

# Diagnóstico ambiental das áreas de ocorrência do pica-pau-do-parnaíba *Celeus obrieni*, na região norte de Goiás, Brasil

## Environmental diagnosis of Kaempfer's woodpecker, *Celeus obrieni*, on Goiás State north region, Brazil

Dianes Gomes Marcelino<sup>1</sup>  
dianes\_engamb@hotmail.com

André Grassi Corrêa<sup>1</sup>  
andre\_grassi01@hotmail.com

Tulio Dornas<sup>1</sup>  
tuliodornas@yahoo.com.br

Renato Torres Pinheiro<sup>1</sup>  
renaxas@hotmail.com

### Resumo

Apesar de amplamente distribuído no cerrado brasileiro, *C. obrieni* é uma espécie ameaçada de extinção que habita áreas de cerradão ou mata ripária mesclada com a taboca *Guadua paniculata*. No Estado do Goiás, a espécie tem sido encontrada em diferentes localidades com um baixo índice de vegetação potencial. Assim, realiza-se um diagnóstico ambiental das áreas de ocorrência de *C. obrieni*, identificando os principais usos e cobertura de solo, o potencial dos fragmentos para manutenção dos seus requisitos ecológicos e as principais ameaças para sua conservação. Os resultados demonstraram que a matriz de cobertura e uso do solo nos quadrantes de Porangatu e Novo Planalto são dominados pela atividade agropecuária. Em Minaçu 1 e Minaçu 3, a área de vegetação nativa é ligeiramente superior à antropizada, enquanto que em Minaçu 2 as diferentes fitofisionomias do cerrado predominam na paisagem. O tamanho médio dos fragmentos potenciais em Novo Planalto e Porangatu foram significativamente menores que os de Minaçu, sendo que em todos os quadrantes há uma predominância de fragmentos com área menores que 10 ha. As principais ameaças para conservação de *C. obrieni* estão associadas ao desmatamento e às queimadas, geradas principalmente pela expansão das atividades agropecuárias sobre a vegetação nativa.

**Palavras-Chave:** Área potencial, perda de *habitat*, extinção local, *Celeus obrieni*.

### Abstract

Despite being widely distributed on the Brazilian Cerrado, *C. obrieni* is classified as endangered inhabiting the "cerradão" and riparian vegetation mixed with the bamboo *Guadua paniculata*. On Goiás State it has been found on different sites even though the low potential to its vegetation occurrence. Thus, we do an environmental diagnosis on *C. obrieni* incidence sites, identifying soil cover and major land uses, fragments with potential to support its ecological requirements and the main threats to its conservation. Results demonstrate that the soil cover and use matrix on Porangatu and Novo Planalto quadrants are dominated by agro pasturelands. On Minaçu 1 and Minaçu 3, the native vegetation area is a little higher than human modified areas, while on Minaçu 2 different Cerrado physiognomies predominate on the landscape. Average size of potential fragments on Novo Planalto and Porangatu were significantly lower than Minaçu fragments, predominating vegetation fragments smaller than 10 ha in all quadrants analyzed. Main threats to *C. obrieni* are associated to deforestation and fire, generated chiefly by agriculture and pasture expansion over native vegetation.

**Key words:** Potential areas, habitat loss, local extinction, *Celeus obrieni*.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Tocantins. Grupo de Pesquisa em Ecologia e Conservação de Aves (ECOAVES/UFT). Av. NS15 ALCNO 14, Quadra 109 Norte, Estação Experimental, Laboratório de Ecologia e Ornitologia, Campus Universitário de Palmas, 77020-210, Palmas, TO, Brasil.

## Introdução

O Pica-pau-do-parnaíba, *Celeus obrieni* (Short, 1973) apresenta ocorrência confirmada nos estados de Goiás (Hidasi, 2008; Dornas *et al.*, 2009; Pacheco e Maciel, 2009), Mato Grosso (Dornas *et al.*, 2011), Tocantins (Prado, 2006; Pinheiro e Dornas, 2008), Maranhão (Santos e Vasconcelos, 2007; Santos *et al.*, 2010) e Piauí (Short, 1973), sendo considerado um endemismo aparente do Bioma Cerrado, já que possui um registro dentro dos limites da Amazônia (Santos e Vasconcelos, 2007). Apesar de amplamente distribuída, a espécie enfrenta uma série de ameaças, sendo considerada em perigo de extinção (Birdlife International, 2011).

Na área de distribuição geográfica conhecida desse pica-pau, a transformação da paisagem para uso em atividades de agricultura e pecuária é mais acentuada no Estado de Goiás, onde mais de 63% da sua cobertura original foi alterada (Sano *et al.*, 2008; Ferreira *et al.*, 2009) e a taxa de desmatamento continua elevada, variando entre 0,21% a 0,86% ao ano, representando perda anual de mais de 100.000 ha de cobertura vegetal nativa (Ferreira *et al.*, 2009). Presume-se que a acentuada transformação antrópica no estado de Goiás, que fragmenta a paisagem e disponibiliza poucos remanescentes de vegetação nativa, possa comprometer a sobrevivência de *C. obrieni*, aumentando seu risco de extinção em Goiás. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo realizar o diagnóstico ambiental nas localidades com presença confirmada de *C. obrieni* nos municípios de Novo Planalto, Porangatu e Minaçu, situados na região Norte do Estado de Goiás (Pinheiro *et al.*, 2012), identificando os principais usos e cobertura do solo, o potencial dos fragmentos florestais para manutenção dos requisitos ecológicos da espécie e as principais ameaças para sua conservação. Dentre os estados com registros confirmados da espécie, Goiás é o que

apresenta menor índice de áreas nativas preservadas do Cerrado (Sano *et al.*, 2007), justificando a importância de realização deste diagnóstico.

## Material e métodos

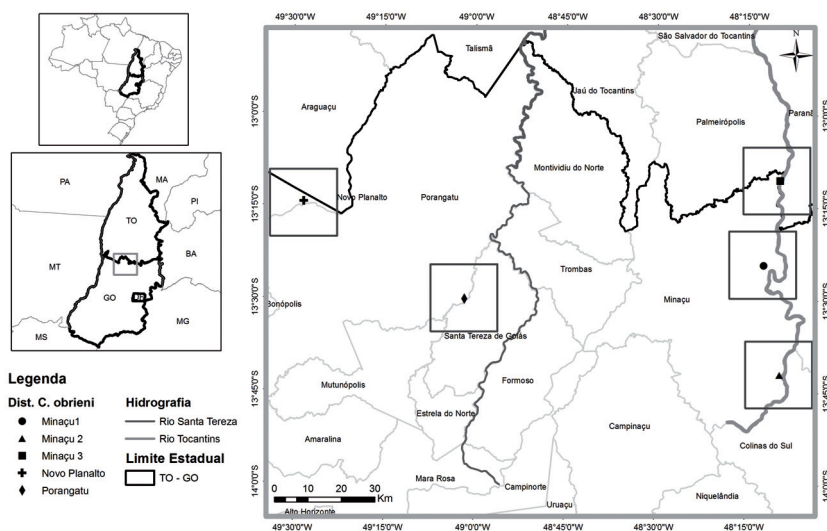
### Área de estudo

Foram delimitadas cinco regiões de estudo, tendo como referência cinco recentes registros confirmados de *C. obrieni* (Pinheiro *et al.*, 2012) nos seguintes municípios do norte do Estado de Goiás: Novo Planalto – NP (1 registro); Porangatu – P (1 registro) e Minaçu (3 registros): Minaçu 1 – M1; Minaçu 2 – M2 e Minaçu 3 – M3. A partir da posição geográfica de cada um desses registros, foram delimitados quadrantes de 20 km x 20 km, que serviram de parâmetro para as análises desse estudo. Essa área de 400 km<sup>2</sup> foi definida com base nos estudos de monitoramento de *C. obrieni* realizados por Leite (2010). Uma vez que cada quadrante teve como ponto central o seu respectivo registro de *C. obrieni*, os seus limites, em alguns casos, excederam as fronteiras políticas dos municípios de referência (Figura 1).

## Classificação e quantificação da cobertura e uso do solo

Em função da necessidade de obter dados mais refinados sobre as fitofisionomias e uso do solo nos quadrantes selecionados do que aqueles apresentados pelo MMA (2007) e MMA/IBAMA/PNUD (2009) (mapeamento na escala de 1:50.000), optou-se por trabalhar em uma escala menor de mapeamento (aproximadamente 1:12.000), de maneira a realizar uma análise mais criteriosa dos parâmetros considerados neste estudo.

Para o mapeamento da cobertura e uso do solo, foram utilizadas como referência imagens de satélite das regiões selecionadas, do tipo Landsat-5 TM - Thematic mapper, com resolução de 30m, obtidas entre os meses de junho e agosto de 2010. Por meio do *software* livre SPRING versão 5.1.6 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, desenvolvido pelo INPE, [www.inpe.com.br](http://www.inpe.com.br)), as imagens foram georreferenciadas utilizando-se pontos de controle no terreno, obtidos com base nos dados vetoriais da hidrografia e rodovias do Estado de



**Figura 1.** Localização dos cinco quadrantes do norte de Goiás, Brasil, utilizados para o diagnóstico ambiental.

**Figure 1.** Location of the five quadrants used in the environmental diagnosis at Goiás State north region, Brazil.

Goiás. A interpretação dos dados foi feita a partir da composição colorida das bandas 3, 4 e 5 (composição 3R4G5B) das imagens de satélite TM/Landsat-5, formato digital.

Para a classificação da cobertura e uso do solo, utilizou-se o método de análise visual das imagens, em que a identificação e separação dos objetos na cena foram feitas a partir da observação de certos elementos da imagem, tais como cor, tamanho, forma, textura, padrão, altura, sombreamento, localização e contexto (Marques, 2006). Os dados vetoriais resultantes do mapeamento de cobertura e uso do solo (cerradão, cerrado sentido restrito, mata galeria/ciliar, agropecuária, áreas urbanas e corpos d'água) foram analisados pelo *software* SPRING versão 5.1.6, sendo calculadas as áreas, tamanho mínimo e máximo dos polígonos de cada classe.

### **Determinação do potencial de ocorrência de *C. obrieni* nos fragmentos florestais**

Após a caracterização da cobertura e uso do solo dos quadrantes selecionados, procedeu-se à classificação das potencialidades de cada polígono mapeado de acordo com a disponibilidade de recursos necessários para suprir os requisitos ecológicos de *C. obrieni*. Dessa forma, os polígonos mapeados foram agrupados em três categorias: *habitats* naturais potenciais (cerradão e mata ripária - *habitats* preferenciais de *C. obrieni*, segundo Pinheiro e Dornas, 2008; Dornas *et al.*, 2009 e Leite, 2010), *habitats* naturais não potenciais (cerrado sentido restrito e corpos d'água naturais) e *habitats* antropizados (agropecuária, corpos d'água artificiais e áreas urbanas).

Posteriormente, os polígonos agrupados como *habitats* naturais potenciais, cujos limites representam os fragmentos florestais potenciais para a ocorrência de *C. obrieni* em cada quadrante, foram avaliados qualitativamente em campo. Essa avaliação

foi conduzida de forma visual, levando em consideração evidências diretas e indiretas que indicassem a utilização dos fragmentos florestais pela espécie. A visualização da ave caracterizou-se como evidência direta. Evidências indiretas foram representadas pelas seguintes características: (i) presença de furos típicos da espécie nas hastes das tabocas, indicando fonte de alimentação (Leite, 2010) e/ou (ii) presença e abundância de *G. paniculata* (taboca). Esta última característica está associada ao porte das árvores, tendo sido, assim, realizadas observações da altura e diâmetro na altura do peito (DAP) do tronco, indicando possível fonte de abrigo e reprodução.

Ao longo desses fragmentos florestais foram selecionados pontos de observação, os quais, de acordo com as evidências diretas e indiretas mencionadas para apoiar a possibilidade de presença de *C. obrieni*, foram classificados como: (i) de alto potencial (AP), quando a espécie era visualizada ou o fragmento apresentava uma distribuição abundante e contínua de tabocas (com presença de furos) mescladas com árvores altas e DAP elevado; (ii) de médio potencial (MP), quando o fragmento apresentava uma distribuição de manchas abundantes de taboca com presença de furos, porém sem forte continuidade, mas mesclada com árvores altas e DAP elevado; (iii) de baixo potencial (BP), quando o fragmento apresentava uma distribuição escassa de manchas de tabocas sem ou com pouquíssimos furos, mescladas com poucas árvores altas e DAP elevado; e (iv) sem potencial (SP), quando o fragmento não apresentava tabocas. Foram verificados em campo todos aqueles fragmentos florestais cujo acesso foi possível, sendo que, em alguns casos, quando o tamanho do fragmento e o acesso permitiam, esse foi avaliado em mais de um ponto. Em fragmentos de menor tamanho, o ponto avaliado permitiu representar a potencialidade de toda a extensão do fragmento visitado. Entretanto, em

fragmentos de maior tamanho, o ponto avaliado representou parcialmente o fragmento visitado. Após a determinação do número de fragmentos florestais potenciais, foram conduzidas visitas a campo em 66 pontos nos cinco quadrantes e em diferentes fragmentos potenciais para verificação das evidências diretas e indiretas necessárias para confirmar ou presumir a ocorrência de *C. obrieni*.

### **Identificação e análise das principais ameaças**

A identificação das principais ameaças à conservação da espécie foi feita por meio da análise do mapeamento da cobertura e uso do solo e da verificação em campo das interferências antrópicas no interior (>50m de borda) e no entorno dos fragmentos. Após o levantamento dessas ameaças, verificou-se, com base na literatura e observações *in situ*, como elas poderiam interferir (direta ou indiretamente) na conservação de *C. obrieni*, permitindo assim o delineamento de sugestões visando à conservação dessa espécie de pica-pau na região norte de Goiás.

### **Análises estatísticas**

Para comparar o tamanho médio dos fragmentos florestais potenciais em cada um dos quadrantes, utilizou-se o teste Z, com valor de significância  $p < 0,05$ . Essa análise permitiu identificar quais quadrantes apresentaram características semelhantes em termos de disponibilidade de áreas potenciais. As análises foram realizadas no Programa Bioestat 5.0 (Ayres *et al.*, 2007).

### **Resultados**

#### **Cobertura, uso do solo e potencial das manchas de habitat**

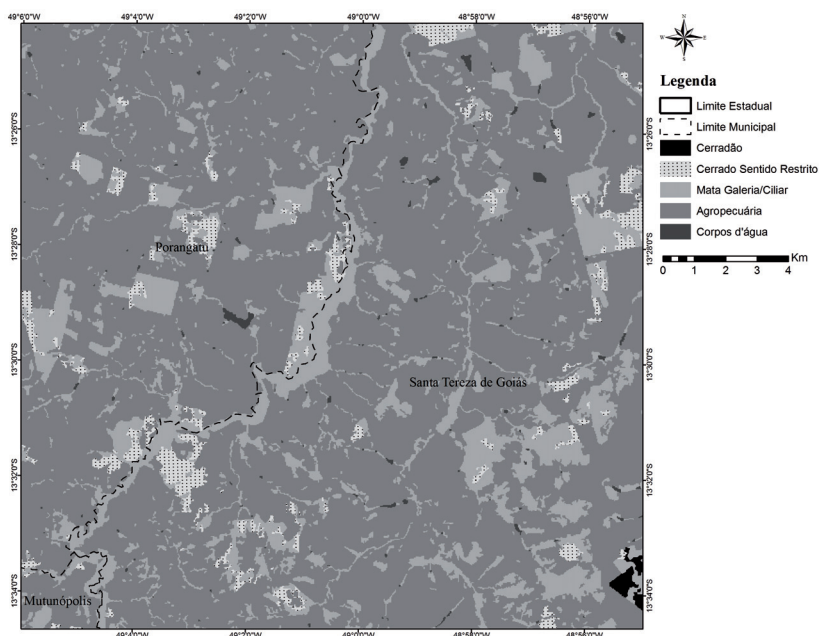
Inicialmente foram definidas seis classes de cobertura vegetal e uso do solo entre os diferentes quadrantes estudados: cerradão, cerrado sentido restrito,



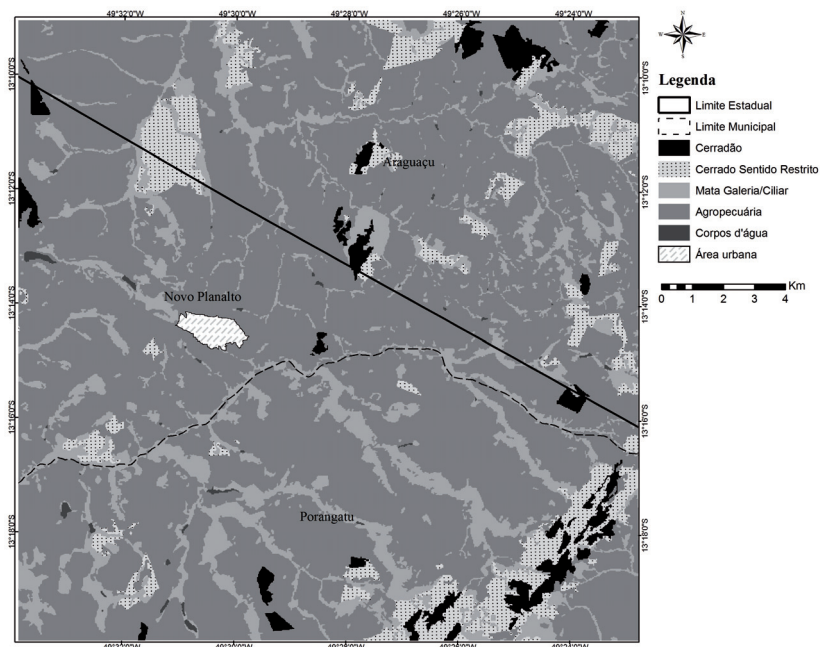
mata galeria/ciliar, agropecuária, áreas urbanas e corpos d'água. Em uma análise individualizada entre os quadrantes, verificou-se que a matriz de cobertura e uso do solo nos quadrantes de Porangatu (Figura 2) e Novo Planalto (Figura 3) é dominada pela atividade agropecuária. Em Minaçu 1 (Figura 4) e Minaçu 3 (Figura 5), a área de vegetação nativa é ligeiramente superior à antropizada (agropecuária, áreas urbanas e corpos d'água artificiais), enquanto em Minaçu 2 (Figura 6) predomina a cobertura vegetal nativa com a ocorrência das diferentes fitofisionomias do cerrado na paisagem (Tabela 1). Proporcionalmente, os quadrantes de Minaçu foram aqueles com maior área potencial (cerradão e mata galeria/ciliar) para a ocorrência de *C. obrieni*, destaque para Minaçu 2 com 33,76% de áreas potenciais.

Uma vez determinado o percentual de área potencial, foi determinado o número de fragmentos florestais potenciais à ocorrência de *C. obrieni*. Os quadrantes de Novo Planalto e Porangatu apresentaram uma quantidade de fragmentos duas a três vezes maior que os quadrantes de Minaçu 1, 2 e 3, porém o tamanho médio dos fragmentos em Novo Planalto e Porangatu foi significativamente menor do que aqueles verificados para Minaçu: Novo Planalto (NPxM1:  $z=2,179$ ,  $p=0,015$ ; NPxM2:  $z=2,677$ ,  $p=0,004$ ; NPxM3:  $z=3,513$ ,  $p<0,001$ ) e Porangatu (PxM1:  $z=2,558$ ,  $p=0,005$ ; PxM2:  $z=2,923$ ,  $p=0,002$ ; PxM3:  $z=4,173$ ,  $p<0,001$ ). O tamanho médio dos fragmentos florestais potenciais nos três quadrantes de Minaçu não diferiu entre si ( $p>0,05$ ), sendo a mesma situação percebida entre os fragmentos de Novo Planalto e Porangatu ( $z=1,015$ ,  $p=0,155$ ), (Tabela 2).

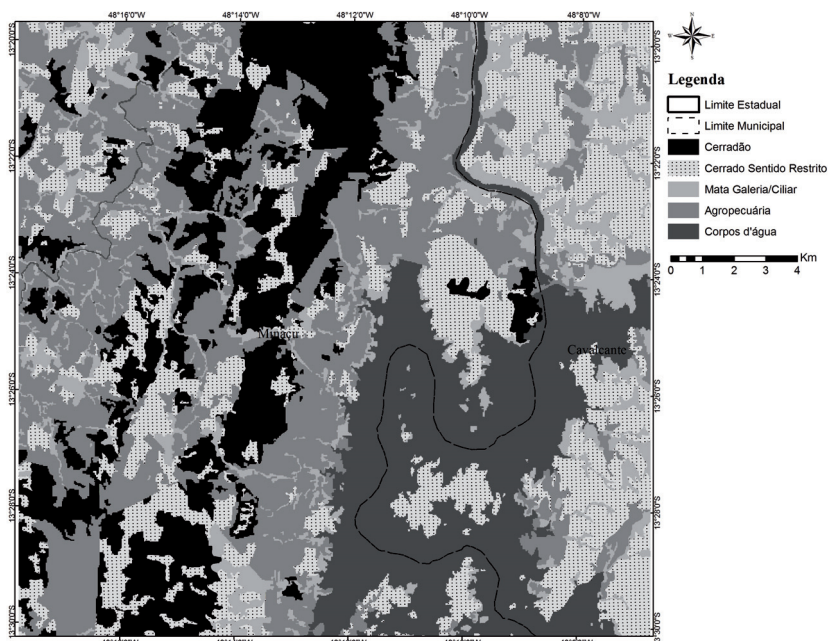
Em todos os quadrantes, os fragmentos florestais potenciais menores que 10 ha ocupam a maior parte da paisagem (Tabela 3), principalmente nos quadrantes de Novo Planalto e Porangatu, nos quais a área antropizada é maior que a área de vegetação nativa (Tabela 1). Os quadrantes que



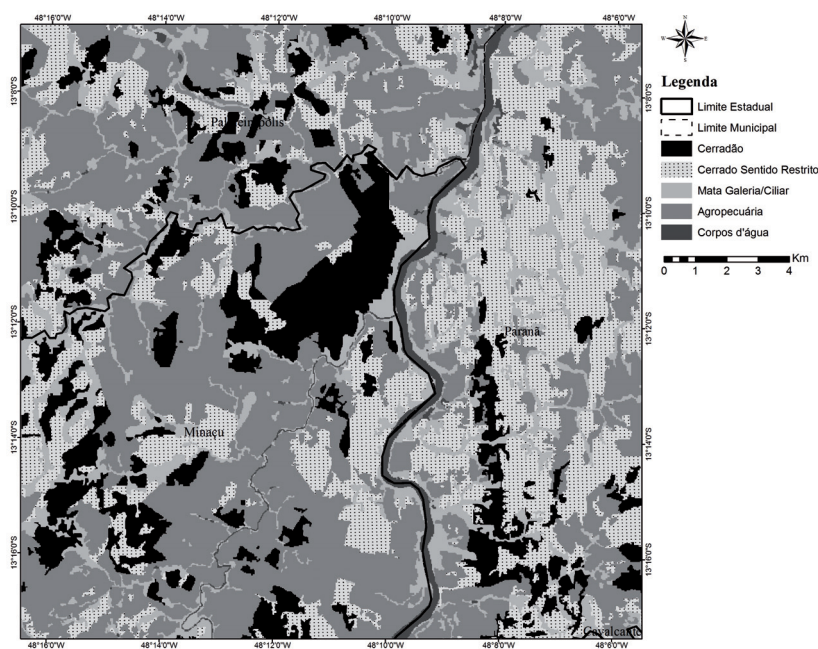
**Figura 2.** Mapa de cobertura e uso do solo do quadrante de Porangatu, norte de Goiás, Brasil.  
**Figure 2.** Map of soil cover and major land uses at Porangatu quadrant on Goiás State north region, Brazil.



**Figura 3.** Mapa de cobertura e uso do solo do quadrante de Novo Planalto, norte de Goiás, Brasil.  
**Figure 3.** Map of soil cover and major land uses at Novo Planalto quadrant on Goiás State north region, Brazil.



**Figura 4.** Mapa de cobertura e uso do solo do quadrante Minaçu 1, norte de Goiás, Brasil.  
**Figure 4.** Map of soil cover and major land uses at Minaçu 1 quadrant on Goiás State north region, Brazil.



**Figura 5.** Mapa de cobertura e uso do solo do quadrante Minaçu 3, norte de Goiás, Brasil.  
**Figure 5.** Map of soil cover and major land uses at Minaçu 3 quadrant on Goiás State north region, Brazil.

apresentaram os maiores percentuais de áreas potenciais superiores a 200 ha foram também aqueles com maior proporção da paisagem ocupada por remanescentes de Cerrado, seja florestal ou campestre (Tabela 1).

Dos 66 pontos visitados em campo, 29 foram classificados como de alto potencial à presença de *C. obrieni*, pois além do contato direto com a espécie (em quatro ocasiões), verificou-se a presença de furos típicos da espécie nas tabocas (Leite, 2010), assim como altos índices de abundância e densidade de tabocas, associada à ocorrência de vegetação de grande porte. Os pontos de médio potencial somaram 14, enquanto os de baixo e sem potencial totalizaram 8 e 15, respectivamente (Figura 7).

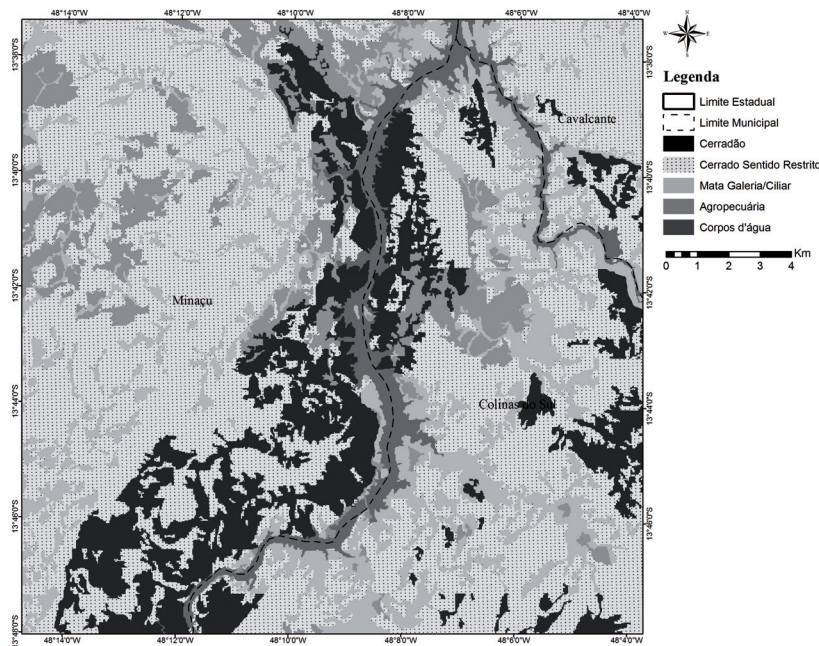
### Principais ameaças à conservação de *C. obrieni*

As principais ameaças que colocam em risco a conservação de *C. obrieni* nos quadrantes analisados estão associadas ao desmatamento e às queimadas, presentes em 20% dos pontos identificados como de alto potencial (Figura 8). São causadores desses impactos: a expansão das atividades agropecuárias sobre a vegetação nativa, a presença e a proximidade de rodovias, estradas e trilhas nos fragmentos florestais identificados e, no caso das queimadas, também a falta de mecanismos e de estratégias que impeçam os incêndios de alcançarem áreas de vegetação do cerrado como a construção e manutenção de aceiros. Em Minaçu 1, uma área aproximada de 1.800 ha foi totalmente queimada entre os meses de junho e agosto de 2010, destruindo uma importante área de vegetação nativa de cerrado mesclado a tabocas com relevante potencial à presença de *C. obrieni* (Figura 8 – E e F).

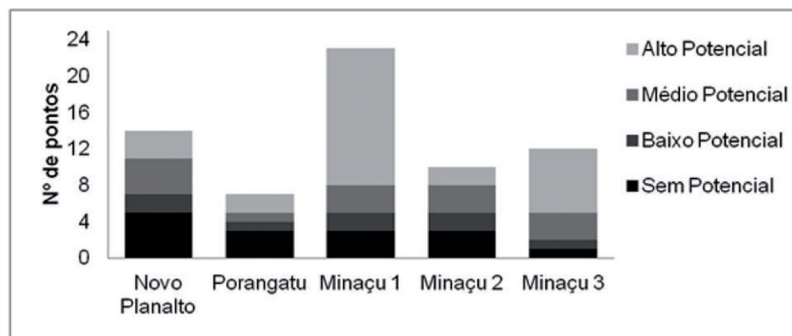
### Discussão

Os quadrantes de Novo Planalto e Porangatu foram os que apresentaram o menor índice de cobertura de





**Figura 6.** Mapa de cobertura e uso do solo do quadrante Minaçu 2, norte de Goiás, Brasil.  
**Figure 6.** Map of soil cover and major land uses at Minaçu 2 quadrant on Goiás State north region, Brazil.



**Figura 7.** Distribuição dos pontos avaliados em campo, no norte de Goiás, Brasil, e classificação de acordo com sua potencialidade para ocorrência de *C. obrieni*.  
**Figure 7.** Distribution of the points evaluated in the field and its classification according to its potential to *C. obrieni* occurrence at Goiás State north region, Brazil.

vegetação nativa, tendo como matriz principal áreas destinadas à atividade agropecuária. De acordo com Ferreira *et al.* (2007), a região noroeste de Goiás (onde estão inseridos esses quadrantes) possui apenas 31% de vegetação nativa remanescente e um alto risco de conversão dessa cobertura vegetal restante para a agricultura e pecuária, dados corroborados pelo presente estudo.

Municípios como Porangatu, Nova Crixás e São Miguel do Araguaia estiveram entre aqueles responsáveis por 75% do desmatamento no estado de Goiás entre 2003 e 2005 (Silva *et al.*, 2008). Em termos de conservação para *C. obrieni*, essa informação demonstra que a situação nesses locais é preocupante, já que o Código Florestal (Lei nº 12.651, 2012) prevê que em regiões do Cerrado fora da Ama-

zônia Legal devem ser preservados 20% de cobertura de vegetação nativa, sem contabilizar as áreas de preservação permanente, que dentre as várias funções inerentes, destaca-se aquela destinada à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas.

A presença de fragmentos potenciais inferiores a 10 ha identificados nesses quadrantes reflete o déficit de cobertura vegetal nativa legalmente destinada à preservação, representada tanto pela supressão de áreas de proteção permanente quanto de reservas legais. Esse déficit implica em diminuição da quantidade de *habitat*, acarretando também menor conectividade entre remanescentes, assim como diminuição do tamanho médio dos fragmentos (Oliveira Filho e Metzger, 2006). Somados, esses condicionantes tendem a potencializar o aumento do risco de extinção local para *C. obrieni* nas localidades com um alto índice de fragmentos pequenos.

Diversos autores têm indicado um limite mínimo de 30% de *habitat* a partir do qual qualquer redução comprometeria a persistência das espécies (Andrén, 1994; Fahrig, 2003; Radford *et al.*, 2005). Dentre os quadrantes estudados, somente Minaçu 2 (33,76%) e, de forma tolerável, Minaçu 1 (28,26%) e Minaçu 3 (28,11%) propiciam condições de habitat potencial próximas a esse limiar, condição que segundo Marini (2001) faz aumentar a importância dos fragmentos maiores para a conservação das espécies. Nesses quadrantes, a vegetação natural remanescente ainda não foi transformada em matrizes antrópicas em função da elevada inclinação do relevo local, o qual limita a atividade agropecuária, e pela presença das áreas de reserva legal das Usinas Hidrelétricas de Canabrava e Serra da Mesa e da Mineradora SAMA, onde foi efetuado registro da espécie em dezembro de 2010 (Pinheiro *et al.*, 2012) e da presença da Terra Indígena Avá-Canoeiro. Em paisagens com maior extensão de *habitat*, os fragmentos são, em geral,

**Tabela 1.** Dimensão e proporção da paisagem ocupada pelas diferentes categorias de uso do solo em cada quadrante da região norte de Goiás, Brasil.**Table 1.** Landscape dimension and proportion occupied by the different soil cover and land use category in each quadrant at Goiás State north region, Brazil.

Quadrante	Potencial (ha)	% da paisagem	Não Potencial (ha)	% da paisagem	Antropizada (ha)	% da paisagem
Novo Planalto	7.522,82	18,82%	3.277,34	8,20%	29.199,95	72,99%
Porangatu	7.454,22	18,63%	1.579,84	3,95%	30.965,93	77,41%
Minaçu 1	11.302,27	28,26%	10.094,14	25,26%	18.603,59	46,51%
Minaçu 2	13.502,75	33,76%	22.675,86	56,69%	3.821,39	9,55%
Minaçu 3	11.243,96	28,11%	11.575,47	28,94%	17.180,57	42,95%

Nota: Área natural potencial (Cerradão e mata ciliar/galeria); área natural não potencial (Cerrado sentido restrito e corpos d'água naturais); área antropizada (agropecuária, áreas urbanas e corpos d'água artificiais).

**Tabela 2.** Número e tamanho dos fragmentos florestais potenciais à ocorrência de *C. obrieni* em cada quadrante da região norte de Goiás, Brasil.**Table 2.** Number and size of the potential forest fragments to *C. obrieni* occurrence in each quadrant at Goiás State north region, Brazil.

Quadrantes	Nº de Fragmentos	Tamanhos (ha)		
		Mínimo	Máximo	Médio
Novo Planalto	655	0,12	1.266,98	11,48 <sup>a</sup>
Porangatu	903	0,15	1.642,58	8,25 <sup>a</sup>
Minaçu 1	362	0,24	2.896,66	31,22 <sup>b</sup>
Minaçu 2	256	0,41	3.169,73	48,25 <sup>b</sup>
Minaçu 3	357	0,10	1.369,90	31,49 <sup>b</sup>

Nota: a e b: letras iguais correspondem ao tamanho médio dos fragmentos potenciais estatisticamente semelhantes entre si, porém diferente dos demais.

**Tabela 3.** Percentual dos fragmentos florestais potenciais por classe de tamanho em cada quadrante da região norte de Goiás, Brasil.**Table 3.** Proportion of potential forest fragments by size class in each quadrant at Goiás State north region, Brazil.

Classes de áreas (ha)	Novo Planalto	Porangatu	Minaçu 1	Minaçu 2	Minaçu 3
	Potencial	Potencial	Potencial	Potencial	Potencial
Menor que 10	85,3%	89,4%	65,7%	55,9%	60,4%
10 a 30	7,9%	6,9%	18,0%	22,3%	15,4%
30 a 100	4,9%	2,7%	11,6%	12,9%	14,1%
100 a 200	0,8%	0,7%	2,8%	5,1%	6,2%
Maior que 200	1,1%	0,4%	1,9%	3,9%	4,0%

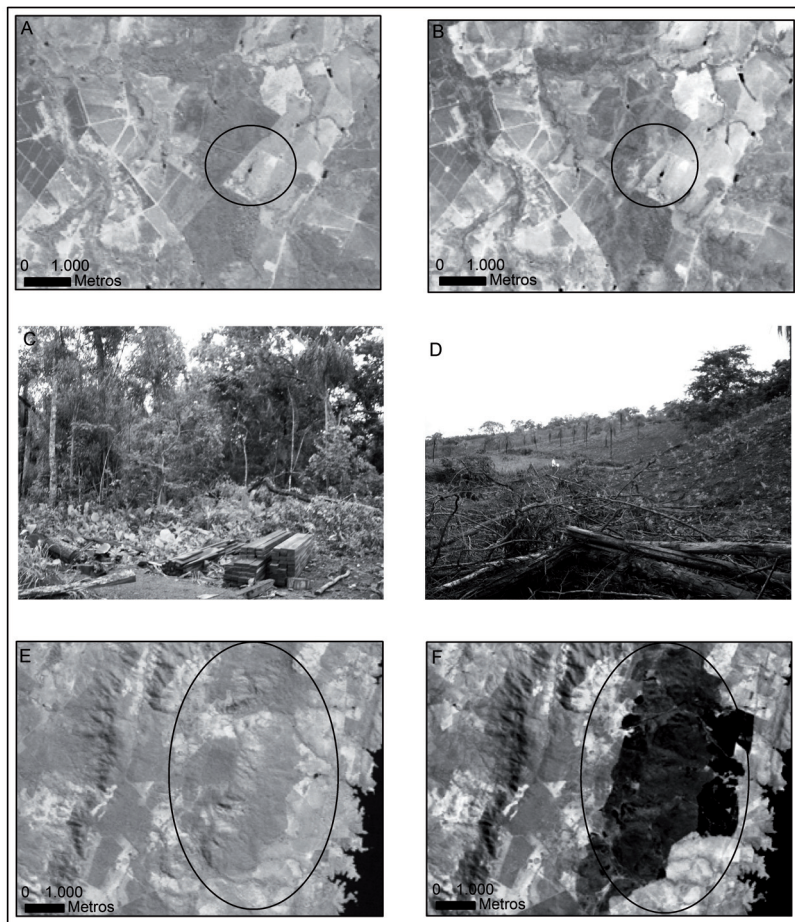
maiores e mais bem conectados (Andrén, 1994), condição que explicaria o maior número de contatos efetuados nesses três quadrantes.

Em paisagens fragmentadas, a área do fragmento é um dos parâmetros mais importantes para explicar a riqueza de espécies (Metzger, 1999; Debinski e Holt, 2000; Bowman *et al.*, 2002), sendo, ainda, um dos fatores associados à extinção local de plantas e animais (Bellamy *et al.*, 1996; Metzger, 1999; Ney-Nifle e Mangel, 2000), além de ser preponderante na determi-

nação de um número mínimo viável de indivíduos (Forman, 1995). Dessa maneira, fragmentos maiores tendem a sustentar grandes populações com quantidades de indivíduos suficientes para enfrentar flutuações estocásticas e com elevada variabilidade genética, capazes de sobreviver por um longo período de tempo (Taylor *et al.*, 1993; Metzger e Décamps, 1997; Saccheri *et al.*, 1998; Galbusera *et al.*, 2000), ainda que algumas espécies possam persistir em fragmentos e manter densidades populacionais similares

àquelas de áreas contínuas (Anjos *et al.*, 2011). Considerando que por *C. obrieni* ser especializada em um determinado tipo de *habitat* (cerradão ou mata ripária com taboca, *G. paniculata*) e alimenta-se exclusivamente de formigas (Leite, 2010), essa espécie presumivelmente requer uma área de tamanho expressivo para suprir suas necessidades tróficas, a exemplo de outras espécies de pica-paus especialistas e ameaçados como *Dendrocopos leucopos*, da Europa (Roberge *et al.*, 2008; Edman *et al.*, 2011) ou seu





**Figura 8.** Principais ameaças à conservação de *C. obrieni*. Em A e B, desmatamento evidenciado em Novo Planalto entre 10 de junho 2010 e 29 de agosto de 2010. Em C, corte extensivo de madeira. Em D, avanço da agricultura sobre a vegetação nativa. Em E e F, área queimada em Minaçu 1 entre 10 de junho 2010 e 29 de agosto de 2010. Imagem Landsat-5 (A, B, E e F).

**Figure 8.** Main threats to *C. obrieni* conservation. In A and B, forest cut on Novo Planalto municipality between July 10 and August 29, 2010. In C, extensive wood cut, In D, agricultural advance over native vegetation. In E and F, burned area on Minaçu 1 between July 10 and August 29, 2010.

congênere não ameaçado da Amazônia, *Celeus spectabilis* (Lebbin, 2007). Fragmentos com tamanho apropriado e condições satisfatórias à sobrevivência de populações mínimas de *C. obrieni* foram escassos na área de estudo. Destacam-se, nesse contexto, os quadrantes de Minaçu 1 e 3. Esses quadrantes apresentaram em torno de 5% a 10% dos fragmentos maiores que 100 ha, incluindo remanescentes de tamanho significativo, com 2.896,66 ha e 1.398 ha, respectivamente. Além disso, ambos possuíam

trechos contínuos, de mais de 1 km de extensão, contendo elevadas abundância e densidade de tabocas mescladas ao cerrado e à mata ripária, onde foram efetuados registros de *C. obrieni* em dezembro de 2010 (Pinheiro *et al.*, 2012).

No quadrante Minaçu 1, destaca-se ainda a área de reserva legal da Mineradora SAMA, com aproximadamente 1.194,26 ha, contendo grandes extensões de cerrado e mata de galeria com taboca. Essa reserva legal particular, onde se efetuou o registro de *C. obrieni*

também em dezembro de 2010 (Pinheiro *et al.*, 2012), apresenta um grande potencial para a conservação da espécie, pois é o primeiro registro dentro de uma área particular que se tem conhecimento, onde as premissas de averbação de reserva legal foram cumpridas.

Em Porangatu, dois fragmentos florestais com alto potencial merecem destaque. O primeiro corresponde a um trecho da mata de ciliar do rio do Ouro, com aproximadamente 1.642,72 ha de extensão, representando um importante corredor de dispersão para a espécie. Entretanto, Pacheco e Maciel (2009), quando fizeram o registro de *C. obrieni* nas margens desse mesmo rio, já alertavam para um possível desaparecimento de parte do trecho da mata ciliar, devido ao desmatamento resultante da expansão da pecuária local. No segundo fragmento, com 304,76 ha e alta abundância de taboca, foi efetuado o registro da espécie em dezembro de 2010 (Pinheiro *et al.*, 2012). No entanto, o fragmento encontra-se isolado e envolto por uma matriz de áreas destinadas à atividade agropecuária, limitando o contato do(s) indivíduo(s) ali presentes com outros da mesma espécie. Nada se sabe ainda sobre a capacidade de *C. obrieni* de atravessar matrizes antrópicas, o que poderia contribuir para acelerar o processo de extinção da espécie naquela área.

Os fragmentos florestais com alto potencial, em Novo Planalto e Minaçu 2, caracterizam-se pelo tamanho reduzido, variando entre 186,3 ha a 242,01 ha. Além disso, os fragmentos do quadrante de Novo Planalto se encontram mais isolados, devido à forte presença da atividade agropecuária que transformou completamente a paisagem, destruindo áreas que antes possuíam importantes fontes de recurso para *C. obrieni*. Em Minaçu 2, apesar do reduzido tamanho dos fragmentos florestais com alto potencial, o baixo percentual de área antropizada e o fato da matriz ser predominantemente de vegetação nativa fazem com que a espécie possa deslocar-se com maior facilidade pela



paisagem, podendo encontrar outras áreas com vegetação apropriada à sua sobrevivência.

A disponibilidade e qualidade de *habitats* potenciais para a preservação dos requerimentos ecológicos e manutenção de populações viáveis de *C. obrieni* se encontram em estado crítico nos quadrantes de Novo Planalto e Porangatu. Com uma paisagem altamente modificada pelas atividades humanas e com elevado índice de fragmentação, a manutenção de corredores de vegetação nativa pode ser imprescindível para garantir a sobrevivência de *C. obrieni*.

Os quadrantes em Minaçu são aqueles que reúnem as melhores condições para a conservação de *C. obrieni*, pois apresentam fragmentos com áreas de vegetação nativa potencial significativos, principalmente nos quadrantes de Minaçu 1 e Minaçu 3, onde foram efetuados registros da espécie. Entretanto, medidas para a conservação de *C. obrieni* são necessárias em todos os quadrantes e devem levar em consideração as características de cada localidade.

Em Novo Planalto e Porangatu, as ações devem voltar-se primeiramente para a conservação dos remanescentes de vegetação nativa, com manutenção de aceiros, cercamento com mourões e arames metálicos, averbação prevista em lei e a reconstituição da vegetação nativa das reservas legais e áreas de preservação permanente (APP), visando aumentar a conectividade entre fragmentos florestais. Nos quadrantes de Minaçu, a ampliação das áreas protegidas deve ser priorizada, criando novas unidades de conservação de proteção integral e ainda fiscalizar o cumprimento da averbação prevista em lei das reservas legais, a exemplo da SAMA Mineradora, recomendações essas reforçadas em propostas de Pinheiro *et al.* (2012).

A persistência de indivíduos em paisagens fragmentadas está relacionada com a quantidade de *habitat* disponível para completar seu ciclo de vida (Martensen, 2008). Além disso, em paisagens nas quais a proporção de

*habitats* é reduzida, o declínio populacional tende a ser maior que o esperado, simplesmente devido à perda de *habitat* (Andrén, 1994; Fahrig, 1997). Dessa forma, torna-se importante a conservação do maior número de áreas remanescentes de vegetação nativa, em especial aquelas com *habitats* florestais. Mesmo que algumas delas não tenham as condições ecológicas requeridas por *C. obrieni*, elas podem funcionar como um importante meio facilitador de dispersão e deslocamento da espécie.

### Principais ameaças

Segundo Ricketts (2001), os fragmentos de *habitat* de uma dada espécie estão geralmente circundados por um complexo mosaico de outros tipos de cobertura e uso do solo que podem interferir positiva ou negativamente na movimentação dos indivíduos entre fragmentos. Dessa maneira, dependendo do tipo de matriz presente, os fragmentos podem estar efetivamente mais ou menos isolados do que a simples distância entre eles pode indicar (Ricketts, 2001). Nos quadrantes analisados no presente estudo, a atividade agropecuária é o principal elemento modificador da paisagem, formando uma matriz com predomínio de pastagens e cultivos agrícolas, a qual potencialmente funciona como uma barreira, inibindo o deslocamento de *C. obrieni*.

O desmatamento e incêndios também vêm destruindo grandes áreas de vegetação com alto potencial para suprir as necessidades ecológicas de *C. obrieni*. Ainda que as touceiras de *Guadua paniculata* rebrotem agressivamente após passagem de algum desses tipos de distúrbios, principalmente por queimadas (Veldman, 2008), a disponibilidade de recursos alimentares para *C. obrieni*, por exemplo, poderá ser comprometida. O fogo promoveria a exclusão total das populações de formigas que colonizam as tabocas, e, desse modo, a ave seria obrigada a deslocar-se em busca de outros fragmentos

com taboca para suprir suas necessidades tróficas, o que a torna extremamente vulnerável em algumas localidades, como podemos observar nos quadrantes de Novo Planalto e Porangatu, onde a disponibilidade de fragmentos potenciais é muito baixa. Outro condicionante nessas localidades diz respeito à redução ou ausência de espécies arbóreas e/ou ao rebrote da vegetação arbórea, que pode ser inibido ou retardado pelo adensamento das touceiras de *G. paniculata*, comprometendo a sobrevivência de *C. obrieni* no curto, médio ou longo prazo pela diminuição ou ausência de árvores de porte suficiente que possuam ou permitam a confecção de cavidades para nidificação ou repouso da espécie.

A manutenção de aceiros bem conservados nos limites entre os fragmentos florestais e as áreas de pastagens ou cultivo agrícola é uma medida eficaz para auxiliar no combate de incêndios (Borges *et al.*, 2004) e garantir até certo ponto o equilíbrio e a integridade ecológica dessas áreas naturais. A presença do gado no interior dos fragmentos florestais, devido principalmente à falta de instrumentos de contenção, como as cercas de arame metálico entre a área de pastagem e o fragmento, pode comprometer os processos sucessionais e de regeneração da vegetação, devido à quebra e ao pisoteio de mudas e plântulas, podendo afetar futuramente a qualidade ambiental de fragmentos habitados por *C. obrieni*. A caça a outras espécies de animais e a utilização de áreas de vegetação como depósito de resíduos também foram evidenciadas em muitos dos locais analisados. Ainda que seja comum em outras regiões (Teixeira e Carniello, 2008), não foi detectada a coleta de taboca para artesanato ou uso doméstico na área de estudo.

Deve-se buscar a implementação de programas de conscientização ambiental, de tal forma que a população entenda a importância da conservação das áreas de vegetação nativa remanescentes, principalmente reservas legais e APPs, para a sobrevivência de *C.*

*obrieni*. Em face às atuais condições ambientais averiguadas nas regiões estudadas, é plausível prever que as proposições apresentadas se estendam a outras regiões do estado do Goiás, onde é conhecida a ocorrência de *C. obrieni* (Pinheiro *et al.*, 2012), e que, embora a espécie tenha sido reclassificada, em nível global, como ameaçada de extinção, deve ser ainda considerada criticamente ameaçada de extinção para os limites do estado de Goiás.

## Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal do Tocantins/UFT, à Fundação de Apoio de Científico e Tecnológico do Tocantins/FAPTO e à Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, pelo apoio financeiro e pela bolsa de estudos concedida a Dianes Gomes Marcelino para a execução deste trabalho.

## Referências

- ANDRÉN, H. 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat – a review. *Oikos*, **71**:355-366.
- ANJOS, L.; COLLINS, C.D.; HOLT, R.D.; VOLPATO, G.H.; MENDONÇA, L.B.; LOPES, E.V.; BOÇON, R.; BISHEIMER, M.V.; SERAFINI, P.P.; CARVALHO, J. 2011. Bird species abundance-occupancy patterns and sensitivity to forest fragmentation: Implications for conservation in the Brazilian Atlantic forest. *Biological Conservation*, **144**:2213-2222. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2011.05.013>
- AYRES, M.; AYRES JR., M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.S. dos. 2007. *BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. Belém, Imprensa oficial do Estado do Pará, 324 p.
- BELLAMY, P.; HINSLEY, S.A.; NEWTON, I. 1996. Factors influencing bird species numbers in small woods in south-east England. *Journal of Applied Ecology*, **33**:249-262. <http://dx.doi.org/10.2307/2404747>
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2011. IUCN Red List for birds. Disponível em: <http://www.birdlife.org>. Acesso em: 2011/08/13.
- BRASIL. 2012. Lei nº 12.651 de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil03/Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 2012/08/25.
- BORGES, L.F.R.; SCOLFORO, J.R.; OLIVEIRA, A.D.; MELLO, J.M.; ACERBI-JUNIOR, F.W.; FREITAS, G.D. 2004. Inventário de fragmentos florestais nativos e propostas para seu manejo e o da paisagem. *Cerne*, **10**(1):22-38.
- BOWMAN, J.; CAPPUCCINO, N.; FAHRIG, L. 2002. Patch size and population density: the effect of immigration behavior. *Conservation Ecology*, **6**(1):9.
- DEBINSKI, D.M.; HOLT, R.D. 2000. A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biology*, **14**:342-355. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.98081.x>
- DORNAS, T.; VALLE, N.C. do; HIDASI, J. 2009. *Celeus obrieni*: dois novos registros históricos para o estado de Goiás. *Atualidades Ornitológicas*, **147**:18-19.
- DORNAS, T.; LEITE, G.A.; PINHEIRO, R.T.; CROZARIOL, M.A. 2011. Primeiro registro do criticamente ameaçado pica-pau-do-parnaíba *Celeus obrieni* no Estado do Mato Grosso (Brasil) e comentários sobre distribuição geográfica e conservação. *Cotinga*, **33**:91-93.
- EDMAN, T.; ANGELSTAN, P.; MIKUZINSKI, G.; ROBERGE, J.M.; SIKORA, A. 2011. Spatial planning for biodiversity conservation: assessment of forest landscapes' conservation value using umbrella specie requirements in Poland. *Landscape and Urban Planning*, **12**(1):16-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.03.004>
- FAHRIG, L. 1997. Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. *The Journal of Wildlife Management*, **61**:603-610. <http://dx.doi.org/10.2307/3802168>
- FAHRIG, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, **34**:487-515. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>
- FERREIRA, M.E.; FERREIRA, L.G.; FERREIRA, N.C.; LOBO, F.C. 2007. Base de dados territoriais necessárias à análise de um sistema de reserva legal extra-propriedade no Estado de Goiás. *Boletim Goiano de Geografia*, **27**(1):27-46.
- FERREIRA, L.G.; FERREIRA, M.E.; ROCHA, G.F.; NEMAYER, M.; FERREIRA, N. C. 2009. Dinâmica agrícola e desmatamentos em área de cerrado: uma análise a partir de dados censitários e imagens de resolução moderada. *Revista Brasileira de Cartografia*, **61**(2):117-127.
- FORMAN, R.T.T. 1995. *Landmosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge, Cambridge University Press, 535 p.
- GALBUSERA, P.; LENS, L.; SCHNENCK, T.; WAIYAKI, E.; MATTHYSEN, E. 2000. Genetic variability and gene flow in the globally, critically-endangered Taita thrush. *Conservation Genetics* **1**:45-55. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1010184200648>
- HIDASI, J.; MENDONÇA, L.G.A.; BLAMIRE, D. 2008. Primeiro registro documentado de *Celeus brienii* (Picidae) para o estado de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, **4**:373-375.
- LEBBIN, D.J. 2007. *Habitat specialization among amazonian birds. Why are there so many Guadua bamboo specialists?* New York, USA. Tese de doutorado. Cornell University, 285 p.
- LEITE, G.A. 2010. *Ecologia Alimentar do Pica-pau-do-parnaíba Celeus Obrieni*. Porto Nacional, TO. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Tocantins, 52 p.
- MARINI, M.A. 2001. Efeitos da fragmentação florestal sobre as aves em Minas Gerais. In: M.A.S. ALVES; J.M.C. SILVA; M.V. SLUYS; H.G. BERGALLO; C.F.D. ROCHA (eds.), *A ornitologia no Brasil: pesquisa atual e perspectivas*. Rio de Janeiro, Editora Uerj, p. 41-54.
- MARQUES, W.R. 2006. Interpretação de imagens de satélites em estudos ambientais. *Am-biência*, **2**(2):281-299.
- MARTENSEN, A.C. 2008. *Conservação de aves de sub-bosque em paisagens fragmentadas: importância da cobertura e da configuração do hábitat*. São Paulo, SP. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, 160 p.
- METZGER, J.P.; DÉCAMPS, H. 1997. The structural connectivity threshold: an hypothesis in conservation biology at the landscape scale. *Acta Oecologica*, **18**:1-12. [http://dx.doi.org/10.1016/S1146-609X\(97\)80075-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1146-609X(97)80075-6)
- METZGER, J.P. 1999. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. *Anais da academia brasileira de ciências*, **71**(3):445-463.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). 2007. *Mapeamento da cobertura vegetal do bioma Cerrado*. Brasília, Relatório final, 93 p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS; PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (MMA/IBAMA/PNUD). 2009. *Relatório técnico de monitoramento do desmatamento no Bioma cerrado, 2002 a 2008: dados revisados*. Brasília, 67 p. (Acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA/PNUD).
- NEY-NIFLE, M.; MANGEL, M. 2000. Habitat loss and changes in the species-area relationship. *Conservation Biology*, **14**:893-898. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.98163.x>
- OLIVEIRA FILHO, F.J.B.; METZGER, J.P. 2006. Thresholds in landscape structure for three common deforestation patterns in the Brazilian Amazon. *Landscape Ecology*, **21**:1061-1073. <http://dx.doi.org/10.1007/s10980-006-6913-0>
- PACHECO, J.F.; MACIEL, E. 2009. Um registro recente e documentado de *Celeus obrieni* (Piciformes: Picidae) para o estado de Goiás. *Atualidades Ornitológicas*, **15**:4-5.
- PINHEIRO, R.T.; DORNAS, T.; LEITE, G.A.; CROZARIOL, M.A.; MARCELINO, D.G.; CORRÊA, A.G. 2012. Novos registros do pi-

- ca-pau-do-parnaíba *Celeus obrieni* e status de conservação no estado de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, **20**(1):59-64.
- PINHEIRO, R.T.; DORNAS, T. 2008. New Records and Distribution of Kaempfer's Woodpecker *Celeus obrieni*. *Revista Brasileira de Ornitologia*, **16**:167-169.
- PRADO, A.D. 2006. *Celeus obrieni*: 80 anos depois. *Atualidades Ornitológicas*, **134**:4-5.
- RADFORD, J.Q.; BENNETT, A.F.; CHEERS, G.J. 2005. Landscape-level thresholds of habitat cover for woodland-dependent birds. *Biological Conservation*, **124**:317-337. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2005.01.039>
- RICKETTS, T.H. 2001. The Matrix matters: effective isolation in fragmented landscapes. *The American Naturalist*, **156**(1):87-99. <http://dx.doi.org/10.1086/320863>
- ROBERGE, J.M.; MIKUZINSKI, G.; SVENSSON, S. 2008. The White-Backed Woodpecker: umbrella species for forest conservation planning? *Biodiversity and Conservation*, **17**(10):2479-2494. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-008-9394-4>
- SACCHERI, I.; KUUSAAARI, M.; KANKARE, M.; VIKMAN, P.; FORTIELIUS, W.; HANSKI, I. 1998. Inbreeding and extinction in a butterfly metapopulation. *Nature*, **392**:491-494. <http://dx.doi.org/10.1038/33136>
- SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S.; FERREIRA, L.G. 2007. *Mapeamento de cobertura vegetal do bioma cerrado: estratégias e resultados*. Planaltina, Embrapa Cerrados, 30 p.
- SANO, E.E.; DAMBRÓS, L.A.; OLIVEIRA, G.C.; BRITES, R.S. 2008. Padrões de cobertura de solos do estado de Goiás. In: L.G. FERREIRA (org.), *A Encruzilhada Sócio-Ambiental: Biodiversidade, Economia e Sustentabilidade no Cerrado*. Goiânia, UFG, p. 91-106.
- SANTOS, M.P.D.; VASCONCELOS, M.F. 2007. Range extension for Kaempfer's Woodpecker *Celeus obrieni* in Brazil, with the first male specimen. *Bulletin of the British Ornithologists' Club*, **127**(3):249-252.
- SANTOS, M.P.D.; CERQUEIRA, P.V.; SOARES, L.M. dos S. 2010. Avifauna em seis localidades no Centro-Sul do Estado do Maranhão, Brasil. *Ornithologia*, **4**(1):49-65.
- SHORT, L.L. 1973. A new race of *Celeus spectabilis* from eastern Brazil. *Wilson Bull*, **85**:465-467.
- SILVA, E.B.; FERREIRA, L.G.; ROCHA, G.F.; COUTO, M.S.D.S. 2008. Taxas de desmatamento em áreas do bioma Cerrado para os períodos de 2003 a 2004 e 2004 a 2005. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, IX SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO, Brasília, 2008. *Anais*. Embrapa. Brasília – DF, 2008. Disponível em: [http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio\\_pc210/trabalhos\\_pdf/00335\\_trab1\\_ap.pdf](http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio_pc210/trabalhos_pdf/00335_trab1_ap.pdf). Acesso em: 2012/08/25.
- TEIXEIRA, R.G.; CARNIELLO, M.A.; 2008. Estudo da subfamília bambusoideae utilizada nas atividades produtivas da comunidade de Porto Limão, Porto Alamarado e Campo Alegre, Cáceres, MT. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, IV, Cáceres, 2008. *Anais*. Disponível em: [http://www.unemat.br/eventos/jornada2008/resumos\\_conic/Expandido\\_00469.pdf](http://www.unemat.br/eventos/jornada2008/resumos_conic/Expandido_00469.pdf). Acesso em: 2012/08/25.
- TAYLOR, P.D.; FAHRIG, L.; HENEIN, K.; MERRIAM, G. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, **68**:571-573.
- VELDMAN, J.W. 2008. *Guadua paniculata* (Bambusoideae) en la Chiquitania Boliviana: Ecología del fuego y la oportunidad para un forraje nativo. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, **24**:65-74.

Submitted on December 3, 2011  
Accepted on June 5, 2012