

# Cobertura del suelo del área del Eco-Museo del Cerrado, Brasil

## Ground cover of Savannah Eco-Museum area, Brazil

José Imaña-Encinas<sup>1</sup>

Ricardo Campos da Nóbrega<sup>2</sup>

Natalia Oliveira-Ramos<sup>3</sup>

Otaclio Antunes-Santana<sup>4</sup>

### Abstract

The area of the Savannah Eco-Museum covers 8066 km<sup>2</sup>. The area in two occasions at the years 2002 and 2017 was interpreted through satellite images. The area is located in central Brazil region, specific in seven counties of the state of Goiás. It was classified three interpretative units: forest, savannah and human settlements covers areas. These units were classified into the counties and watersheds. The most surface change was observed at the human settlements. In 2002, 58 % of the total area was occupied with the human's settlements, with emphasis in the west side of the eco-museum. In 2017, it was verified an increase of 9.2 %. As opposed the forest and savannah areas shows a decrease from 16.5 and 16.2 % respectively.

**Key words:** Savannah biome, remote sensing, environment units, watersheds.

1. Unidad de Gestión Forestal Sostenible, Universidad de Santiago de Compostela; Galicia, España; [jose.imana@gmail.com](mailto:jose.imana@gmail.com)

2. IBAMA; Brasilia, Brasil; [campos500@gmail.com](mailto:campos500@gmail.com)

3. Departamento de Ingeniería Forestal, Universidade de Brasilia; Brasilia, Brasil. [nataliaoramos06@gmail.com](mailto:nataliaoramos06@gmail.com)

4. Departamento de Biofísica e Radiobiología, Universidade Federal de Pernambuco; Recife, Brasil; [otaciliosantana@gmail.com](mailto:otaciliosantana@gmail.com)

Recibido: 28/08/2017

Aceptado: 28/10/2017

Publicado: 14/12/2017

## Introducción

El concepto de eco-museo presupone la existencia de un territorio con su patrimonio ambiental natural y características sociales bien preservados, manteniendo sus bellezas escénicas naturales y correspondientes antiguos asentamientos humanos, que puedan ser visitados y apreciados por la sociedad civil. En ese contexto, la relación ambiental del área con las características propias de los asentamientos humanos debe mantener una estrecha relación. El Eco-Museo del Cerrado fue idealizado para mantener la conservación ambiental de la región del divisor de las aguas de dos grandes cuencas hidrográficas, de los ríos Paraná y Tocantins, en la región central del Brasil (Imaña-Encinas et al., 2007). La cuenca hidrográfica del río Paraná vierte sus aguas para el sur, para posteriormente desembocar en el río de la Plata. En el sentido contrario, las aguas de la cuenca hidrográfica del río Tocantins desembocarán en la región amazónica.

El Eco-Museo del Cerrado se localiza en la región central del Brasil, específicamente en el Estado de Goiás. Su superficie comprende el total de siete distritos municipales (municipios) de ese estado: Pirenópolis, Corumbá de Goiás, Cocalzinho, Abadiânia, Alexânia, Santo Antônio do Descoberto y Águas Lindas. En el área del eco-museo los ríos tributarios de las cuencas hidrográficas del Río Paraná y del Río Tocantins son siete. Los ríos das Almas, Peixe y Verde vierten sus aguas a la cuenca del río Paraná, los otros cuatro ríos: Corumbá, Descoberto, Alagado y Areias, hacen parte de la cuenca hidrográfica del río Tocantins. De acuerdo con Couto Júnior et al. (2007) la parte más oeste del eco-museo presenta un padrón de plantaciones y pastos más intenso, y en la parte este de su área, próximo al Distrito Federal (Brasilia), se observa una intensa ocupación urbana.

Hasta la década de 1950, la región central del Brasil fue exclusiva del dominio del bioma de las sabanas brasileñas y era muy poco habitada. Este bioma en la literatura también es conocido como bioma Cerrado. El paisaje de esas sabanas se identifica por presentar extensas llanuras de altitud y mesetas con cerros de mediana elevación. El bioma Cerrado cubre aproximadamente 23 % de la superficie del Brasil, más de 2 millones de km<sup>2</sup>. La región del bioma Cerrado biológicamente es muy rica en biodiversidad, posee más de 10000 especies vegetales y alrededor de 1000 especies de aves. La superficie de este bioma está cubierta por diversas masas arboladas formando diversas fisionomías vegetales en un gradiente del bosque denso que crece a las orillas de los cursos de agua, a comunidades vegetales con pocos árboles pequeños de troncos retorcidos, sobre suelos pobres en nutrientes con espesa capa de pastos y pequeños arbustos, áreas denominadas de campos rupestres (Ratter et al., 1997).

Con la transferencia de la capital federal de la ciudad de Rio de Janeiro para Brasilia, el altiplano central o región central brasileña fue transformada rápidamente en un importante polo de desarrollo nacional (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2002), específicamente por la actividad de la agroindustria. En la década de los años 70, políticas de incentivo a la producción agrícola, pecuaria y forestal fueron implantadas por el gobierno federal, transformando la región en la segunda mayor productora de granos del país. De esa forma, la expansión de las actividades económicas de la región se dio a partir de la sustitución de millones de hectáreas de vegetación nativa por grandes culturas agrícolas de soya y maíz, pastos cultivados y plantaciones forestales de *Eucalyptus* sp. y *Pinus* sp., además de una intensa explotación maderera de la vegetación nativa remanente destinada a la producción de carbón vegetal para la industria siderúrgica. En el año de 2005 se estimaba que más del 50 % del bioma natural había sido transformado en pastos y tierras para la agricultura (Klink y Machado, 2005). De acuerdo con Diniz et al. (2010) ese porcentual cinco años más tarde continuó en esa cifra. En 1998, el Ministerio del Medio Ambiente definió las áreas prioritarias para la conservación de los biomas Cerrado y Pantanal (Ministério do Meio Ambiente, 1999). 87 áreas fueron definidas como prioritarias y clasificadas en cuatro niveles de importancia. A partir de ahí, una serie de unidades de conservación fueron creadas en el bioma Cerrado. Específicamente en el área del Eco-Museo fue creado el Parque Estadual Serra dos Pirineus. Para una coherente protección de la biodiversidad del eco-museo a pesar de la creación de esa unidad aún se hacen necesarias medidas a través de políticas públicas, que permitan conciliar sosteniblemente la preservación ambiental con el desarrollo económico y social de la región.

La región del Eco-Museo del Cerrado de alguna forma está siendo objeto de algunos estudios, como se constata en Couto Júnior et al. (2007); Imaña-Encinas et al. (2007; 2008; 2012), e Instituto Huah do Planalto Central (2003). En el año de 2002 Nóbrega (2002) identificó y clasificó las correspondientes unidades ecológicas del área ocupada en el eco-museo. Couto Júnior et al. (2007) realizaron trabajos relativos con la clasificación e interpretación de áreas por medio del análisis del geo procesamiento de imágenes de satélite. Imaña-Encinas et al. (2007; 2012) describieron la vegetación arbustiva arbórea de las fisionomías vegetales existentes en la región del eco-museo, a través de estudios de mensura forestal y levantamientos fitosociológicos. El Instituto Huah do Planalto Central (2003) realizó las primeras observaciones científicas de diagnóstico de la región, con la finalidad de creación de la región del eco-museo. En ese contexto el presente trabajo tiene como objetivo identificar a través de técnicas del geo procesamiento,

la situación actual del uso del suelo del área del Eco-Museo del Cerrado y verificar sus posibles cambios de superficie en relación con 2002.

## Materiales y métodos

El área de estudio se localiza dentro del perímetro de siete distritos municipales (municipios) adyacentes en el estado de Goiás, región central del Brasil. La región se caracteriza por un clima caliente, variando de húmedo a semi árido, con aproximadamente cinco meses de sequía (Nimer, 1989). Según la clasificación de Köppen, el eco-museo se encuadra en el tipo Aw. La temperatura media anual es de alrededor de 22 °C, variando de 16 °C a 34 °C, y la precipitación media anual oscila próximo de los 1800 mm, con un período de estiaje que va del mes de mayo a agosto (Instituto Nacional de Meteorología, 2006). La región está compuesta por diferentes fitofisionomías, destacándose la clásica configuración de las sabanas brasileñas (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004). De acuerdo con el Mapa de Suelos del Brasil, los suelos predominantes en la región son del tipo Neossolo Litólico (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2001).

A través de las técnicas de la teledetección se realizó la identificación e interpretación del uso del suelo. Los trabajos cartográficos fueron realizados a la escala 1:250.000, se usaron las cartas topográficas MIR 393, SD-22-Z-D y MIR 409, SE-22-X-B, que fueron digitalizadas y transferidas al medio digital. De ellas se tomaron los datos de altimetría, red hidrográfica, la red viaria y los asentamientos urbanos. También fueron utilizados mapas de vegetación, geopolítico, suelos y geológico, producidos por la Secretaria de Planejamento do Estado de Goiás (1995).

Las imágenes procesadas correspondieron a las órbitas punto 221\_071 y 222\_071 del satélite Landsat. Para la corrección geométrica de las dos imágenes fueron colectados 76 y 83 puntos de control para cada una respectivamente. El método utilizado para la corrección geométrica fue el de la interpolación del vecino más próximo (Meneses, 1995; Chuvieco, 2008). Las imágenes fueron tratadas por el método de ampliación lineal de contraste (Meneses, 1995). La composición colorida utilizada en 2002 fue el RGB-453. En 2017 se trabajó con un RGB-564. El mosaico de las imágenes fue obtenido a través del software ENVI en 2002 y en 2017 a través del software ArcGis.

En el año de 2002 se realizó la correspondiente interpretación. Quince años más tarde, en el año de 2017 se realizó una reinterpretación de las imágenes con la finalidad de identificar posibles cambios de las superficies de las comunidades ambientales consideradas.

## Resultados y discusión

El área del Eco-Museo del Cerrado cubre una superficie de 8066 km<sup>2</sup>, se distribuye en siete distritos municipales del Estado de Goiás, la mayor superficie está en el municipio de Pirenópolis con 27,1 % del área total. En la región del eco-museo se distribuyen siete cuencas hidrográficas denominadas en la figura 1 de bacías.

La vegetación natural de la región del Eco-Museo del Cerrado puede ser descrita como un mosaico vegetal (figura 2), con presencia de bosques densos ribereños, bosques secos deciduales, sabanas arboladas y llanuras de pastizales con pocos árboles de pequeño porte bastante distanciados entre sí. Las sabanas se caracterizaron por la presencia de árboles retorcidos en suelos con abundante vegetación rastrera y gramíneas (figura 3). En el año de 2002 los bosques cubrían una superficie del 19 % del área total y las sabanas el 23 % (cuadro 1; figura 4). El 32,8 % del área total aún mantenía las características vegetales originales.

La vegetación natural de la región del Eco-Museo del Cerrado puede ser descrita como un mosaico vegetal (figura 2), con presencia de bosques densos ribereños, bosques secos deciduales, sabanas arboladas y llanuras de pastizales con pocos árboles de pequeño porte bastante distanciados entre sí. Las sabanas se caracterizaron por la presencia de árboles retorcidos en suelos con abundante vegetación rastrera y gramíneas (figura 3). En el año de 2002 los bosques cubrían una superficie del 19 % del área total y las sabanas el 23 %

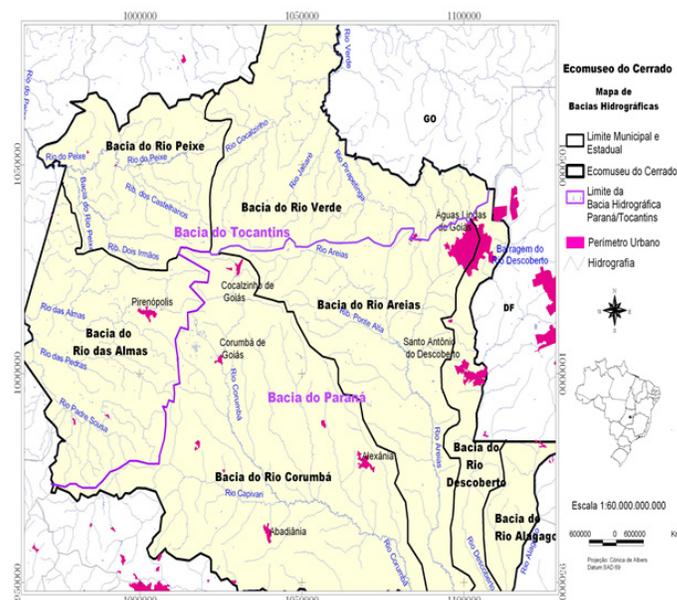


Figura 1. Cuencas hidrográficas del Eco-Museo del Cerrado, Brasil

Figure 1. Hydrographic basins of Savannah Eco-Museum, Brazil

Cuadro 1. Cobertura vegetal y de asentamientos humanos por municipio, para los años de 2002 y 2017 en la región del Eco-Museo del Cerrado, Brasil

Table 1. Vegetation and human settlements coverage by municipality, for the years of 2002 and 2017 of Savannah Eco-Museum, Brazil

Município	Bosque					Sabana				Asentamientos humanos			
	área km <sup>2</sup>	2002		2017		2002		2017		2002		2017	
		km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Abadiânia	1049	175	2,2	150	1,9	215	2,7	121	1,5	659	8,2	751	9,3
Águas Lindas	189	12	0,1	14	0,2	46	0,6	29	0,4	132	1,6	146	2,0
Alexânia	849	141	1,7	140	1,7	203	2,5	139	1,7	505	6,3	533	6,6
Cocalzinho	1789	321	3,9	297	3,7	378	4,7	279	3,5	1090	13,5	1214	15,1
Corumbá	1068	183	2,3	149	1,8	267	3,3	115	1,4	618	7,7	800	9,9
Pirenópolis	2186	569	7,0	421	5,2	438	5,4	333	4,1	1.180	14,6	1444	17,9
Stº Antônio Descoberto	936	159	1,9	164	2,0	291	3,6	200	2,5	486	6,0	535	6,6
Total	8066	1559	19	1335	16,5	1838	23	1308	16,2	4669	58	5424	67,2

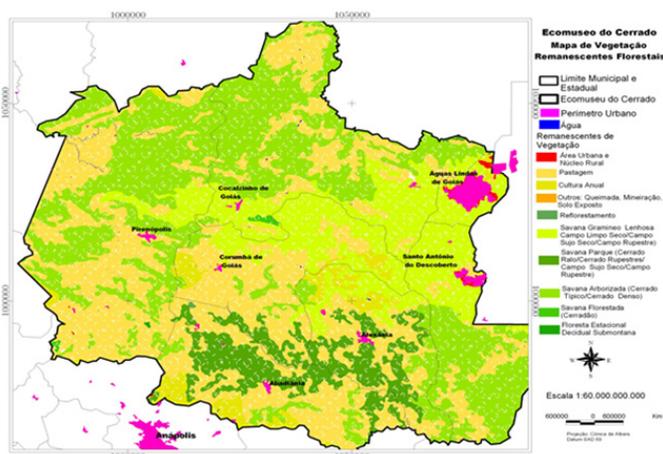


Figura 2. Mapa de vegetación para el año 2002 en la región del Eco-Museo del Cerrado, Brasil

Figure 2. Vegetation map for the year 2002 of Savannah Eco-Museum, Brazil

(cuadro 1; figura 4). El 32,8 % del área total aún mantenía las características vegetales originales.

En el año 2002 la cuenca del río Corumbá, fue la de mayor área, con un considerable aumento del porcentaje de asentamientos humanos. Quince años más tarde, ese padrón se mantuvo. Es probable que en los próximos años continúe en aumento a crecer el valor porcentual de la ocupación de los asentamientos urbanos. En ese sentido, se hace necesario crear políticas públicas para la respectiva ordenación territorial de la región. En la cuenca hidrográfica del río das Almas, cubriendo parte de los distritos municipales de Pirenópolis, Cocalzinho y Corumbá de Goiás, se localiza el Parque Estadual Sierra de los Pireneos con una superficie de más de 28 km<sup>2</sup> (Secretaria de Planejamento do Estado de Goiás, 1995)



Figura 3. Aspecto típico de árboles retorcidos de la sabana arbolada

Figure 3. Typical appearance of twisted trees in the wooded savanna

que corresponde a un 0,3 % del área total del eco-museo. Inclusive con la presencia de esa área preservada, la ocupación por asentamientos humanos en la cuenca hidrográfica del río das Almas presentó un aumento del 8 al 9,4 %. Para el total del área del eco-museo se presentó en el año de 2002 un nivel de ocupación por asentamientos humanos del 57 % y en 2017 ese valor fue de 67,2 % (cuadro 2).

La cuenca hidrográfica del río Alagado, actualmente es la que presenta el menor porcentaje de ocupación de la fito fisionomía cerrado. Los bajos valores porcentuales de ocupación de las sabanas indican que este bioma en la región del eco-museo está prácticamente en vías de desaparición total.

Cuadro 2. Cobertura vegetal y de asentamientos humanos por municipio, para los años de 2002 y 2017 en la región del Eco-Museo del Cerrado, Brasil

Table 2. Vegetation and human settlements coverage by municipality, for the years of 2002 and 2017 of Savannah Eco-Museum, Brazil

Cuenca hidrográfica	Bosques					Sabana				Asentamientos humanos			
	área km <sup>2</sup>	2002 km <sup>2</sup>	2002 %	2016 km <sup>2</sup>	2016 %	2002 km <sup>2</sup>	2002 %	2016 km <sup>2</sup>	2016 %	2002 km <sup>2</sup>	2002 %	2016 km <sup>2</sup>	2016 %
Rio das Almas	1150	333	4,1	248	3,1	165	2,0	145	1,8	652	8,0	760	9,4
Rio do Peixe	885	195	2,4	164	2,0	249	3,0	183	2,3	440	5,4	546,0	6,8
Rio Verde	1328	257	3,2	236	2,9	245	3,0	218	2,7	825	10,6	850,0	10,5
sub total	3363	785	9,7	648	8,0	659	8,0	546	6,8	1917	24,0	2156,0	26,7
Rio Alagado	242	44	0,5	38	0,5	92	1,1	66	0,8	106	1,3	143,0	2,0
Rio Areias	1440	210	2,6	231	2,9	393	4,9	263	3,3	836	10,4	946,0	12,0
Rio Corumbá	2554	440	5,4	344	4,3	565	7,0	343	4,3	1552	19,2	1870,0	23,2
Rio Descoberto	467	80	1,0	75	0,9	129	1,6	90	1,1	258	3,2	309,0	3,8
sub total	4703	774	9,5	688	8,5	1179	14,6	762	9,4	2752	34,1	3268,0	40,5
Total	8066	1559	19	1335	16,6	1838	23	1308	16,2	4669	58,0	5424,0	67,2

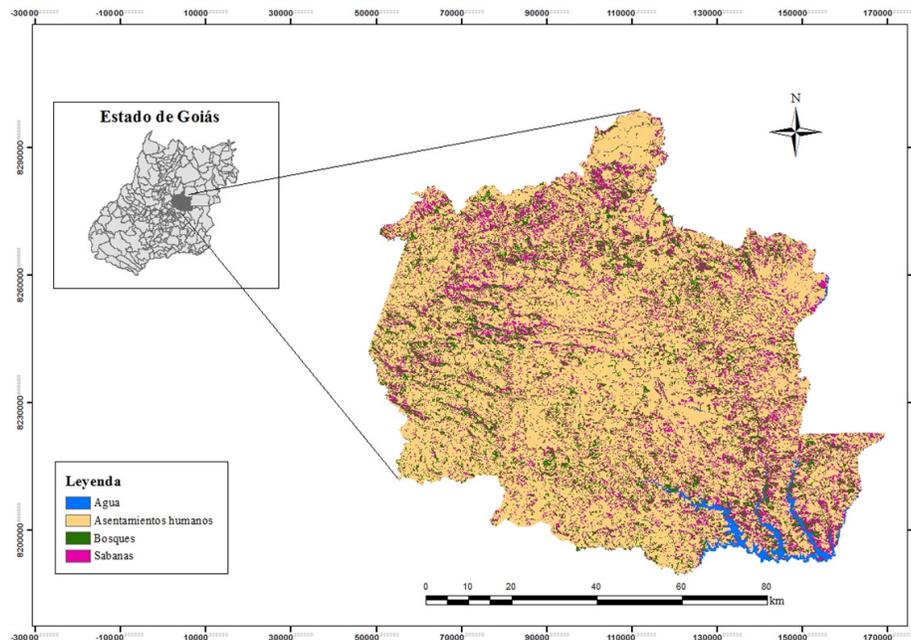


Figura 4. Uso de la cobertura del suelo en el año 2017 del Eco-Museo del Cerrado, Brasil

Figure 4. Use of land cover in the year 2017 of Savannah Eco-Museum, Brazil

A partir de los datos que se muestran en los cuadros 1 y 2 se observa nitidamente la reducción del espacio natural ocupado por los bosques y las sabanas en la región del eco-museo (Barbosa et al., 2014). Sin embargo, por los conceptos de Kimeev (2008), ese espacio no está desarrollado con planeamiento urbano, que mitigue y mantenga el impacto de la población humana y su relación con la fauna y flora natural local, de forma original y endémica.

## Conclusiones

La interpretación de la teledetección permitió clasificar el área del Eco-Museo del Cerrado en las condiciones de uso del suelo tanto de 2002 y 2017. De los 8066 km<sup>2</sup> que compone la superficie total del eco-museo, en el año 2002 el 19 % estaba cubierta por bosques y 58 % por asentamientos humanos: Para el año 2017, este último porcentaje aumentó un 9,2 %.

## Resumen

El área del Eco-Museo del Cerrado cubriendo una superficie de 8066 km<sup>2</sup> fue interpretada por imágenes de satélite, en dos ocasiones, en los años 2002 y 2017. Se ubica en la región central del Brasil, específicamente en siete distritos municipales (municipios) del estado de Goiás. Fueron clasificadas tres unidades interpretativas: el área cubierta por bosques, sabanas y asentamientos humanos. Esas unidades fueron clasificadas por distrito municipal y por cuenca hidrográfica. El mayor cambio de superficie se observó en los asentamientos humanos. En 2002, 58 % del área total, los asentamientos humanos estaban ocupados por pequeñas poblaciones, con énfasis en la parte este del eco-museo. En 2017 se verificó correspondientemente un aumento del 9,2 %. En contra posición, los bosques y las sabanas disminuyeron para 16,5 y 16,2 % respectivamente.

**Palabras clave:** Bioma sabana, teledetección, unidades ambientales, cuencas hidrográficas.

## Referencias

Barbosa, A.S., Schmitz, P.I., Teixeira-Neto, A. y Gomes, H. (2014). O Piar da Juriti Pepena - narrativa ecológica da ocupação humana do Cerrado. Goiânia, Goiás: Editora PUC Goiás, 393 p.

Chuvieco, E. (2008). Teledetección ambiental, la observación de la tierra desde el espacio. Barcelona, España, Editorial Ariel, Ciencia, 542 p.

Couto Júnior, A.F., Imaña-Encinas, J., Carvalho Júnior, O.B.; Martins, E.S. y Gomes, R.A.T. (2007). Mapeamento temporal da cobertura da terra do EcoMuseu do Cerrado, Goiás, através do uso de imagens do sensor MODIS. In.: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil. Anais. INPE, p. 3841-3847.

Diniz, I.R., Marinho Filho, J., Bomfim-Machado, R. y Brandao-Cavalcanti, R. (2010). Cerrado – conhecimento científico quantitativo como subsídio para ações de conservação. Brasília: Thesaurus Editora, 482 p.

Imaña-Encinas, J., Macedo, L.A. y Paula, J.E. (2007). Florística e fitossociologia de um trecho da floresta estacional semidecidual na área do EcoMuseu do Cerrado, em Pirenópolis - Goiás. Rev. Cerne, Lavras, 13(3): 308-320.

Imaña-Encinas, J., Nóbrega, R.C. y Matricartti, E. (2012). Georeferenciamento de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade na região do EcoMuseu do Cerrado, Goiás. Enciclopédia Biosfera, 8(14): 2142-2150.

Imaña-Encinas, J., Santana, O.A., Macedo, L.A. y Paula, J.E. (2008). Distribuição diamétrica de um trecho da floresta estacional semidecidual na área do EcoMuseu do Cerrado. Rev. Cerne, Lavras, 14(1): 33-45.

Instituto Nacional de Meteorologia. (2016). Normas Climatológicas. Disponível em: <www.inmet.gov.br> acceso en: enero 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2002). Árvores do Brasil Central: espécies da região geoeconômica de Brasília. Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro, 417p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2001). Mapa de solos do Brasil. Rio de Janeiro.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2004). Mapa de vegetação do Brasil, rio de Janeiro.

Instituto Huah do Planalto Central. (2003). Almanaque EcoMuseu do Cerrado. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 44 p.

Kimeev, V.M. Ecomuseums in Siberia as centers for ethnic and cultural heritage preservation in the natural environment. (2008). Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia 35(3): 119-128.

Klink, C.A., Machado, R.B. (2005). Conservation of the Brazilian Cerrado. Conservation Biology, 19(3): 707-713.

Meneses, P.R. (1995). Introdução ao processamento de imagens digitais de satélites e sensoriamento remoto. Brasília: Ed. Universidade de Brasília. 67p.

Ministério de Meio Ambiente, Recursos Naturais e Amazônia Legal. (1999). Ações prioritárias para a conservação da biodiversidade do Cerrado e Pantanal. Brasília, DF, 26p.

Nimer, E. (1989). Climatologia do Brasil. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 422 p.

Nóbrega, R.C. (2002). Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade no âmbito do EcoMuseu do Cerrado. Dissertação de mestrado, publicação EFMO 36, Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília, Brasília, DF. 49p.

Ratter, J.A., Ribeiro, J.F. y Bridgewater, S. (1997). The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. Annals of Botany 80: 223-230.

Secretaria de Planejamento do Estado de Goiás. (1995). Zoneamento ecológico-econômico da área do entorno do Distrito Federal. Goiânia, 216 p.