, caso a coleta de dados fosse realizada mesmo assim.

Com este esforço amostral foram encontradas 106 espécies de aves pertencentes a 14 ordens e 35 famílias (APÊNDICE B), em 16132 contatos realizados durante as coletas.

Para a amostragem estratifica, considerando os dados de riqueza, o erro amostral calculado foi de 5,36% com um esforço amostral previsto de 26 unidades amostrais. Considerando os dados de número de contato o erro foi de 5,54% com um esforço amostral de 28 unidades amostrais.

A curva acumulativa de espécies demonstra que não houve estabilização da mesma, sendo indicado pelo estimador Jackknife de 1º ordem a possibilidade de haverem mais espécies com o mesmo número de coletas (figura 5).

Figura 5 - Curva de acúmulo de espécies para as 535 coletas de dados realizadas na área de estudo. Valor do estimador não paramétrico Jackknife 1º ordem indicado diretamente no gráfico

A frequência dos registros obtidos às aves por meio do método do ponto fixo foi de 36,9% via registros mistos, ou seja, visuais mais auditivos, subseqüentemente, 33,8 % exclusivamente via registros visuais e 29,3% via registro exclusivamente auditivo.

4.3 Contagem de aves na presença de diferentes elementos urbanos

Os elementos urbanos utilizados no estudo possuíram diferença entre as quantidades presentes, quando consideradas a soma das áreas dos 90 polígonos circulares de onde estes foram quantificados. Os elementos mais presentes foram Área construída (40,9%), seguida de Piso impermeável (28,3%) e Cobertura arbórea (10,8%) (Figura 6).

Figura 6 - Porcentagem de presença dos elementos urbanos em relação a soma das áreas dos 90 polígonos utilizados no estudo

Observando agora os quatro elementos urbanos mais presentes na área de estudo em cada unidade amostral, percebe-se que a proporção encontrada para a cidade não se aplica a todas as unidades amostrais, demonstrando a existência de uma heterogeneidade dentro da mesma (Figura 7).

Figura 7 - Porcentagem de presença dos quatro elementos urbanos mais presentes na cidade em cada unidade amostral. Áreas circuladas indicam unidades amostrais com presença destes elementos urbanos diferente ao encontrado para a área de estudo total

Os testes de correlação indicaram que quanto maior a presença de áreas arborizadas e gramados, maiores são a riqueza e o contato às aves. Por outro lado, áreas construídas e com pisos impermeáveis contribuem negativamente para a riqueza e o número de contato (Tabela 3).

Tabela 3 - Correlação de Sperman (r) entre riqueza e número de contato às aves com os elementos urbanos

Elementos urbanos	Riqueza		Nº de contato	
	r	p	r	p
Cobertura arbórea	0,658	<0,0001	0,394	0,0001
Cobertura gramado	0,460	<0,0001	0,238	0,0233
Piso impermeável	-0,347	0,0008	-0,289	0,0056
Área construída	-0,581	<0,0001	-0,289	0,0056
Área piscina	0,055	0,6029	0,090	0,3950
Área sombra	-0,012	0,9099	-0,150	0,1560
Água pluvial	0,453	<0,0001	0,370	0,0003
Solo exposto	0,279	0,0077	0,279	0,0076

O melhor modelo gerado para explicar quais materiais urbanos influenciaram na riqueza de espécies, através da regressão múltipla realizada passo a passo (*stepwise*), finalizou com a inclusão de três variáveis independentes, das quatro utilizadas para esta análise. O modelo foi o seguinte:

$$\text{Riqueza} = 38,852 + 3,561 \text{ Ln(ARB)} - 0,003(\text{PISO})^2 - 4,982 \text{ Ln(CONSTR)}$$

$$R^2 = 0,603 \quad p < 0,0001$$

Onde, ARB é Cobertura arbórea, PISO é Piso impermeável, e CONSTR é Área construída.

Do mesmo modo, o melhor modelo gerado para número de contatos incluiu apenas as variáveis, Cobertura arbórea e Piso impermeável, não incluindo as áreas de Área construída como apresentado na correlação. O modelo foi o seguinte:

$$\text{Nº Contato} = 172,131 + 22,317 \text{ Ln(ARB)} - 1,278(\text{PISO})$$

$$R^2 = 0,222 \quad p < 0,0001$$

Onde, ARB é Cobertura arbórea, e PISO é Piso impermeável

4.4 Intervalo de coleta de dados por ponto fixo

Para as comparações sobre os intervalos de tempo adotados nas coletas de dados de cada ponto fixo, os cinco pontos que tiveram uma visita a menos no estudo foram descartados destas análises, trabalhando dessa forma, apenas com os dados de 85 pontos fixos. Com a exclusão destes pontos o número de espécies considerado passou a ser 105, e número de contato acumulado 15477.

O incremento no número acumulado de espécies e contato a cada três minutos adicionados no esforço amostral está ilustrado na Figura 8. Analisando os dados não foi constatada diferença significativa para a riqueza entre os dados observados quando adotado o intervalo de tempo de 9 e 12 minutos (Tabela 4). Já para o número de contato houve diferença significativa entre os dados provenientes de todos os intervalos utilizados (Tabela 4).

Figura 8 - Incremento do número médio de espécies (A) e número médio de contato (B) com os respectivos desvios padrões, a cada três minutos adicionados nas coletas de dados. Gráficos (C) e (D) mostram os valores absolutos obtidos em cada acréscimo de intervalo

Tabela 4 - Comparações entre riqueza e número de contato acumulado de toda área de estudo, conforme o acréscimo de 3 minutos nas coletas de dados. Valores do X^2 resultantes do teste de Kruskal-Wallis em itálico e valor de p logo abaixo. Resultado destacado indica não haver diferença significativa entre os dados provenientes dos intervalos analisados

intervalos	Riqueza				Contato			
	3'	6'	9'	12'	3'	6'	9'	12'
3'	X	<i>10.717</i>	<i>27.677</i>	<i>41.480</i>	X	<i>40.193</i>	<i>81.867</i>	<i>101.876</i>
		0.0011	<0.0001	<0.0001		<0.0001	<0.0001	<0.0001
6'		X	<i>5.162</i>	<i>14.539</i>		X	<i>17.223</i>	<i>42.921</i>
			0.0231	0.0001			<0.0001	<0.0001
9'			X	2.788			X	<i>8.565</i>
				0.0950				0.0034
12'				X				X

gl = 1

4.5 Período do ano

O número de contato não obteve diferença significativa entre as coletas realizadas no período seco e chuvoso, porém para riqueza, uma diferença foi observada (Tabela 5). O número de espécies observadas foi mesmo nos dois períodos (Tabela 6), entretanto, a composição específica foi diferente, com 86 espécies (81,1% do total) sendo observadas em ambos períodos, 10 espécies observadas exclusivamente no período seco e 10 exclusivamente no período chuvoso.

A similaridade de Jaccard apresentada entre as comunidades observadas em cada período foi de 81,1%.

Tabela 5 - Teste de comparação de médias através do teste Tukey com informações da análise de variância para riqueza e número de contato obtidos em diferentes período do ano

Período do ano	Riqueza	Contato
Chuvoso	11,62 a	30,57 a
Seco	11,06 b	30,12 a
Teste F	5,76	0,89
C.V experimental.(%)	17,90	11,53
Probabilidade	0,0168	0,3461
Média geral	11,34	30,34

Nota: Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferenças entre os períodos do ano pelo teste Tukey com 5% de probabilidade

Tabela 6 - Riqueza específica e número de contato observado durante o período chuvoso e seco

Período	Número de contato acumulado	Riqueza observada	Similaridade de espécies
Chuvoso	8114	96	81,1%
Seco	8018	96	

4.6 Fontes de desatenção do observador

Para as análises de ruído, novamente, os cinco pontos fixos que tiveram uma visita a menos no estudo foram descartados, considerando então, apenas os dados provenientes dos 85 pontos fixos restantes.

Os resultados retornaram que quanto maior o ruído sonoro no ponto de amostragem menor será o número de espécies e número de contato às aves (Tabela 7).

Tabela 7 - Análise de correlação de Sperman entre ruído sonoro e riqueza e número de contato às aves obtidos na área total de estudo

	Riqueza		Nº de contato	
	r	p	r	p
Ruído sonoro	- 0,565	<0,0001	-0,497	0,0001

A conversa esteve presente em apenas 39 unidades amostrais (43% do total) e em apenas 49 coletas de dados realizadas (9,1% do total). Desse modo, não foi encontrada diferença significativa na riqueza e número de contato obtido entre coletas realizadas na presença, e coletas realizadas na ausência de conversa com o observador (Tabela 8).

Tabela 8 - Teste de comparação de médias através do teste Tukey com informações da análise de variância para riqueza e número de contato obtidos em observações realizadas na presença e ausência de conversa

Conversa	Riqueza	Contato
Ausente	10,74 a	29,82 a
Presente	10,53 a	27,08 a
Teste F	0,64	0,70
C.V experimental.(%)	17,53	11,66
Probabilidade	0,4229	0,4037
Média geral	10,70	29,26

Nota: Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferenças entre os tratamentos pelo teste Tukey com 5% de probabilidade

5 DISCUSSÕES

5.1 Esforço amostral

A curva acumulativa de espécies demonstrou haver a possibilidade de serem encontradas novas espécies caso demais coletas fossem realizadas na área de estudo. Salienta-se que o critério de reunião de dados aplicado neste estudo influenciou neste resultado, já que as espécies foram consideradas unicamente durante as coletas realizadas nos pontos fixos. Algumas poucas espécies (*Amazonetta brasiliensis*, *Chloroceryle americana*, *Dendrocygna viduata*, *Hirundinea ferruginea*, *Synallaxis spixi* e *Tyto alba*) foram encontradas na cidade em ocasiões díspares, tais como entre o deslocamento de um ponto e outro e em dias em que não foram feitas coletas de dados. Estas foram visualizadas nas áreas próximas do Rio Piracicaba, local que em Negri, Desmonts e Longo (2009) também relatam demais espécies não observadas no presente estudo. Entretanto, com o esforço amostral realizado, o estimador Jackknife retornou um valor não muito superior ao número de espécies aqui observadas (diferença de nove espécies), sugerindo que dentre o número de espécies possíveis a serem registradas com o método, uma boa parcela foi acessada. Do mesmo modo, a amostragem estratificada mostrou-se eficiente, já que o erro amostral ficou dentro do previsto (10%), e o número de pontos utilizados supera o sugerido para o alcance de uma amostragem eficiente (28 pontos).

O esforço realizado resultou num valor aproximado de incremento de uma espécie nova a cada hora de levantamento realizado (0,99 espécies/hora), valor próximo ao encontrado em levantamentos realizados via pontos fixos em demais centros urbanos brasileiros. Na cidade de Uberlândia/MG, Santos (2005) registrou 56 espécies em 57,6 horas de levantamento realizado (0,975 espécies/hora), e em Porto Alegre/RS, Fontana (2004), registrou 134 espécies em 113 horas de coletas (1,18 espécies/hora). Ambos estudos foram realizados num período inferior a 20 meses e só consideram as espécies registradas nos pontos fixos.

5.2 Contagem de aves na presença de diferentes elementos urbanos

Baseando-se nos valores obtidos da estatística Kappa e na acurácia para as classificações automáticas supervisionadas das cenas e faixas de vôo utilizadas, pode-se assumir que não houve conflitos exacerbados na identificação dos pixels a cada classe adotada. Segundo Landis e Koch (1977), uma acurácia entre 80 a 100% representa uma classificação excelente. Em Yuan et al. (2005), a classificação supervisionada de uma área urbana obteve a estatística Kappa acima de 90%, sendo julgada como efetiva para as interpretações realizadas naquele estudo. Dessa forma, as imagens classificadas desta dissertação estavam aptas a serem utilizadas para a quantificação de suas classes sem correr o risco de cometer erros elevados em relação à verdade terrestre. Somado a este resultado, dentro dos 90 polígonos utilizados no estudo ainda houve o cuidado de se realizar a correção manual de eventuais pixels que foram identificados erroneamente na classificação. Assim, julga-se que a quantificação dos elementos urbanos se aproxima veemente da verdade terrestre dentro do polígono.

Com os elementos urbanos quantificados nos mesmos locais onde foram realizadas as coleta de dados de aves, as análises de correlação levantaram que a quantidade de cobertura arbórea, cobertura gramado, piso impermeável e área construída, influenciaram a riqueza e o número de contatos às aves observadas no estudo. Apesar deste levante, a regressão múltipla realizada destacou que para a riqueza específica, apenas as áreas de cobertura arbórea favorecem uma maior riqueza, enquanto piso impermeável e áreas construídas prejudicam a mesma. Do mesmo modo, para o número de contato a regressão múltipla destacou apenas as áreas de cobertura arbórea como preponderante a reunião de mais contatos, enquanto piso impermeável contribui negativamente neste caso. Estes resultados corroboram com o explanado em demais estudos, onde áreas ricas em cobertura arbórea podem comportar maior riqueza e abundância de aves no meio urbano, em oposição a áreas com maior quantidade de edificações e pavimentos (EMLEN, 1974; LANCASTER; REES, 1979; MILLS; DUNNING JR.; BATES, 1989; TILGHMAM, 1987; SODHI et al., 1999; LIM; SODHI, 2004; SANDSTRÖM; ANGELSTAM; MIKUSINSKI, 2006; LUTHER et al., 2008).

Na região estudada de Piracicaba, apesar das áreas construídas e pisos terem sido os dois elementos mais presentes, em algumas unidades amostrais houve uma variação na proporção dos elementos urbanos presentes, demonstrando que a porcentagem encontrada para a área de estudo não se aplica a alguns pontos. Este fato demonstra que o ambiente urbano pode ser heterogêneo. Logo, o levantamento de aves numa cidade deve considerar a variação na quantidade de seus elementos presentes quando questões ecológicas forem abordadas, já que os resultados demonstraram haver diferença no número de espécies e contato, de acordo com a presença dos elementos urbanos, podendo resultar em diferenças na comunidade de aves observadas (BLAIR, 1996, LIM; SODHI, 2004). Assim como aqui realizado, uma estratificação da cidade em função de algum elemento com grande importância às aves, como a presença de cobertura arbórea, ou numa escala maior, utilizando características regionais (e.g., SANDSTRÖM; ANGELSTAM; MIKUSINSKI, 2006; MERENLENDER; REED; HEISE, 2009) podem favorecer as análises ecológicas.

Outros elementos urbanos também apresentaram correlação significativa com as duas variáveis em análise. “Água pluvial” apresentou correlação significativamente positiva, tanto para riqueza quanto para número de contato, entretanto, poucas foram as espécies observadas utilizando este elemento. Este fato pode estar relacionado à presença de áreas de cobertura arbórea localizadas nos remanescentes de matas ciliares do rio Piracicaba. Assim, os pontos fixos localizados nestas matas ciliares apresentaram riqueza e número de contatos elevados devido à reunião de espécies ocorrentes tanto no leito d’ água, quanto em terra, sendo que algumas espécies possuíram um elevado número de indivíduos. Por exemplo, no caso biguá (*Phalacrocorax brasilianus*), a espécie obteve um grande número de registros nos pontos próximos do rio Piracicaba, mesmo padrão observado em Alves e Pereira (1998) na lagoa urbana Rodrigo de Freitas, na cidade do Rio de Janeiro.

No caso do elemento “Solo exposto” apesar de apresentar significativa correlação à riqueza e contato, deve-se tomar cuidado com este resultado. O mesmo esteve presente em apenas sete pontos fixos e em quantidades muito pequenas, não oferecendo desta forma segurança na interpretação desta. Do mesmo modo, acredita-se que as áreas referentes ao elemento “Sombra” e “Água piscina” não possuam

qualquer relação biológica com as espécies observadas, tampouco, devem influenciar o observador em registrar mais ou menos espécies e indivíduos. As sombras presentes nas imagens aéreas classificadas são resultados da posição do sol no exato momento em que estas imagens foram capturadas. Como esta posição varia de acordo com a época do ano, horário e condições climáticas, o delineamento utilizado não permite realizar qualquer interpretação em como este fator pode influenciar na contagem de aves.

Apesar destes elementos urbanos não apresentarem comprovadas relações biológicas pertinentes à ocorrência de aves, as classificações automáticas supervisionadas foram precedidas com estas classes a fim de evitar a super estimativa de alguns elementos mais presentes, caso fossem utilizados apenas os elementos urbanos destacados em vários estudos como preponderantes à ocorrência ou impedimento de espécies de aves no meio urbano, como árvores, gramados, edificações, áreas pavimentadas e corpos d'água (e.g., EMLLEN, 1974; LANCASTER; REES, 1979; MILLS; DUNNING JR.; BATES, 1989; SODHI et al., 1999; LIM; SODHI, 2004; SANDSTRÖM; ANGELSTAM; MIKUSINSKI, 2006; LUTHER et al., 2008).

A utilização de imagens aéreas e a classificação automática supervisionada como ferramenta para obter informações sobre a composição do ambiente urbano, e posterior utilização em questões ecológicas, mostrou-se eficiente, assim como em demais estudos que utilizam tal ferramenta (ONEAL; ROTENBERRY, 2009, van RENSBURG; PEACOCK; ROBERTSON, 2009). Contudo, sugere-se que haja o máximo de cuidado possível ao classificar os elementos existentes devido a alta variedade de materiais de origem antrópica utilizadas na urbanização, e a grande variedade na configuração dos mesmos.

5.3 Intervalo de coleta de dados por ponto fixo

O ambiente heterogêneo que existe dentro de uma cidade, da qual reúnem elementos urbanos pertinentes ao favorecimento ou não à ocorrência de um número de espécies e contatos a aves, foi aqui retratado pela área de estudo adotada. Considerando este cenário, e a realização de um período longo de estudo com um elevado número de coleta de dados ($n=535$), a análise do intervalo de tempo retornou

não haver diferença significativa no número de espécies observadas ao se proceder o estudo com um esforço amostral de nove minutos ou com 12 minutos por ponto fixo. Em contrapartida, o número de contato continuou crescendo significativamente conforme houve o acréscimo neste esforço amostral. Com isto, percebe-se que neste acréscimo de tempo de três minutos foram feitas recontagens de indivíduos, porém, com um incremento mínimo de espécies novas.

Deste modo, utilizar o método de ponto fixo com a finalidade de se levantar qualitativamente a comunidade de aves dentro de um meio urbano, um acréscimo de tempo após nove minutos não renderia significativamente um alto número de espécies novas no final do trabalho, sendo então este esforço adicional pouco aproveitado. Apenas aos estudos que visam gerar listagens de espécies de aves o mais completo possível, valorizando assim o registro de espécies raras e esporádicas, este acréscimo no esforço amostral poderia ser pertinente. Para o presente estudo, com 107 horas de coletas de dados realizadas, três minutos a menos por cada ponto fixo representa no final aproximadamente 27 horas a menos de trabalho de campo, sem considerar o tempo gasto com o deslocamento entre os pontos e possíveis eventualidades. Em Fontana (2004), apesar do tempo efetivo de coleta de dados ter sido de 113 horas, a autora destaca que considerando o tempo de deslocamento entre os pontos fixos o total de horas de trabalho de campo se elevava à cerca de 450 horas. Pensando nos recursos financeiros gastos por hora para se proceder a coleta de dados de aves, certamente cada recurso não efetivamente aproveitado é um fato indesejável numa pesquisa científica.

Para um levantamento com finalidades quantitativas, que utilizem índices de abundância, como o caso do IPA, o aumento no esforço amostral por ponto após nove minutos transcorridos podem gerar grandes recontagens de indivíduos, fato indesejável para o bom funcionamento do método (BIBBY et al., 2000). Espécies amplamente ocorrentes na cidade e altamente móveis, por exemplo, o Pardal (TUNER, 2003), poderiam ser super estimadas com um intervalo de tempo muito amplo. Logo, percebe-se que basear-se nos 20 minutos originalmente propostos em Blondel, Ferry e Frochot (1970) apud Vielliard e Silva (1990), Blondel, Ferry e Frochot (1981) para a aplicação do IPA, pode não ser recomendado para a quantificação das aves no ambiente urbano,

pelo menos não às áreas tropicais. Tilghman (1987) e Breeden et al. (2008), ambos utilizaram este intervalo de tempo em cidades norte americanas para quantificarem as aves observadas nos pontos, porém, não relataram problemas amostrais. Em Manhães e Loures-Ribeiro (2005) este intervalo também foi utilizado num estudo realizado na área urbana de Juiz de Fora/MG, porém, considerando apenas dados qualitativos.

O intervalo aqui destacado se aproxima com o sugerido em Fontana (2004), da qual defende o uso de oito minutos de intervalo por ponto. Entretanto, poucos estudos utilizaram intervalo próximo dos nove e oito minutos. Verifica-se a utilização de oito minutos em Bolger (1997), Cooper, (2002), Santos (2005), van Rensburg, Peacock e Robertson, (2009), e 10 minutos em Merenlender, Reed e Heise (2009) e Oneal e Rotenberry (2009). Além destes, demais estudos adotam outros intervalos de tempo por ponto, como no caso de 20 minutos, já citados acima, e cinco minutos (TURNER, 2003; LUTHER et al., 2005; SANDSTRÖM; ANGELSTAN; MIKUSISKI, 2006; LOSS; RUIZ; BRAWN, 2009). Entre estes, poucos apresentam justificativa da escolha do intervalo por ponto com base em um trabalho experimental ou em um protocolo de campo definido. Por exemplo, Bolger (1997), Luther et al. (2008) e Merenlender, Reed e Heise (2009) se basearam em protocolos desenvolvidos no país onde tais estudos foram conduzidos (e.g., RALPH et al., 1993; RALPH; SAUER; DROEGE, 1995). Os demais não apresentam tal justificativa, e em Santos (2005) o intervalo é adotado baseando-se em Cooper (2002), um estudo realizado numa área ampla que reúne áreas urbanizadas e não urbanizadas, que por sua vez, não explica o porquê deste intervalo.

Apesar de serem encontrados estudos que adotam intervalos de tempo por ponto fixo distintos, todos estes possuíram diferentes esforços amostrais totais, além de serem conduzidos em diferentes cidades do globo, e até mesmo sendo realizados com número diferentes de observadores, fatores que podem dificultar comparações entre os estudos (DAWSON, 1981). Os objetivos específicos são diferentes, mas todos utilizaram o método de ponto fixo para coletar os dados sobre a comunidade de aves locais e cruzá-los com variáveis do habitat, buscando compreender questões ecológicas frente a antropização presente neste ecossistema. Devido a esta falta de padronização, torna-se difícil reconhecer se o intervalo de tempo aqui levantado poderia render resultados efetivos com otimização de recursos à tais estudos consultados.

Os resultados levantados através da avifauna em diferentes zonas urbanas são na maioria das vezes corroborados por estudos que utilizam metodologias diferentes (CHACE; WALSH, 2006). Porém, caso o método de ponto fixo venha ser utilizado como ferramenta no ambiente urbano, torna-se necessária cautela na adoção do intervalo de tempo por ponto fixo, visto que erros amostrais e não a otimização dos recursos financeiros são riscos possíveis. Sugere-se então que os próximos estudos tomem como base demais trabalhos experimentais já realizados em cidades que possuam características geográficas e ambientais próximas, ou protocolos desenvolvidos para tais localidades.

5.4 Período do ano

Em relação ao período do ano, Best (1981) ressalta que a amostragem de aves realizadas em diferentes períodos pode retornar resultados diferentes. Isto seria responsabilizado pela possibilidade de ocorrerem variações no número de espécies observadas na comunidade local, graças a movimentos sazonais e migratórios de algumas espécies (CATTERALL et al., 1998; BIBBY et al., 2000), e também pela diminuição da conspicuidade de algumas espécies nas épocas não reprodutivas (DAWSON, 1981; RALPH; SAUER; DROEGE, 1995; BIBBY et al., 2000), ou assim que atividades de nidificação se iniciam (e.g., KROODSMA; PARKER, 1977). Se as vocalizações não estão presentes, as detecções às aves podem ficar comprometidas (BREWSTER; SIMONS, 2009). Por esse motivo protocolos de estudo recomendam que as coletas de dados sejam concentradas no período reprodutivo (RALPH et al., 1993) quando a maioria das atividades vocais estão altas (DEVELEY, 2004), favorecendo a observação de um número alto de espécies, e evitando também os movimentos sazonais. Este procedimento é adotado em estudos realizados em cidades localizadas nas zonas temperadas (e.g, TILGHMAM, 1987; MILLS; DUNNING JR.; BATES, 1989; BOLGER; SCOTT; ROTENBERRY, 1997; TUNER, 2003; SANDSTRÖM; ANGELSTAM; MIKUSINSKI, 2006, ; LUTHER et al., 2008; LOSS; RUIZ; BRAWN, 2009; ONEAL; ROTENBERRY, 2009), Entretanto, apesar destas variações no número de espécies serem ressaltadas por estudos e protocolos desenvolvidos em zonas temperadas uma

sazonalidade de espécies pode ser visualizada também nas zonas tropicais, desde estudos realizados em locais com pouca perturbação antrópica (e.g., ANTUNES, 2008, TINOCO, 2009), até locais com graus de perturbação consideráveis como em um ambiente florestal imerso em matriz urbana (ALEIXO; VIELLIARD, 1995), e em um agroecossistema (DONATELLI; COSTA; FERREIRA, 2004). Desconsiderando a possibilidade de existirem demais variáveis que expliquem tais sazonalidades nos trópicos, por existir estes relatos, muitas vezes estudos em cidades de zonas tropicais também adotam o levantamento nas cidades apenas numa única época do ano (e.g., MANHÃES; LOURES-RIBEIRO, 2005; van RENSBURG; PEACOCK; ROBERTSON, 2009).

Para o presente estudo, apenas a riqueza específica foi significativamente diferente de acordo com o período do ano amostrado, já o número de contatos permaneceu praticamente igual. Apesar de uma sazonalidade ter sido observada em Piracicaba em Alexandrino et al. (2009), com a partida de representantes da família Tyrannidae (Passeriformes) no período seco, retornando novamente no período chuvoso seguinte, o número de espécies observadas em ambos os períodos foi o mesmo, e o número de espécies observadas exclusivamente em cada período foi relativamente baixo ($n=10$) quando comparado com o número total de espécies. Assim, acredita-se que a similaridade de Jaccard entre os períodos tenha ficado elevada (81,1%), devido esta pequena diferença na composição de espécies observadas em cada período.

Observando demais estudos realizados em áreas urbanas e suburbanas poucos levantam uma diferença significativa entre o número de espécies registradas em períodos diferentes (e.g., LANCASTER; REES, 1979, JOKIMÄKI; SUHONEN 1998, CATTERALL et al., 1998; SANTOS 2005, SILVA; BLAMIRE, 2007). Destes, apenas dois estudos são ocorrentes em cidades tropicais: Santos (2005), realizado em Uberlândia - MG, e Silva e Blamires (2007) realizado em Iporá - GO, ambas cidades brasileiras.

Sabe-se que a grande maioria das espécies ocorrentes no meio urbano estão geralmente bem adaptadas as particularidades deste ecossistema (OREN; SMITH, 1978; SICK, 1997, McGOWAN, 2001). Vários estudos relatam a ocorrência de espécies

insetívoras e onívoras em várias cidades do globo (MATARAZZO-NEUBERGER, 1995; JOKIMÄKI; SUHONEN, 1998; FRANCHIN; MARÇAL JUNIOR, 2002; LIM; SODHI, 2004; FRANCHIN; MARÇAL JUNIOR, 2004; VALADÃO; FRANCHIN; MARÇAL JUNIOR, 2006). Estes hábitos alimentares permitem o estabelecimento e sobrevivência destas aves nas cidades o ano todo, já que tais recursos podem ser facilmente provido graças a heterogeneidade e diversidade de habitats encontrados nas cidades (ENLEM 1974; LIM; SODHI, 2004; CHACE; WALSH, 2006).

Assim, do mesmo modo como realizado na presente dissertação, estudos urbanos que relataram uma diferença na riqueza de espécies entre os períodos do ano, abrangeram suas coletas de dados em poucos anos, o que não permite a realização de réplicas temporais necessárias para visualizar se de fato existe a possibilidade de serem encontradas riquezas significativamente diferentes nas cidades das zonas tropicais. Acredita-se que com uma continuidade das coletas, abrangendo anos diferentes, haveria uma maior segurança em verificar se a diferença aqui levantada se procede realmente.

Porém, considerando o resultado obtido e observando os relatos de demais estudos, sugere-se que para um levantamento qualitativo nas cidades tropicais, quando possível sejam procedidas coletas de dados em diferentes épocas do ano, já que há a possibilidade de ocorrerem diferenças no número de espécies.

5.5 Fontes de desatenção do observador

Em relação ao ruído urbano os resultados indicaram que conforme há o aumento do ruído há a tendência na diminuição no número de espécies e contato. Graças ao delineamento utilizado nesta dissertação, os resultados levantados corroboram com Alldredge, Simons e Pollock (2007), Simons et al. (2007), Breeden et al. (2008) e Pacifici, Simons e Pollock (2008), onde o ruído é considerado prejudicial à detecção das aves pelo observador. A conversa, outra fonte de desatenção ao observador, não surtiu diferença nos resultados aqui obtidos. Devido ao baixo número de pontos e coletas em que a conversa esteve presente, acredita-se que o potencial de desatenção que esta variável pode causar acabou não sendo verificada. Salienta-se que esta variável não

podia ser controlada nos experimentos, já que o delineamento amostral partiu da tentativa de evitar o preparo do observador a este evento praticamente aleatório. Dessa forma, houve o máximo cuidado em se aproximar da realidade que qualquer observador deverá enfrentar ao utilizar este método, ou seja, não conseguir prever e se preparar para esta fonte de desatenção.

Ao contrário com o que acontece em ambientes florestais, onde grande parte dos registros às aves é realizada via registros auditivos (DeJONG; ENLEM, 1985; SAUER; PETERJOHN; LINK, 1994; VIELLIARD, 2000; BREWSTER; SIMONS, 2009), para o este estudo não houveram diferenças exacerbadas no número de registros mistos (36,9%) (visuais e auditivos subsequente), e exclusivamente visuais (33,8%) ou auditivos (29,3%). Apesar disso, em todas as observações realizadas, claramente quando as intensidades sonoras nos pontos tornavam-se elevadas ou quando alguma conversa era iniciada, a atenção do observador no ponto era prejudicada. Em Brewster e Simons (2009), um experimento realizado num ambiente florestal, foi levantado que a tendência é primeiramente o observador ouvir a ave e depois visualizá-la, dirigindo, então, sua atenção para a fonte da vocalização. Logo, na cidade, em momentos com elevado ruído sonoros a audição acaba sendo anulada, prejudicando a coleta de dados.

Os erros amostrais ocasionados pelas fontes de desatenção podem estar principalmente relacionados com a contagem dos indivíduos presentes no ponto, já que em Simons et al. (2007), um experimento controlado, foi constatado que a adição de ruídos sonoros de diversas naturezas comprometem o sucesso na estimativa das distâncias da vocalização das aves por parte dos observadores. Além do ruído alto, as pequenas interferências causadas pelas conversas, poderiam ter causado algum descontrole no monitoramento às aves necessário para a coleta do número de contatos sem gerar recontagens. Somado a isto a variação existente na vocalização das espécies pode comprometer as estimativas de abundâncias das mesmas (SCHIECK, 1997) se o observador não mantiver uma boa atenção durante as contagens.

Desta forma, os levantamentos de aves no meio urbano quando forem delineados devem considerar a possibilidade de existirem ruídos, assim como já salientado em Breeden et al. (2008). Logo, a alocação dos pontos amostrais em locais com menos ruídos (e.g., LOSS; RUIZ; BRAWN, 2009), ou realizar o levantamento apenas em

momentos que haja pouco ruído (e.g., TUNER, 2003), tais como em finais de semana como utilizado em Breeden et al. (2008), podem ser consideradas alternativas para evitar problemas na coleta de dados. Entretanto, reconhece-se que quando se quer realizar um levantamento na totalidade da cidade, muitas vezes a escolha por locais com tais características pode ser inexistente, ou realizar levantamentos de aves somente em finais de semana pode ser inviável. Logo, caso não seja possível um delineamento desta forma, sugere-se que o observador realize um treino antecipado a fim de prover uma maior familiaridade com a vocalização das espécies ocorrentes na cidade em questão, aumentando assim a habilidade de reconhecer a vocalização das espécies mesmo na presença de ruídos, e prover a eficiência na identificação via registros visuais apenas (KEPLER; SCOTT, 1981).

Do mesmo modo, observando os resultados aqui obtidos sugere-se que se o método de ponto fixo for bem aplicado, com o observador mantendo sua atenção às aves e não incentivando a conversa com curiosos, a possibilidade de haverem conversas numa área urbana pode ser baixa, evitando assim, mais esta possível fonte de desatenção.

6 CONCLUSÕES

O número de espécies de aves ocorrentes no meio urbano e o número de contatos a serem obtidos num levantamento, são dependentes da quantidade dos elementos urbanos presentes nas cidades. Deste modo, reconhecer a distribuição destes elementos e estratificar a área de estudo em função de uma característica do habitat importante à maioria das espécies de aves é uma prática favorável à reunião de um elevado número de espécies com comportamentos distintos dentro deste ecossistema heterogêneo.

A utilização do método de ponto fixo no meio urbano deve adotar um intervalo de tempo de coleta de dados não superior a nove minutos para cada visita nos pontos. Após este intervalo o incremento de espécies novas é significativamente baixo, porém o número de contatos continua crescendo, indicando haver recontagens de indivíduos.

Quando possível, diferentes épocas do ano devem ser utilizadas para as coletas de dados, já que podem ser encontradas diferenças no número de espécies entre as estações.

O ruído sonoro presente no meio urbano pode prejudicar a reunião do número de espécies e número contatos nos pontos fixos, e por isso sempre que possível devem ser evitadas coletas de dados na presença elevada deste fator.

A incidência de casos onde o observador é interrompido por pessoas curiosas durante a coleta de dados nos pontos fixos é baixa no meio urbano, desde que o observador mantenha-se concentrado no seu trabalho. Logo, este fator pode não atrapalhar significativamente a reunião dos dados da comunidade de aves urbanas.

REFERÊNCIAS

ADAMS, L.W. **Urban wildlife habitats**: a landscape perspective. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1994. 186 p.

ALBERTI, M.; BOTSFORD, E.; COHEN, A. Quantifying the urban gradient: linking urban planning and ecology. In: MARZLUFF, J.M.; BOWMAN, R.; DONNELLY, R. (Ed.). **Avian ecology and conservation in an urbanizing world**. Massachusetts: Kluwer Academic, 2001. chap. 5, p. 89-116.

ALEIXO, A.; VIELLIARD, J.M.E. Composição e dinâmica da avifauna da mata de Santa Genebra, Campinas, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 12, n. 3, p. 493-511, 1995.

ALEXANDRINO, E.R.; BOVO, A.A.A.; FERRAZ, K.M.P.M.B.; COUTO, H.T.Z. Tiranídeos (Aves: Passeriformes) migratórios ocorrentes na cidade de Piracicaba/SP, sudeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ORNITOLOGIA, 17., 2009, Aracruz. **Livro de resumos...** Aracruz, 2009. p. 42.

ALLDREDGE, M.W.; POLLOCK, K.H.; SIMONS, T.R. Estimating detection probabilities from multiple observer point counts. **The Auk**, Lawrence, v.123, n.4, 1172-1182, Oct. 2006.

ALLDREDGE, M.W.; SIMONS, T.R.; POLLOCK, K.H. A field evaluation of distance measurement error in auditory avian point count survey. **Journal of Wildlife Management**, Bethesda, v. 71, n. 8, p. 2759-2766, 2007.

ALVES, M.A.S.; PERREIRA, E.F. Richness, abundance and seasonality of BIRD species in a lagoon of an urban area (Lagoa Rodrigo de Freitas) of Rio de Janeiro, Brazil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, São Leopoldo, v. 6, n. 2, p. 110-116, dez. 1998.

ANJOS, L. A eficiência do método de amostragem por pontos de escuta na avaliação da riqueza de aves. **Revista Brasileira de Ornitologia**, São Leopoldo, v. 15, n. 2, p. 239-243, jun. 2007.

ANTUNES, A.Z. Diurnal and seasonal variability in bird counts in a forest fragment in southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 25, n. 2, p. 228-237, jun. 2008.

BEST, L.B. Seasonal changes in detection of individual bird species. **Studies in Avian Biology**, Lawrence, n. 6, p. 252-261, 1981.

BETINI, G.S. **Amostragem de aves por pontos em uma floresta estacional semidecidual, São Paulo, Brasil**. 2001. 54 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

BIBBY, C.J.; BUCKLAND, S.T. Bias of bird census results due to detectability varying with habitat. **Acta Oecologica / Oecologia Generalis**, Paris, v. 8, n. 2, p. 103-112, 1987.

BIBBY, C.J.; BURGESS, N.D.; HILL, D.A.; MUSTOE, S.H. **Bird census techniques**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 2000. 302 p.

BLAIR, R.B. Land use and avian species diversity along an urban gradient. **Ecological Applications**, Washington, v. 6, n. 2, p. 504-519. May 1996.

_____. Creating a homogeneous avifauna. In: MARZLUFF, J.M.; BOWMAN, R.; DONNELLY, R. (Ed.). **Avian ecology and conservation in an urbanizing world**. Massachusetts: Kluwer Academic, 2001. chap. 22, p. 459-486.

BLAIR, R.B.; LAUNER, A.E. Butterfly diversity and human land use: species assemblages along an urban gradient. **Biological Conservation**, Barking, v. 80, n. 1, p. 113-125, 1997.

BLONDEL, J.; FERRY, C.; PROCHOT, B. La method des indices ponctuels d'abundance (I.P.A) ou des relevés d'avifaune par “stations d' écoute”. **Alauda**, Paris, v. 38, n. 1, p. 55-71, 1970.

_____. Point counts with unlimited distance, **Studies in Avian Biology**, Lawrence, n. 6, p. 414-420, 1981.

BOLGER, D.T.; SCOTT, T.A.; ROTENBERRY, J.T. Breeding bird abundance in an urbanizing landscape in coastal southern California. **Conservation Biology**, Boston, v. 11, n. 2, p. 406-421, Apr. 1997.

BREEDEN, J.B.; HERNÁNDEZ, F.; BINGHAM, R.L.; SILVY, N.J.; WAGGERMAN, G.L. Effects of traffic noise on auditory surveys of urban white-winged doves. **The Wilson Journal of Ornithology**, Lawrence, v. 120, n. 2, p. 384-389, June 2008.

BREWSTER, J.P.; SIMONS, T.R. Testing the importance of auditory detections in avian point counts. **Journal of Field Ornithology**, New Ipswich, v. 80, n. 2, p. 178-182, 2009.

BRUN, F.G.K.; LINK, D.; BRUN, J.E. O emprego da arborização na manutenção da biodiversidade de fauna em áreas urbanas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 2, n. 1, p. 117-127, mar. 2007.

CATTERALL, C.P.; KINGSTON, M.B.; PARK, K.; SEWELL, S. Deforestation, urbanization and seasonality: Interacting effects on a regional bird assemblage. **Biological Conservation**. Barking, v. 74, n. 1, p. 46-69, Apr. 1998.

CHACE, J.F.; WALSH, J.J. Urban effects on native avifauna: a review. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 46, n. 4, p. 209-215, Jan. 2006.

CLERGEAU, P.; MENNECHEZ, G.; SAUVAGE, A.; LEMOINE, A. Human perception and appreciation of birds: A motivation for wildlife conservation in urban environments of France. In: MARZLUFF, J.M.; BOWMAN, R.; DONNELLY, R. (Ed.). **Avian ecology and conservation in an urbanizing world**. Massachusetts: Kluwer Academic, 2001. chap. 4, p. 69-88.

CLEARGEU, P.; SAVARD, J-P.L.; MENNECHEZ, G.; FALARDEU, G. Birds abundance and diversity along an urban-rural gradient: A comparative study between two cities on different continents. **The Condor**, Los Angeles, v. 100, n. 3, p. 413-425, 1998.

CLERGEAU, P.; CROCI, S.; JOKIMÄKI, J.; KAISANLAHTI- JOKIMÄKI, M.; DINETTI, M. Avifauna homogenization by urbanization: analysis at different European latitudes. **Biological Conservation**, Essex, v.127, p. 336-344, 2006.

COLWELL, R.K. **EstimateS**: statistical estimation of species richness and shared species from samples. User's guide and application, Version 8, 2006. Disponível em: <<http://purl.oclc.org/estimates>> Acesso em: 10 mar. 2010.

COLWELL, R.K.; CODDINGTON, J.A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences**, London, v. 345, n. 1311, p. 101-118, July 1994.

COCHRAN, W.G. **Sampling techniques**. New York: John Wiley, 1977. 428 p.

CONOVER, M.R. Wildlife management by metropolitan residents in the United States: practices, perceptions, costs, and values. **Wildlife Society Bulletin**, Bethesda, v.25, n.2, p. 306-311, 1997.

COOPER, D. S. Geographic associations of breeding bird distributions in a urban open space. **Biological Conservation**, Barking, v. 104, n. 2, p. 205-210, 2002.

DANTAS, I.C.; SOUZA, C.M.C. Arborização urbana da cidade de Campina Grande – PB: inventário e suas espécies. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Recife, v. 4, n. 2, 2004.

DAWSON, D.G. Counting birds for a relative measure (index) of density, **Studies in Avian Biology**, Lawrence, n. 6, p. 12-17, 1981.

DeJONG, M.; EMLEN, J.T. The shape of the auditory detection function and its implications for songbird censuring. **Journal of Field Ornithology**, New Ipswich, v. 56, n. 3, p. 213-320. 1985.

DEVELEY, P.F. Métodos para estudos com aves. In: CULLEN Jr., L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Org.) **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: UFPR, 2004. cap 6, p. 153-168.

DEVELEY, P.F.; MARTENSEN, A.C. As aves da Reserva Florestal do Morro Grande (Cotia, SP). **Biota Neotropica**, Campinas, v. 6, n. 2, 2006. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/abstract?article+bn00706022006>>. Acesso em: 12 set. 2008.

DONATELLI, R.J.; COSTA, T.V.V.C.; FERREIRA, C.D. Dinâmica da avifauna em fragmento de mata na Fazenda Rio Claro, Lençóis Paulista, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 21, n. 1, p. 97-114, mar. 2004.

EMLEN, J.T. An urban bird community in Tucson, Arizona: derivation, structure, regulation. **The Condor**, Los Angeles, v. 76, n. 2, p. 184-197, 1974.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Using ArcView GIS**. New York: ESRI Press, 1996. 340 p.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”. Departamento de Engenharia de Biosistemas. **Base de dados da Estação Meteorológica Automatizada**: área de Física e Meteorologia - Piracicaba, SP. Dados de 15 em 15 minutos. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/automatica/diario2008.xls>>. Acesso em: 09 mar. 2010.

FERNÁNDEZ-JURICIC, E. Avian spatial segregation at edges and interiors os urban parks in Madrid, Spain. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 10, n. 8, p. 1303-1316, Aug. 2001.

FONTANA, C.S. **Estrutura de uma comunidade urbana de aves: um experimento em Porto Alegre, Rio Grande do Sul**. 2004. 166 p. Tese (Doutorado em Zoologia) – Instituto de Biociências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

FRANCHIN, A.G.; MARÇAL JUNIOR, O. A riqueza da avifauna urbana em praças de Uberlândia (MG). **Revista Horizonte Científico**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 1-20, 2002.

_____. A riqueza da avifauna no Parque Municipal do Sabiá, zona urbana de Uberlândia (MG). **Biotemas**, Florianópolis, v. 17, n. 1, p. 179-202, 2004.

GEHRT, S.D.; CHELSVIG, J.E. Bat activity in an urban landscape: Patterns at the landscape and microhabitat scale. **Ecological Applications**, Washington, n. 13, p. 939-950, 2003.

GEOSPATIAL SYSTEMS. Disponível em: <<http://www.geospatialsystems.com/imaging-products/kcm-cameras/ms-4100/>>. Acesso em: 10 ago. 2009

GILBERT, F.F. Public attitudes toward urban wildlife: A pilot study in Guelph, Ontário. **Wildlife Society Bulletin**, Bethesda, v. 10, p. 245-253, 1982.

GILBERT, O.L. **The ecology of urban habitats**. London: Chapman and Hall, 1989. 369 p.

GUSSONI, C.O.A.; GUARALDO, A.C. **Aves do câmpus da UNESP em Rio Claro**. Rio Claro: Gussoni & Guaraldo, 2008. 174 p.

HELTSHE J.F.; FORRESTER, N.E. Estimating species richness using the Jackknife procedure. **Biometrics**, Washington, v. 39, n. 1, p. 1-11, 1983.

HUTTO, R.L.; PLETSCHE, S.M.; HENDRICKS, P. A fixed-radius point count method for non breeding and breeding season use. **The Auk**, Lawrence, v. 103, n. 3, p. 593-602, July 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFICA E ESTATÍSTICA, Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat>>. Acesso em: 02 mar. 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS E PLANEJAMENTO DE PIRACICABA, Disponível em: <<http://www.ipplap.com.br/acervoin.php?id=517>>. Acesso em: 02 mar. 2010.

JELLEN, B.; SYRSTAD, T. **VBA and Macros for Microsoft Excel**: business solutions. Indianapolis: Sams Publ., 2004. 550 p.

JELLINEK, S.; DRISCOLL, D.A.; KIRKPATRICK, J. B. Environmental and vegetation variables have a greater influence than habitat fragmentation in structuring lizards communities in remnant urban bushland. **Austral Ecology**, Carlton, v. 29, n. 3, p. 294-304, 2004.

JOKIMÄKI, J.; SUHONEN, J. Distribuiton and habitat selection of wintering birds in urban environments. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 39, n. 4, p. 253-263, Jan. 1998.

KEPLER, C.B.; SCOTT, J.M. Reducing bird count variability by training observers. **Studies in Avian Biology**, Lawrence, n. 6, p. 366-371, 1981.

KONISHI, M.; EMLLEN, S.T.; RICKLEFS, R.E.; WINGFIELD, J.C. Contributions of birds studies to biology. **Science**, New York, v. 246, n. 4929, p. 465-472, Oct. 1989.

KREBS, C.J. **Ecological methodology**. 2nd ed. Menlo Park: Addison Wesley; Longman, 1999. 620 p.

KROODSMA, D.E.; PARKER, L.D. Vocal virtuosity in the brown thrasher. **The Auk**. Lawrence, v. 94, n. 4, p. 783-785, Oct. 1977.

LANCASTER, R.K.; REES, W.E. Bird communities and the structure of urban habitats. **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 57, n. 12, p. 2358-2368, 1979.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Washington, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.

LIM, H.C.; SODHI, N.S. Responses of avian guilds to urbanization in a tropical city. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 66, n. 4, p. 199-215, Feb. 2004.

LIMA FILHO, J.A.; MEDEIROS, M.A.S. Impactos adversos na avifauna causados pelas atividades de arborização urbana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Recife, v. 6, n. 2, p. 375-390, 2006.

LOPES, E.V.; ANJOS, L. A composição da avifauna do campus da Universidade Estadual de Londrina, norte do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 145-156, mar. 2006.

LOSS, S.R.; RUIZ, M.O.; BRAWN, J.D. Relationships between avian diversity, neighborhood age, income, and environmental characteristics of urban landscape. **Biological Conservation**, Essex, v. 142, n. 11, p. 2578-2585, Nov. 2009.

LUTHER, D.; HILTY, J.; WEISS, J.; CORNWALL, C.; WIPF, M.; BALLARD, G. Assessing the impact of local habitat variables and landscape context on riparian birds in agricultural, urbanized, and native landscapes. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 17, n. 8, p. 1923-1935, July 2008.

MANHÃES, M.A.; LOURES-RIBEIRO, A. Spatial distribution and diversity of BIRD community in an urban area of southeast Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 48, n. 2, p. 285-294, mar. 2005.

MARZLUFF, J.M. Worldwide urbanization and its effects on birds. In: MARZLUFF, J.M.; BOWMAN, R.; DONNELLY, R. (Ed.). **Avian ecology and conservation in an urbanizing world**. Massachusetts: Kluwer Academic, 2001. chap. 2, p. 19-47.

MARZLUFF, J.M.; EWING, K. Restoration of fragmented landscapes for the conservation of birds: a general framework and specific recommendations for urbanizing landscapes. **Restoration Ecology**, Malden, v. 9, n. 3, p. 280-292, 2001.

MATARAZZO-NEUBERGER, W.M. Lista das aves observadas na cidade universitária "Armando Salles de Oliveira", São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v.50, n.1, p. 507-511, 1990.

_____. Comunidades de aves de cinco parques e praças da Grande São Paulo, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ornitologia**, Rio de Janeiro, v. 3, p. 13-19, dez. 1995.

MAURER, U.; PESCHEL, T.; SCHMITZ, S. The flora of selected urban land-use types in Berlin and Potsdam with regard to nature conservation in cities. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 46, n. 4, p. 209-215, Feb. 2000.

McDONNELL, M.J.; PICKETT, S.T.A. Ecosystem structure and function along urban-rural gradients: an unexplored opportunity for ecology. **Ecology**, Washington, v. 71, p. 1232-1237, 1990.

McGOWAN, K.J. Demographic and behavioral comparisons of suburban and rural american crows. In: MARZLUFF, J.M.; BOWMAN, R.; DONNELLY, R. (Ed.). **Avian ecology and conservation in an urbanizing world**. Massachusetts: Kluwer Academic, 2001. chap. 17, p. 365-381.

McKINNEY, M.L. Urbanization, biodiversity and conservation. **Bioscience**, Washington, v. 52, n. 10, p. 883-890, Oct. 2002.

_____. Urbanization as a major cause of the biotic homogenization. **Biological Conservation**, Essex, v. 127, n. 3, p. 247-260, Jan. 2006

MERENLENDER, A.M.; REED, S.E.; HEISE, K.L. Exurban development influences woodland bird composition. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 92, n. 3/4, p. 255-263, Sept. 2009.

MIDDLETON, J. Effects of urbanization on biodiversity in Canada. In: KEITH, A. (Ed.). **Biodiversity in Canada: a science assessment for environment Canada**. Ottawa: Environment Canada, 1994. p. 15-20.

MILLER, J.R.; FRATERRIGO, J.M.; HOBBS, N.T.; THEOBALD, D.M.; WIENS, J.A. Urbanization, avian communities, and landscape ecology. In: MARZLUFF, J.M.; BOWMAN, R.; DONNELLY, R. (Ed.). **Avian ecology and conservation in an urbanizing world**. Massachusetts: Kluwer Academic, 2001. chap. 6, p. 117-138.

MILLS, G.S.; DUNNING JR, J.B.; BATES J. M. Effects of Urbanization on breeding bird community structure in southwestern desert habitats. **The Condor**, Los Angeles, v. 91, n. 2, p. 416-428, 1989.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa: UFV, 2003. 307 p

NEGRI, D.; DESMONTS, F.; LONGO, L. **Nosso rio, nossas aves: às margens do rio Piracicaba**. São Paulo: SENAC, 2009. 119 p.

NICHOLS, J.D.; HINES, J.E.; SAUER, J.R.; FALLON, F.W.; FALLON, J.E.; HEGLUND, P.J. A double-observer approach for estimating detection probability and abundance from point counts. **The Auk**, Lawrence, v. 117, n. 2, p. 393-408, Apr. 2000.

ÖCKINGER, E.; DANNESTAM, A.; SMITH H.G. The importance of fragmentation and habitat quality of urban grasslands for butterfly diversity. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 93, n. 1, p. 31-37, Oct. 2009.

OLIVEIRA, D.C.; BENNEMANN, S. T. Ictiofauna, recursos alimentares e relações com as interferências antrópicas em um riacho urbano no sul do Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 95-107, 2005.

ONEAL, A.S.; ROTENBERRY, J.T. Scale-dependent habitat relations of birds in riparian corridors in an urbanizing landscape. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 92, n. 3/4, p. 264-275, Sept. 2009.

OREN, D.C.; SMITH, N.J.H. O bico-de-lacre (*Estrilda astrild*): um passarinho africano na avifauna de Manaus. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 8, n. 4, p. 699-701, 1978.

PACIFICI, K.; SIMONS, T.R.; POLLOCK, K.H. Effects of vegetation and background noise on the detection process in auditory avian point-count surveys. **The Auk**, Lawrence, v. 125, n. 3, p. 600-607, July 2008.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Relatório do desenvolvimento humano 2005**. Tradução de J.F. e Silva. Lisboa: Ana Paula Faria Editora. 2005. 372 p.

RALPH, C.J.; SCOTT, J.M. Estimating birds of terrestrial birds. **Studies in Avian Biology**, Lawrence, n. 6, 1981. 641 p.

RALPH, C.J.; SAUER, J.R.; DROEGE, S. Managing and monitoring birds using point counts: standards and applications. In: RALPH, C.J.; DROEGE, S.; SAUER, J.R. (Ed.). **Monitoring landbirds with point counts**. Albany: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station; 1995. p. 261-268. (General Technical Report, PSW-GTR-149).

RALPH, C.J.; GEUPEL, G.R.; PYLE, P.; MARTIN, T.E.; DeSANTE, D.F. **Handbook of field methods for monitoring landbirds**. Albany: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. 1993. 41 p. (General Technical Report, PSW-GTR-144).

REES, W.E. Urban ecosystems: The human dimension. **Urban Ecosystems**. New York, v. 1, n. 1, p. 63-75, 1997.

REIJNEN, R.; FOPPEN, R.; BRAAK, C.T.; THISSEN, J. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland III. Reduction of density in relation to the proximity of main roads. **The Journal of Applied Ecology**. Oxford, v. 32, n. 1, p. 187-202, Feb. 1995.

REYNAUD, P.A.; THIOULOUSE, J. Identification of birds as biological markers along a neotropical urban-rural gradient (Cayenne, French Guiana), using co-inertia analysis. **Journal of Environmental Management**, London, v. 59, n. 2, p. 121-140, June 2000.

ROBBINS. C.S.; STALLCUP, R.W. Problems in separating species with similar habits and vocalizations. **Studies in Avian Biology**, Lawrence, n. 6, p. 360-361, 1981.

ROLLO, F.M.A.; SILVA FILHO, D.F.; COUTO, H.T.Z. ; POLIZEL, J.L. Uso de cenas videográficas para a avaliação da floresta urbana. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 3, p. 63-79, 2007a. Disponível em: <<http://www.revsbau.esalq.usp.br/volume2numero32007.html>>. Acesso em: 05 jun. 2008.

ROLLO, F.M.A.; SILVA FILHO, D. F.; COUTO, H.T.Z.; POLIZEL, J.L. MIZUTA, D.; PASSARINI, L.; GARCIA, R.G.S.; MOLIN, P.G. Avaliação do tecido urbano de Piracicaba- SP em dois momentos por meio de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007b. p. 653-660.

ROSENSTOCK, S.; ANDERSON, D.R.; GIESEN, K.M.; LEUKERING, T.; CARTER, M.E. Landbird counting techniques: current practices and an alternative. **The Auk**, Lawrence, v. 119, n. 1, p. 46-53, Jan. 2002.

RUSZCZYK, A.; RODRIGUES, J.J.G.; ROBERTS, T. M. T.; BENDATI, M. M. A.; DEL PINO, R. S.; MARQUES, J. C.V.; MELO, M.Q. Distribution patterns of eight birds species in the urbanization gradient of Porto Alegre, Brazil. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 39, n.1, p. 14-19, 1987.

SANDSTRÖM, U.G.; ANGELSTAM, P.; MIKUSINSKI, G. Ecological diversity of birds in relation to the structure of urban green space **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 77, n. 1/2, p. 39-53, June 2006.

SANTOS, A.S.R. A importância da vocalização na identificação das aves. **Boletim CEO**, São Paulo, n. 10, p. 27-33, 1994.

SANTOS, K.T. **Influência do gradiente urbano sobre a avifauna na cidade de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil**. 2005. 53 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) – Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

SASVARI, L. Bird abundance and species diversity in the parks and squares of Budapest. **Folia Zoologica**, Prague, v. 33, n. 3, p. 249-262, 1984.

SAUER, J.R.; PETERJOHN, B.G.; LINK, W.A. Observer differences in the north-American breeding bird survey. **The Auk**, Lawrence, v. 111, n. 1, p. 50-62, Jan.1994.

SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R.J.; MARGULES, C.R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**, Cambridge, v. 5, n. 1, p. 18-32, 1991.

SAVARD, J-P.L.; FALLS, B.J. Influence of habitat structure on the nesting height of birds in urban areas. **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 59, n. 6, p. 924-932, 1981.

SAVARD, J-P. L.; CLERGEAU, P.; MENNECHEZ, G. Biodiversity concepts and urban ecosystems. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 48, n. 3/4, p. 131-142, May 2000.

SCHIECK, J. Biased detection of bird vocalizations affects comparisons of bird abundance among forested habitats. **The Condor**, Los Angeles, v. 99, n. 1, p. 179-190, 1997.

SETZER, J. **Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo**. São Paulo: D.E.R., 1946. 237 p.

SHIVER, B.D.; BORDERS, B.E. **Sampling techniques for forest resource inventory**. New York: Wiley, 1996. 356 p.

SILVA, F.D.S.; BLAMIRE, D. Avifauna urbana no lago Pôr do Sol, Iporá, Goiás, Brasil. **Lundiana**, Belo Horizonte, v. 8, n. 7, p. 17-26, 2007

SILVA FILHO, D.F. **Aplicação de videografia aérea multiespectral na avaliação de floresta urbana**. 2004. 88 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2004.

_____. Videografia aérea multiespectral em silvicultura urbana. **Ambiência**, Guarapuava, v. 2, ed. esp. 1, p. 55-68, 2006.

_____. **Diagnóstico da cobertura arbórea em tecido urbano do município de Piracicaba, SP**. Piracicaba: ESALQ; Departamento de Ciências Florestais, 2009. 18 p. Relatório apresentado à Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz - FEALQ, como parte dos resultados obtidos dentro do projeto Processo n.º: 4018-5 com o Instituto de Planejamento de Piracicaba – IPPLAP, 2009.

SIMONS, T.R.; ALLDREDGE, M.W.; POLLOCK, K.H.; WETTOROTH, J.M. Experimental analysis of the auditory detection process on avian point counts. **The Auk**, Lawrence, v. 124, n. 3, p. 986-999, July 2007.

SLABEEKOORN, H.; RIPMEESTERS, E.A. Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation. **Molecular Ecology**, Oxford, v. 17, n. 1, p. 72-83, Jan. 2008.

SMITH, R.B. **Getting started**: image classification with TNT mips. Lincoln: Microimages, 2006. 36 p.

SODHI, N.S.; BRIFFETT, C.; KONG, L.; YUEN, B. Bird use as linear areas of a tropical city: implications for park connector design and management. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 45, n. 2/3, p. 123-130, Oct.1999.

STOTZ, D.F.; FITZPATRICK, J.W.; PARKER III, T.A.; MOSKOVITS, D.K. **Neotropical birds**: ecology and conservation. Chicago: The University of Chicago Press, 1996. 478 p.

SUKOPP, H.; WERNER, P. **Naturaleza en las ciudades**: desarrollo de flora y fauna en áreas urbanas. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 1991. 222 p.

THOMPSON, F.R.; SCHWALBACH, M.J. Analyses of sample size, counting time, and plot size from an avian point counts on survey on Hoosier National Forest, Indiana. In: RALPH, C.J.; DROEGE, S.; SAUER, J.R. (Ed.). **Monitoring landbirds with point counts**. Albany: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, 1995. p. 45-48. (General Technical Report, PSW-GTR-149).

TILGHMAN, N.G. Characteristics of urban woodlands affecting breeding bird diversity and abundance. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 14, p. 481-495, 1987.

TINOCO, B.A. Seasonality of the bird community in the Tumbesian dry forest in south west Ecuador. **Ornitologia Neotropical**, Washington, v. 20, n. 2, p. 157-170, 2009.

TURNER, W.R. Citywide biological monitoring as a tool for ecology and conservation in urban landscapes: the case of the Tucson Bird Count. **Landscape an Urban Planning**, Amsterdam, v. 65, n. 3, p. 149-166, Sept. 2003.

VALADÃO, R.M.; FRANCHIN, G.A.; MARÇAL JÚNIOR, O. A avifauna no Parque Municipal Victorio Siquierolli, zona urbana de Uberlândia (MG). **Biotemas**, Florianópolis, v. 19, n. 1, p 81-91, 2006.

VANDRUFF, L.W.; LEEDY, D. L.; STEARNS F. W. Urban wildlife and human well-being. In: SUKOPP, H., NUMATA, M., HUBER, A. **Urban ecology as the basis for urban planning**. The Hague: SPB Academic, 1995. p. 203-211.

Van RENSBURG, B.J.; PEACOCK, D.S.; ROBERTSON, M.P. Biotic homogenization and alien bird species along an urban gradient in South Africa. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 92, n. 4, p. 233-241, Sept. 2009.

VELLIARD, J.M.E. Bird community as an indicator of biodiversity: results from quantitative surveys in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 72, n. 3, p. 323-330, 2000.

VELLIARD, J.M.E.; SILVA, W.R. Nova metodologia de levantamento quantitativo da avifauna e primeiros resultados no interior do Estado de São Paulo, Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ANILHADORES DE AVES, 4., 1988, Recife. **Anais...** Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1990. p. 117-151.

_____. Avifauna. In: LEONEL, C. (Ed.). **Intervalos**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Fundação para a Conservação e a Produção Florestal do Estado de São Paulo, 2001. p. 124-146.

WACKERNAGEL M.; REES W. **Our ecological footprint: reducing human impact n the earth**. Philadelphia: The New Catalyst Bioregional, New Society Publ., 1996. 160 p.

WAIDE, R.B.; NARINS,P.M. Tropical forest bird counts and the effect of sound attenuation. **The Auk**, Lawrence, v. 105, n. 2, p. 296-302, Apr. 1988.

YUAN, F.; SAWAYA, K.E.; LOEFFELHOLZ, B.C.; BAUER, M.E. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 98, n. 2/3, p. 317–328, 2005.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 5th ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2010. 944 p.

APÊNDICES

APÊNCIDE A – Faixas e cenas aéreas multiespectrais utilizadas para a classificação automática supervisionada e quantificação dos elementos urbanos

APÊNDICE B – Lista de espécies das aves observadas durante o estudo com o respectivo Índice pontual de abundância (IPA) e frequência de ocorrência (FO%) obtidos. Nomenclatura, táxons e ordem taxonômica seguem o proposto em CBRO (2009)

(continua)

Ordem	Família	Espécie	Nome popular	IPA
Pelecaniformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	biguá	0,897
Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Nycticorax nycticorax</i>	savacu	0,043
		<i>Butorides striata</i>	socozinho	0,011
		<i>Bubulcus ibis</i>	garça-vaqueira	0,002
		<i>Ardea cocoi</i>	garça-moura	0,006
		<i>Ardea alba</i>	garça-branca-grande	0,155
		<i>Syrigma sibilatrix</i>	maria-faceira	0,006
		<i>Egretta thula</i>	garça-branca-pequena	0,157
Cathartiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	uburu-de-cabeça-preta	0,133
Falconiformes	Accipitridae	<i>Elanus leucurus</i>	gavião-peneira	0,002
		<i>Ictinia plumbea</i>	sovi	0,004
		<i>Rupornis magnirostris</i>	gavião-carijó	0,052
		<i>Buteo brachyurus</i>	gavião-de-cauda-curta	0,004
	Falconidae	<i>Caracara plancus</i>	caracará	0,041
		<i>Milvago chimachima</i>	carrapateiro	0,022
		<i>Falco sparverius</i>	quiriquiri	0,004
		<i>Falco femoralis</i>	falcão-de-coleira	0,002
		<i>Falco peregrinus</i>	falcão-peregrino	0,009
Gruiformes	Rallidae	<i>Aramides cajanea</i>	saracura-três-potes	0,006
		<i>Gallinula chloropus</i>	frango-d'água-comum	0,013
	Cariamidae	<i>Cariama cristata</i>	seriema	0,002
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i>	quero-quero	0,288
	Recurvirostridae	<i>Himantopus melanurus</i>	pernilongo-de-costas-brancas	0,004
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	rolinha-roxa	1,921
		<i>Columba livia</i>	pombo-doméstico	2,196
		<i>Patagioenas picazuro</i>	pombão	1,079
		<i>Zenaida auriculata</i>	pomba-de-bando	1,036
		<i>Leptotila verreauxi</i>	juriti-pupu	0,011
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Aratinga leucophthalma</i>	periquitão-maracanã	0,247
		<i>Forpus xanthopterygius</i>	tuim	0,161
		<i>Brotogeris chiriri</i>	periquito-de-encontro-amarelo	0,772
		<i>Pionus maximiliani</i>	maitaca-verde	0,004

APÊNDICE B – Lista de espécies das aves observadas durante o estudo com o respectivo Índice pontual de abundância (IPA) e frequência de ocorrência (FO%) obtidos. Nomenclatura, táxons e ordem taxonômica seguem o proposto em CBRO (2009)

(continuação)

Ordem	Família	Espécie	Nome popular	IPA
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	alma-de-gato	0,006
		<i>Crotophaga ani</i>	anu-preto	0,105
		<i>Guira guira</i>	anu-branco	0,049
		<i>Tapera naevia</i>	saci	0,004
Strigiformes	Strigidae	<i>Athene cunicularia</i>	coruja-buraqueira	0,030
Apodiformes	Apodidae	<i>Chaetura meridionalis</i>	andorinhão-do-temporal	0,538
	Trochilidae	<i>Eupetomena macroura</i>	beija-flor-tesoura	0,353
		<i>Amazilia lactea</i>	beija-flor-de-peito-azul	0,118
Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Megaceryle torquata</i>	martim-pescador-grande	0,017
		<i>Chloroceryle amazona</i>	martim-pescador-verde	0,004
Piciformes	Picidae	<i>Picumnus cirratus</i>	pica-pau-anão-barrado	0,052
		<i>Melanerpes candidus</i>	birro, pica-pau-branco	0,009
		<i>Veniliornis spilogaster</i>	picapauzinho-verde-carijó	0,004
		<i>Colaptes melanochloros</i>	pica-pau-verde-barrado	0,028
		<i>Colaptes campestris</i>	pica-pau-do-campo	0,034
		<i>Dryocopus lineatus</i>	pica-pau-de-banda-branca	0,006
Passeriformes	Thamnophilidae	<i>Thamnophilus doliatus</i>	choca-barrada	0,079
		<i>Thamnophilus caerulescens</i>	choca-da-mata	0,002
	Dendrocolaptidae	<i>Lepidocolaptes angustirostris</i>	arapaçu-de-cerrado	0,002
	Furnariidae	<i>Furnarius rufus</i>	joão-de-barro	0,252
		<i>Synallaxis frontalis</i>	petrim	0,026
		<i>Cranioleuca vulpina</i>	arredio-do-rio	0,050
	Tyrannidae	<i>Todirostrum cinereum</i>	ferreirinho-relógio	0,157
		<i>Todirostrum poliocephalum</i>	teque-teque	0,004
		<i>Elaenia flavogaster</i>	guaracava-de-barriga-amarela	0,245
		<i>Camptostoma obsoletum</i>	risadinha	0,047
		<i>Serpophaga subcristata</i>	alegrinho	0,073
		<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	bico-chato-de-orelha-preta	0,022
		<i>Myiophobus fasciatus</i>	filipe	0,006
		<i>Pyrocephalus rubinus</i>	príncipe	0,011
		<i>Xolmis cinereus</i>	primavera	0,004
		<i>Fluvicola nengeta</i>	lavadeira-mascarada	0,028
		<i>Myiozetetes similis</i>	bentevizinho-de-penacho-vermelho	0,243
		<i>Pitangus sulphuratus</i>	bem-te-vi	1,921
		<i>Myiodynastes maculatus</i>	bem-te-vi-rajado	0,021
		<i>Megarynchus pitangua</i>	neinei	0,028

APÊNDICE B – Lista de espécies das aves observadas durante o estudo com o respectivo Índice pontual de abundância (IPA) e frequência de ocorrência (FO%) obtidos. Nomenclatura, táxons e ordem taxonômica seguem o proposto em CBRO (2009)

(continuação)

Ordem	Família	Espécie	Nome popular	IPA
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Empidonomus varius</i>	peitica	0,049
		<i>Tyrannus melancholicus</i>	suiriri	0,619
		<i>Tyrannus savana</i>	tesourinha	0,088
		<i>Myiarchus ferox</i>	maria-cavaleira	0,007
		<i>Machetornis rixosa</i>	suiriri-cavaleiro	0,116
	Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	pitiguari	0,011
		<i>Vireo olivaceus</i>	juruviara	0,028
	Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	andorinha-pequena-de-casa	3,088
		<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	andorinha-serradora	0,021
		<i>Progne chalybea</i>	andorinha-doméstica-grande	0,007
	Troglodytidae	<i>Troglodytes musculus</i>	corruíra	0,619
	Donacobiidae	<i>Donacobius atricapilla</i>	japacanim	0,002
	Turdidae	<i>Turdus amaurochalinus</i>	sabiá-poca	0,071
		<i>Turdus leucomelas</i>	sabiá-barranco	0,293
	Mimidae	<i>Mimus saturninus</i>	sabiá-do-campo	0,529
	Coerebidae	<i>Coereba flaveola</i>	cambacica	0,886
	Thraupidae	<i>Nemosia pileata</i>	saíra-de-chapéu-preto	0,013
		<i>Thlypopsis sordida</i>	saí-canário	0,041
		<i>Ramphocelus carbo</i>	pipira-vermelha	0,015
		<i>Conirostrum speciosum</i>	figuinha-de-rabo-castanho	0,009
		<i>Thraupis sayaca</i>	sanhaçu-cinzento	1,637
		<i>Thraupis palmarum</i>	sanhaçu-do-coqueiro	0,097
		<i>Tangara cayana</i>	saíra-amarela	0,181
		<i>Tersina viridis</i>	saí-andorinha	0,002
		<i>Dacnis cayana</i>	saí-azul	0,007
		<i>Zonotrichia capensis</i>	tico-tico	0,037
	Emberizidae	<i>Volatinia jacarina</i>	tiziu	0,030
		<i>Sporophila caerulescens</i>	coleirinho	0,013
		<i>Parula pitaiayumi</i>	mariquita	0,013
	Parulidae	<i>Geothlypis aequinoctialis</i>	pia-cobra	0,017
		<i>Basileuterus hypoleucus</i>	pula-pula-de-barriga-branca	0,015
		<i>Basileuterus flaveolus</i>	canário-do-mato	0,009

APÊNDICE B – Lista de espécies das aves observadas durante o estudo com o respectivo Índice pontual de abundância (IPA) e frequência de ocorrência (FO%) obtidos. Nomenclatura, táxons e ordem taxonômica seguem o proposto em CBRO (2009)

(conclusão)				
Ordem	Família	Espécie	Nome popular	IPA
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus cayanensis</i>	encontro	0,004
		<i>Chrysomus ruficapillus</i>	garibaldi	0,015
		<i>Molothrus bonariensis</i>	vira-bosta	0,839
	Fringillidae	<i>Euphonia chlorotica</i>	fim-fim	0,159
	Estrildidae	<i>Estrilda astrild</i>	bico-de-lacre	0,520
	Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	pardal	6,181

IPA (Índice Pontual de Abundância) = nº de contatos da espécie/nº de amostras realizadas

FO% (Frequência de ocorrência) = (nº de dias em que a espécie foi observada/ nº de dias de amostragens) x 100

ANEXO

Anexo A - Exemplo da caderneta de campo utilizada para as coletas de dados de aves

"METODOLOGIA PARA AMOSTRAGEM DE AVIFAUNA NA MALHA URBANA DE PIRACICABA-SP"							
Ponto:	Data:	Hora Início:	Hora Término:				
Espécie	Nome Vulgar	Nº indivíduos				OBS	
		3'	6'	9'	12'	V	A
<i>Aratinga leucophthalma</i>	Periquitão-maracanã						
<i>Brotogeris chiriri</i>	Periquito						
<i>Caracara plancus</i>	Carcará						
<i>Coereba flaveola</i>	Cambacica						
<i>Columba livia</i>	Pomba doméstica						
<i>Columbina talpacoti</i>	Rolinha						
<i>Coragyps atratus</i>	Urubu						
<i>Chaetura meridionalis</i>	Andorinhão						
<i>Elaenia flavogaster</i>	Guaracava						
<i>Eupetomena macroura</i>	Tesourão						
<i>Euphonia chlorotica</i>	Vivi						
<i>Forpus xanthopterygius</i>	Tuim						
<i>Furnarius rufus</i>	João de Barro						
<i>Mimus saturninus</i>	Sabiá-do-campo						
<i>Myiozetetes similis</i>	Bentevizinho						
<i>Passer domesticus</i>	Pardal						
<i>Patagioenas picazuro</i>	Asa branca						
<i>Pionus maximiliani</i>	Maitaca						
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bem-te-vi						
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Andorinha peq de casa						
<i>Thraupis sayaca</i>	Sanhaço cinzento						
<i>Troglodytes musculus</i>	Corruíra						
<i>Turdus amaurochalinus</i>	Sabiá-poca						
<i>Turdus leucomelas</i>	Sabiá branco						
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Suiriri						
<i>Tyrannus savana</i>	Tesourinha						
<i>Zenaida auriculata</i>	Avoante						
<i>Zonotrichia capensis</i>	Tico-tico						
<i>Vanellus chilensis</i>	Quero-Quero						
		Conversa:					
Ruído Máximo (dB)							
Ruído Mínimo (dB)							