

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL E DO SOLO DA  
ÁREA DO ECOMUSEU DO CERRADO (GOIÁS) ATRAVÉS DE  
IMAGENS MODIS E CBERS

ANTONIO FELIPE COUTO JUNIOR

ORIENTADOR: JOSÉ IMAÑA ENCINAS, Dr.

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PUBLICAÇÃO: EFLM – 076

Brasília, 09 de fevereiro de 2007

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL E DO SOLO DA ÁREA DO  
ECOMUSEU DO CERRADO (GOIÁS) ATRAVÉS DE IMAGENS MODIS E  
CBERS**

**ANTONIO FELIPE COUTO JUNIOR**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA FLORESTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**JOSÉ IMAÑA ENCINAS, Doutor (UNB)**  
(orientador)

---

**OSMAR ABÍLIO DE CARVALHO JUNIOR, Doutor (UNB)**  
(examinador externo)

---

**ÉDER DE SOUZA MARTINS, Doutor (EMBRAPA – CPAC)**  
(examinador externo)

---

**ALBA VALÉRIA REZENDE, Doutor (UNB)**  
(suplente)

**Brasília – DF  
09 de fevereiro de 2007**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

COUTO JUNIOR, ANTONIO FELIPE

Análise temporal da cobertura vegetal e do solo da área do EcoMuseu do Cerrado (Goiás) através de imagens MODIS e CBERS. 2007. 61p.

(EFL/FT/UNB – Mestre em Ciências Florestais, 2007).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal.

1. Sensoriamento Remoto

2. EcoMuseu do Cerrado

3. Cerrado

4. Análise Temporal

I – EFL/FT/UNB

II – Título (série)

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

COUTO JUNIOR, A.F. Análise temporal da cobertura vegetal e do solo da área do EcoMuseu do Cerrado (Goiás) através de imagens MODIS e CBERS. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2007. 61p (Dissertação de Mestrado)

## **CESSÃO DE DIREITOS**

NOME DO AUTOR: Antonio Felipe Couto Junior

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Análise temporal da cobertura vegetal e do solo da área do EcoMuseu do Cerrado (Goiás) através de imagens MODIS e CBERS

GRAU/ANO: MESTRE/2007

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva o direito de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Antonio Felipe Couto Junior  
SQN 115, Bloco J Apt. 407  
CEP 70772-100 – Brasília, DF

## DEDICATÓRIA

*“A imaginação é mais importante que o conhecimento.”*

**Albert Einstein**  
físico alemão  
1879-1955

*“O gênio se compõe de 2% de talento e 98% de perseverante aplicação ao trabalho.”*

**Ludwig van Beethoven**  
compositor alemão  
1770-1827

*“Os dias prósperos não vêm acaso; são granjeados, como as searas, com muita fadiga e com muitos intervalos de desalento.”*

**Camilo Castelo Branco**  
escritor português  
1825-1890

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço o professor José Imaña pela confiança depositada durante a execução deste trabalho.

Agradeço também ao professor Osmar que me apresentou uma nova maneira de ver sensoriamento remoto e me incentivou para meu desenvolvimento acadêmico.

Agradeço ao professor Éder por sua grande paciência, sua simplicidade e sua disponibilidade de passar seus conhecimentos.

Agradeço também a todos os professores do Departamento de Engenharia Florestal e ao professor Paulo Meneses do Laboratório de Sensoriamento Remoto – Instituto de Geociências.

Agradeço aos meus familiares e amigos pelo apoio e por entender este momento tão importante de minha vida.

Agradeço à CAPES pela bolsa de estudos que recebi durante esta caminhada até a conclusão deste trabalho.

# **Análise temporal da cobertura vegetal e do solo da área do EcoMuseu do Cerrado (Goiás) através de imagens MODIS e CBERS**

## **RESUMO**

Utilizando o sensor sino-brasileiro, CBERS, foi possível identificar que 56,03% da cobertura atual do solo da região do EcoMuseu do Cerrado foi alterada pela ação antrópica. Os municípios de Águas Lindas de Goiás e Santo Antonio do Descoberto apresentaram os maiores graus de alterações em suas superfícies, 63,18% e 61,37%, respectivamente. O município de Pirenópolis apresentou maior integridade de cobertura natural 49,82%. O sensor MODIS permitiu realizar o monitoramento temporal da área do EcoMuseu, onde pode-se observar a dinâmica da cobertura vegetal ao longo do ano. O sensor MODIS evidenciou que a porção oeste do EcoMuseu, principalmente no município de Pirenópolis, apresentou uma maior cobertura vegetal. Na parte leste do EcoMuseu (municípios de Águas Lindas e Santo Antonio do Descoberto) foi observada maior quantidade de edificações que podem ser devido à proximidade com o Distrito Federal, em virtude de uma expansão urbana. A cobertura vegetal apresentou uma grande relação com o regime hídrico, podendo ser observadas duas tendências do NDVI da vegetação ao longo do ano, em resposta às duas estações climáticas: seca e úmida. A passagem de uma estação para outra não acontece imediatamente, foram observados padrões intermediários de NDVI, mostrando uma influência da disponibilidade/escassez hídrica da estação anterior. São apresentadas as assinaturas temporais das matas e das formações savânicas.

# **Temporal Analysis of vegetation and land cover of the region of Cerrado EcoMuseum (Goiás) using MODIS and CBERS images**

## **ABSTRACT**

The CBERS sensor identified that 56.03% of the land cover of the Cerrado EcoMuseum was changed by human activities. The municipal of Águas Lindas de Goiás and Santo Antonio do Descoberto presented the higher level of alteration in their surfaces, 63.18% and 61.37%, respectively. The municipal of Pirinópolis showed the higher integrity of the natural land cover, 49.82%. The MODIS sensor allowed the temporal monitoring of the EcoMuseum surface and showed the annual dynamics of the vegetation cover. The MODIS sensor evidenced that the west part of the EcoMuseum, mainly in Pirenópolis, showed a higher vegetation cover. In the east side of the EcoMuseum (especially Águas Lindas de Goiás and Santo Antonio do Descoberto) low level of NDVI due to the higher level of urbanization and the clearing of the vegetation cover. This area seems to be an urban expansion zone due to the proximity of the Federal District. The vegetation cover showed a relation with the water disponibility; two tendencies of the NDVI were observed through the year, the response of the dry and wet season. The season change is gradual and there were intermediaries patterns of vegetation reflection, that means the influence of water presence/absence of the previous season. This work showed the temporal signatures of the forests and savannas.

## SUMÁRIO

|   |            |
|---|------------|
| <b>RESUMO</b>   | <b>vi</b>  |
| <b>ABSTRACT</b>   | <b>vii</b> |
| <b>LISTA DE TABELAS</b>   | <b>ix</b>  |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b>   | <b>x</b>   |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b>  | <b>1</b>   |
| <b>2. HIPÓTESE</b>  | <b>2</b>   |
| <b>3. OBJETIVOS</b>   | <b>2</b>   |
| <b>3.1. OBJETIVO PRINCIPAL</b>  | <b>2</b>   |
| <b>3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>   | <b>2</b>   |
| <b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>   | <b>3</b>   |
| <b>4.1. O USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA MONITORAMENTO DE RECURSOS NATURAIS</b> | <b>3</b>   |
| <b>4.2. SENSORES REMOTOS</b>  | <b>4</b>   |
| <b>4.2.1. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer - MODIS</b>               | <b>4</b>   |
| <b>4.2.2. China-Brazil Earth Resources Satellite - CBERS</b>                      | <b>6</b>   |
| <b>4.3. COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO</b>                                  | <b>8</b>   |
| <b>4.4. BIOMA CERRADO</b>   | <b>9</b>   |
| <b>4.5. A OCUPAÇÃO DO CERRADO</b>   | <b>10</b>  |
| <b>4.6. AMEAÇAS À BIODIVERSIDADE E INICIATIVAS DE CONSERVAÇÃO DO CERRADO</b>      | <b>11</b>  |
| <b>4.7. ECOMUSEU: ORIGEM E CARACTERÍSTICAS</b>                                    | <b>13</b>  |
| <b>4.7.1. EcoMuseu do Cerrado</b>   | <b>14</b>  |
| <b>5. MATERIAL E MÉTODOS</b>  | <b>15</b>  |
| <b>5.1. ÁREA DE ESTUDO</b>  | <b>15</b>  |
| <b>5.2. OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DAS IMAGENS CBERS</b>                            | <b>18</b>  |
| <b>5.2.1. Obtenção das imagens CBERS</b>  | <b>18</b>  |
| <b>5.2.2. Mosaico das imagens e recorte da área do EcoMuseu</b>                   | <b>19</b>  |
| <b>5.2.3. Avaliação da Cobertura do Solo</b>                                      | <b>20</b>  |
| <b>5.3. OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DAS IMAGENS MODIS</b>                            | <b>21</b>  |
| <b>5.3.1. Obtenção das imagens MODIS</b>  | <b>21</b>  |
| <b>5.3.2. Processamento e composição temporal das imagens MODIS</b>               | <b>22</b>  |
| <b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>  | <b>24</b>  |
| <b>6.1. MONITORAMENTO DA COBERTURA DO SOLO DO ECOMUSEU DO CERRADO</b>             | <b>24</b>  |
| <b>6.2. ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE</b>                 | <b>41</b>  |
| <b>6.3. MONITORAMENTO TEMPORAL DA REGIÃO DO ECOMUSEU DO CERRADO</b>               | <b>43</b>  |
| <b>6.4. ASSINATURAS TEMPORAIS</b>   | <b>53</b>  |
| <b>7. CONCLUSÕES</b>  | <b>56</b>  |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>   | <b>57</b>  |



## LISTA DE TABELAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabela 1. Características do sensor MODIS.</b>   | <b>4</b>  |
| <b>Tabela 2. Usos primários do sensor MODIS, suas larguras de banda e resoluções espaciais.</b>   | <b>5</b>  |
| <b>Tabela 3. Produtos relacionados ao balanço energético, vegetação e cobertura terrestre.</b>  | <b>6</b>  |
| <b>Tabela 4. Características básicas dos sensores CBERS-1, CBERS-2 e CBERS-2B.</b>  | <b>7</b>  |
| <b>Tabela 5. Imagens obtidas, indicando o dia e ano de sua captação; destacadas em vermelho as imagens que não foram utilizadas para análise da composição temporal; bandas ordenadas para a obtenção da assinatura temporal.</b> | <b>21</b> |
| <b>Tabela 6. Cobertura do solo por município do EcoMuseu do Cerrado em 2006.</b>  | <b>36</b> |
| <b>Tabela 7. Dados populacionais dos municípios que compõem o EcoMuseu do Cerrado.</b>  | <b>38</b> |
| <b>Tabela 8. Cobertura do solo por sub-bacia hidrográfica do EcoMuseu do Cerrado em 2006.</b>   | <b>40</b> |
| <b>Tabela 9. Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade para os municípios do EcoMuseu do Cerrado.</b>   | <b>42</b> |
| <b>Tabela 10. Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade para as sub-bacias hidrográficas do EcoMuseu do Cerrado.</b>  | <b>43</b> |
| <b>Tabela 11. Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade para as grande bacias hidrográficas do EcoMuseu do Cerrado.</b>   | <b>44</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 1 – Assinatura espectral de uma folha saudável.</b>   | <b>8</b>  |
| <b>Figura 2 – Tendência da assinatura espectral de vegetação obtida através de perfil espectral da imagem CBERS.</b>  | <b>9</b>  |
| <b>Figura 3 – EcoMuseu (vermelho) localizado na zona núcleo do Bioma Cerrado (região alaranjada)</b>  | <b>15</b> |
| <b>Figura 4 – Municípios que compõem o EcoMuseu; em vermelho o resultado do Workshop de Áreas Prioritárias para Conservação.</b>  | <b>16</b> |
| <b>Figura 5 – Divisor de água de duas grandes bacias hidrográficas na área do EcoMuseu do Cerrado, ao norte Bacia do Tocantins e ao sul Bacia do Paraná; e as Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade delimitadas pelo BRASIL (1999).</b> | <b>17</b> |
| <b>Figura 6 – Sub-bacias hidrográficas encontradas na região do EcoMuseu do Cerrado e Áreas Prioritárias para a Conservação.</b>  | <b>18</b> |
| <b>Figura 7 – Órbita/Ponto e data de obtenção das imagens, CBERS.</b>   | <b>19</b> |
| <b>Figura 8 – Grade com a Projeção Sinusoidal, original das imagens MODIS; marcado com um X a imagem H13V10 utilizada neste trabalho.</b>   | <b>22</b> |
| <b>Figura 9 – Área do EcoMuseu do Cerrado obtida a partir de imagens CBERS, captadas entre os dias 05 e 11 de agosto de 2006.</b>   | <b>25</b> |
| <b>Figura 10 – Construção da Árvore de Decisão do município de Santo Antonio do Descoberto.</b>   | <b>26</b> |
| <b>Figura 11 – Seqüência de atividades da Árvore de Decisão.</b>  | <b>28</b> |
| <b>Figura 12 – Resultados da classificação do município de Santo Antonio do Descoberto.</b>   | <b>29</b> |
| <b>Figura 13 – Construção da Árvore de Decisão da primeira parte do município de Pirenópolis.</b>   | <b>30</b> |
| <b>Figura 14 – Resultados da classificação do município de Pirenópolis.</b>   | <b>30</b> |
| <b>Figura 15 – Construção da Árvore de Decisão do município de Corumbá.</b>   | <b>31</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 16 – Resultados da classificação do município de Corumbá.</b>   | <b>31</b> |
| <b>Figura 17 – Construção da Árvore de Decisão da primeira parte do município de Cocalzinho.</b>                            | <b>32</b> |
| <b>Figura 18 – Resultados da classificação do município de Cocalzinho.</b>  | <b>32</b> |
| <b>Figura 19 – Construção da Árvore de Decisão do município de Alexania.</b>  | <b>33</b> |
| <b>Figura 20 – Resultados da classificação do município de Alexania.</b>  | <b>33</b> |
| <b>Figura 21 – Resultados da classificação do município de Águas Lindas de Goiás.</b>                                       | <b>34</b> |
| <b>Figura 22 – Classificação obtida por Árvore de Decisão para o município de Águas Lindas de Goiás.</b>                    | <b>34</b> |
| <b>Figura 23 – Construção da Árvore de Decisão do município de Abadiânia.</b>   | <b>35</b> |
| <b>Figura 24 – Resultados da classificação do município de Abadiânia.</b>   | <b>35</b> |
| <b>Figura 25 – Distribuição gráfica das classes de cobertura do solo do EcoMuseu do Cerrado.</b>                            | <b>36</b> |
| <b>Figura 26 – Mapa de cobertura do solo do EcoMuseu, obtido a partir de imagens CBERS de agosto de 2006.</b>               | <b>37</b> |
| <b>Figura 27 – Áreas Alteradas e Áreas Naturais por município do EcoMuseu do cerrado, dados CBERS 2006.</b>                 | <b>39</b> |
| <b>Figura 28 – Distribuição gráfica das classes de cobertura do solo por sub-bacia hidrográfica do EcoMuseu do Cerrado.</b> | <b>40</b> |
| <b>Figura 29 – Áreas Alteradas e Áreas Naturais por sub-bacia hidrográfica do EcoMuseu do Cerrado, dados CBERS 2006.</b>    | <b>41</b> |
| <b>Figura 30 – Distribuição de prioridade para a conservação por município do EcoMuseu do Cerrado.</b>                      | <b>42</b> |
| <b>Figura 31 – Distribuição de prioridade para a conservação por sub-bacia hidrográfica do EcoMuseu do Cerrado.</b>         | <b>43</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figura 32 – Distribuição de prioridade para a conservação por bacia hidrográfica do EcoMuseu do Cerrado.</b>  | <b>44</b> |
| <b>Figura 33 – Diferença visual entre as estações; em vermelho a cidade de Águas Lindas de Goiás, com praticamente a mesma tonalidade ao longo do período de estudo, significando baixa cobertura vegetal.</b> | <b>46</b> |
| <b>Figura 34 – Histograma de frequência e valor de pixels das imagens MODIS para a região do EcoMuseu do Cerrado ao longo do período de estudo.</b>  | <b>49</b> |
| <b>Figura 35 – Correlação entre os dias do ano; (A) intraestacional, os dias estão dentro de uma mesma época do ano; (B) interestacional, dias em estações distintas.</b>                                      | <b>52</b> |
| <b>Figura 36 – Relação interestacional: (A) 32 dias de diferença entre imagens; (B) 48 dias de diferença entre as imagens.</b>   | <b>52</b> |
| <b>Figura 37 – Concentração da informação pelo MNF.</b>  | <b>53</b> |
| <b>Figura 38 – Perfil temporal do NDVI.</b>  | <b>53</b> |
| <b>Figura 39 – Perfil temporal do MNF inverso do NDVI.</b>   | <b>53</b> |
| <b>Figura 40 – Assinaturas temporais das formações savânicas (curva contínua) e das matas (curva tracejada).</b>   | <b>54</b> |
| <b>Figura 41 – Distribuição de chuvas na região do Cerrado. (Adaptado de Hermuche, 2005).</b>  | <b>54</b> |
| <b>Figura 42 – Assinatura temporal: à direita, Cerrado (A) e Mata (B); à esquerda, locais correspondentes na imagem CBERS.</b>   | <b>55</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Com o atual contexto das exigências da sociedade, criou-se uma indiscutível crise da biodiversidade no planeta que sugere a premente necessidade de gerar informações ambientais cada vez mais rápidas e confiáveis. O sensoriamento remoto tornou-se uma ferramenta que vem se desenvolvendo como um grande aliado para o monitoramento das condições dos ambientes terrestres.

O sensoriamento remoto mostra-se útil, por um lado, como fonte de informações para alimentar e atualizar bancos de dados geográficos, e por outro, servindo como fonte de dados históricos. Atualmente é possível obter informações orbitais de mais de 20 anos, desde quando se intensificou o monitoramento da terra.

A partir deste monitoramento em várias regiões do mundo foram constatadas muitas e drásticas alterações na superfície terrestre. Foram identificados ecossistemas alterados e coberturas vegetais naturais transformadas pelas ações antrópicas. O sensoriamento remoto facilitou assim a observação das mudanças no meio ambiente e permitiu diagnosticar com mais rapidez o resultado das ações humanas sobre a natureza em todo o mundo.

No Brasil o processamento por sensoriamento remoto também vem sendo muito empregado na avaliação da condição de integridade de seus ecossistemas. Foi possível constatar que grande parte de sua cobertura natural já foi alterada. Uma das constatações mais preocupantes é a grande perda de área do Cerrado. Este bioma ocupa por volta de dois milhões de km<sup>2</sup>, o que equivale a mais de um quinto da área do país. Estudos recentes mostram que por volta de 20% de sua área vegetal original ainda exista em condição natural (Ribeiro e Walter, 1998).

Além de sua abrangência, o Cerrado é considerado a savana mais diversa do mundo, o que pode ser explicado por sua heterogeneidade de paisagens naturais (Ratter et al., 1997; Silva e Bates, 2002; Silva et al., 2006). Sua importância também está na parte de recursos hídricos, sendo nascente de grandes bacias hidrográficas brasileiras.

Mesmo sendo um bioma que possui grande valor para o país, não foi considerado patrimônio nacional pela Constituição Federal de 1988. O Cerrado possui um baixo nível de áreas legalmente protegidas, em torno 2,2% de sua extensão (Klink e Machado, 2005).

Devido à falta de proteção legal, elementos da sociedade civil, de organizações não-governamentais e até de alguns órgãos do governo, tem-se mobilizado para a conservação deste bioma. Neste contexto uma experiência que vem se desenvolvendo dentro de um planejamento de uso sustentável é o EcoMuseu do Cerrado, no estado de Goiás. Grande parte de sua área está inserida em regiões prioritárias para a conservação da biodiversidade (BRASIL, 1999), possuindo muitos atributos culturais e históricos que vem sendo preservados.

## **2. HIPÓTESE**

O uso de sensoriamento remoto possibilita monitorar as alterações temporais da cobertura do solo na área do EcoMuseu do Cerrado, além de permitir estimar as áreas das classes que cobrem sua superfície.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVO PRINCIPAL**

Monitorar a cobertura vegetal e do solo da região do EcoMuseu do Cerrado utilizando sensores remotos com resoluções distintas.

### **3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar a cobertura atual do solo da região do EcoMuseu do Cerrado utilizando imagens do sensor CBERS.
2. Apresentar assinatura temporal da cobertura vegetal natural do EcoMuseu do Cerrado através de imagens do sensor MODIS.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1. O USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA MONITORAMENTO DE RECURSOS NATURAIS**

O desenvolvimento e aprimoramento de técnicas de sensoriamento remoto proporcionaram previsões de fenômenos, ordenamentos territoriais, avaliação e monitoramento ambiental. Este potencial de predição torna-o uma importante ferramenta para o manejo de ecossistemas e conservação de recursos naturais.

Wilkie e Finn (1996) consideram a análise de sensoriamento remoto uma fonte de constante atualização de informações. Além disso, informam que é possível realizar avaliações relativamente rápidas de cobertura e uso da terra, reduzindo gastos com expedições ao campo. Por outro lado, esses autores ressaltam que a acurácia dos resultados depende da experiência do usuário sobre o comportamento espectral das principais feições da área de estudo como também do conhecimento da interação do relevo e do ângulo solar para a distinção da cobertura da terra.

Yao Jia e Zhang Zengxiang (2003) e Zhongfeng Li e Xuemei Li (2004) utilizaram os conhecimentos de sensoriamento remoto para analisar mudanças temporais na China. Estes trabalhos avaliaram séries históricas de uso e cobertura da terra, mostrando sua dinâmica, e permitindo a identificação e localização de áreas que sofreram sérias alterações. Além disso, puderam mostrar que áreas não utilizadas ou subutilizadas foram ocupadas durante o período estudado. A partir daí infere-se que pode ter havido um aprimoramento de técnicas de uso da terra, ou algum tipo de incentivo por parte do governo para a ocupação de tais áreas.

O conhecimento de sensoriamento remoto também pode ser utilizado para a indicação de áreas importantes para a conservação. Martins et al (1998) e Altoé et al. (2005) desenvolveram metodologias para a indicação de corredores ecológicos. Trabalhos como estes são importantes para o planejamento da expansão urbana e rural, adequando projetos de conservação de recursos naturais e da biodiversidade com o desenvolvimento das cidades.

Através do monitoramento da cobertura da terra é possível estimar a perda de cobertura vegetal natural de biomas. No caso do Cerrado em um importante estudo realizado por Mantovani e Pereira (1998) foram indicadas quatro classes de integridade da cobertura vegetal, levando em consideração o grau de antropização. Como resultados os autores concluíram que em 1993, áreas de “cerrado antropizado” e “cerrado fortemente antropizado” totalizavam 65% do Bioma. Outro trabalho, realizado por Machado et al.

(2004), quantifica a perda de área de Cerrado. Neste estudo foram utilizadas imagens do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), obtendo como resultado que 54,9% da área original do bioma estava alterada.

## 4.2. SENSORES REMOTOS

### 4.2.1. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer - MODIS

O *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) é um espectroradiômetro com 36 bandas abrangendo as radiações do visível e do infravermelho, permitindo a obtenção de dados para gerar produtos relacionados à vegetação, cobertura terrestre, além de nuvens e aerossóis, incidência de fogo, neve e cobertura de gelo no mar.

O primeiro instrumento MODIS foi lançado em 1999, a bordo do satélite Terra e o segundo pelo satélite Aqua em 2002. Devido à seleção de resoluções espacial e espectral, as imagens deste sensor permitem o monitoramento da cobertura global quase em tempo real (Justice e Townshend, 2002). Na Tabela 1 são apresentadas as principais características deste sensor e na Tabela 2 encontram-se dispostas os principais usos, os comprimentos de onda que compreendem e sua resolução espacial.

**Tabela 1 - Características do sensor MODIS.**

| Parâmetro              | Característica  |
|------------------------|---|
| Órbita                 | 705 Km, síncrona com o Sol, polar. 10:30 a.m descendente; 1:30 p.m ascendente.                    |
| Cobertura Espectral    | 0.4-14.4 $\mu\text{m}$  |
| Resolução Espacial     | 250 m (2 bandas), 500 m (5 bandas), 1000 m (29 bandas) em nadir                                   |
| Precisão Radiométrica  | 5% Absoluto, $<3\mu\text{m}$ ; 1% Absoluto, $>3\mu\text{m}$ ; 2% de reflectância                  |
| Cobertura de repetição | Diária, a norte da latitude $30^\circ$ e a cada dois dias, para latitudes inferiores a $30^\circ$ |
| Quantização            | 12 bits   |
| Taxa de Dados          | 6.2 Mbps (média), 10.8 Mbps (dia), 2.5 Mbps (noite)   |



**Tabela 2 - Usos primários do sensor MODIS, suas larguras de banda e resoluções espaciais.**

| <b>Uso Primário</b>                     | <b>Banda</b> | <b>Largura de Banda (nm)</b> | <b>Resolução Espacial (m)</b> |
|---|--------------|------------------------------|-------------------------------|
| Superfície terrestre/nuvem              | 1            | 620-670                      | 250                           |
|   | 2            | 841-875                      | 250                           |
| Propriedades da superfície /nuvem       | 3            | 459-479                      | 500                           |
|   | 4            | 545-565                      | 500                           |
|   | 5            | 1230-1250                    | 500                           |
|   | 6            | 1628-1652                    | 500                           |
|   | 7            | 2105-2155                    | 500                           |
| Cor dos Oceanos/Fitoplâncton/Bioquímica | 8            | 405-420                      | 1000                          |
|   | 9            | 438-448                      | 1000                          |
|   | 10           | 483-493                      | 1000                          |
|   | 11           | 526-536                      | 1000                          |
|   | 12           | 546-556                      | 1000                          |
|   | 13           | 662-672                      | 1000                          |
|   | 14           | 673-683                      | 1000                          |
|   | 15           | 743-753                      | 1000                          |
|   | 16           | 862-877                      | 1000                          |
| Vapor d'água Atmosférico                | 17           | 890-920                      | 1000                          |
|   | 18           | 931-941                      | 1000                          |
|   | 19           | 915-965                      | 1000                          |
|   | 20           | 3660-3840                    | 1000                          |
| Temperatura nuvens/superfície           | 21           | 3929-3989                    | 1000                          |
|   | 22           | 3929-3989                    | 1000                          |
|   | 23           | 4020-4080                    | 1000                          |
| Temperatura Atmosférica                 | 24           | 4433-4498                    | 1000                          |
|   | 25           | 4482-4549                    | 1000                          |
| Cirrus                                  | 26           | 1360-1390                    | 1000                          |
|   | 27           | 6535-6895                    | 1000                          |
| Vapor d' água                           | 28           | 7175-7475                    | 1000                          |
|   | 29           | 8400-8700                    | 1000                          |
| Ozônio                                  | 30           | 9580-9880                    | 1000                          |
| Temperatura nuvens/superfície           | 31           | 10780-11280                  | 1000                          |
|   | 32           | 11770-12270                  | 1000                          |
| Altitude Topo da nuvem                  | 33           | 13185-13485                  | 1000                          |
|   | 34           | 13485-13785                  | 1000                          |
|   | 35           | 13785-14085                  | 1000                          |
|   | 36           | 14085-14385                  | 1000                          |

Os dados obtidos permitem a interpretação das dinâmicas globais e dos processos que ocorrem na terra, nos oceanos e na atmosfera. Desta forma, o sensor MODIS mostra-se muito útil para o desenvolvimento de modelos de predição de mudanças globais que poderiam dar suporte a políticas públicas relativas ao meio ambiente.

Para o campo ligado às aplicações terrestres, o MODIS atua principalmente na detecção das mudanças na cobertura da terra geradas pela ação do homem ou devido a processos naturais. Dentre os produtos disponíveis (Tabela 3), o MOD13 oferece os índices de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e EVI (Enhanced Vegetation Index) gerados automaticamente e disponibilizados na forma de mosaicos.

**Tabela 3 - Produtos relacionados ao balanço energético, vegetação e cobertura terrestre.**

| <b>Produtos relacionados ao balanço energético</b> |  |
|--|--|
| MOD 09   | Reflectância de superfície                                   |
| MOD 11   | Temperatura da superfície da Terra e emissividade            |
| MOD 43   | BRDF/Albedo  |
| MOD 10 E 29  | Cobertura de neve e extensão de gelo na superfície do mar    |
| <b>Produtos voltados à vegetação</b>               |  |
| MOD 13   | Grades de índices de vegetação (Máximo NDVI e MVI integrado) |
| MOD 15   | Índice de área foliar (LAI) e FPAR                           |
| MOD 17   | Fotossíntese líquida e produtividade primária                |
| <b>PRODUTOS VOLTADOS À COBERTURA TERRESTRE</b>     |  |
| MOD 12   | Cobertura da terra e mudança na cobertura da terra           |
| MOD 14   | Anomalias termais, fogo e queima de biomassa                 |
| MOD 44   | Conversão da cobertura vegetal                               |

Adaptado de Justice et al. (2002).

Estes índices de vegetação permitem ampliar a possibilidade de monitoramento da cobertura da terra, em escalas globais, possuindo resoluções espaciais e temporais aperfeiçoadas a partir das especificações do próprio instrumento e das propriedades das superfícies imageadas. Ainda segundo estes autores, esses índices estão correlacionados com parâmetros biofísicos da vegetação, possibilitando a estimativa de parâmetros como: índice de área foliar, biomassa vegetal, produtividade e atividade fotossintética.

As imagens MODIS podem ser obtidas gratuitamente na página eletrônica da National Aeronautics and Space Administration (NASA), pelo endereço <http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/>. É possível realizar buscas dentre os produtos apresentados nas Tabelas 2 e 3.

#### **4.2.2. China-Brazil Earth Resources Satellite - CBERS**

Em um programa conjunto, Brasil e China construíram e lançaram dois satélites de observação da terra denominados CBERS – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (Epiphanyo, 2005).

O primeiro satélite foi lançado em outubro de 1999, operando até julho de 2003, e o segundo foi lançado em outubro de 2003. Um acordo para o aprimoramento e continuidade do programa com previsão de lançamento do CBERS-3 e CBERS-4, para 2008 e 2011, respectivamente, já foi assinado. Um outro acordo possibilitou o lançamento

do CBERS-2B em 2006, com a finalidade de evitar uma eventual falta de dados entre o fim do CBERS-2 e o lançamento do CBERS-3. As principais características dos sensores CBERS encontram-se na Tabela 4.

**Tabela 4 - Características básicas dos sensores CBERS-1, CBERS-2 e CBERS-2B.**

| Banda                           | Resolução Espectral ( $\mu\text{m}$ )  | Resolução Espacial (m) - nadir |
|---------------------------------|--|--------------------------------|
| CCD 1 (B1)                      | 0,45-0,52  | 19,5 x 19,5                    |
| CCD 2 (B2)                      | 0,52-0,59  | 19,5 x 19,5                    |
| CCD 3 (B3)                      | 0,63-0,69  | 19,5 x 19,5                    |
| CCD 4 (B4)                      | 0,77-0,89  | 19,5 x 19,5                    |
| CCD 5 (B5)                      | 0,51-0,73  | 19,5 x 19,5                    |
| IRMSS 1 (B6)                    | 0,50-0,90 (8 detectores de HgCdTe)   | 77,8 x 77,8                    |
| IRMSS 2 (B7)                    | 1,55-1,75 (8 detectores de HgCdTe)   | 77,8 x 77,8                    |
| IRMSS 3 (B8)                    | 2,08-2,35 (8 detectores de HgCdTe)   | 77,8 x 77,8                    |
| IRMSS 4 (B9)                    | 10,4-12,5 (4 detectores de HgCdTe)   | 156 x 156                      |
| WFI 1 (B10)                     | 0,63-0,69  | 258 x 258                      |
| WFI 2 (B11)                     | 0,77-0,89  | 258 x 258                      |
| Tecnologia do sensor            | CCD e WFI: Radiômetro <i>pushbroom</i><br>IRMSS: Radiômetro com espelho de varredura   |                                |
| Largura da faixa de imageamento | CCD: 113 km; IRMSS: 119,5; WFI: 900 km   |                                |
| Revisita                        | 26 dias; WFI pode imagear uma certa área em menos de 5 dias; CCD pode imagear uma certa área em menos de 5 dias se usar a visada lateral |                                |
| Quantização                     | 8 bits   |                                |
| Taxa de Dados                   | CCD: 2x53 Mb/s; IRMSS: 6,1 Mb/s; WFI: 1,1 Mb/s   |                                |
| Gravador de bordo               | Taxa de dados: 2x26,5 Mb/s; tempo de gravação de 15 minutos  |                                |

Fonte: Epiphany 2005

A carga útil do CBERS-2 consiste de uma Câmara Imageadora de Alta Resolução (CCD), um Radiômetro Imageador de Varredura no Infravermelho (IRMSS), uma Câmara Imageadora de Amplo Campo de Visada (WFI), um Monitor de Ambiente Espacial (SEM) e um Sistema de Coleta de Dados (DCS) (Epiphany, 2005).

O sensor CBERS vem permitindo o constante monitoramento da cobertura da terra no Brasil, abrangendo várias áreas de interesse. Entre eles é possível identificar áreas de queimadas (Pereira e França, 2005), habitats de animais (Bertoluzzi e Mantovani, 2005) e fragmentos florestais (Ferreira et al., 2005). Além disso, foram utilizados para a classificação da cobertura vegetal e para o monitoramento de desflorestamento (Matos et al., 2005; Kalil Mello et al., 2005; Santos et al., 2005; Soares et al., 2005).

A facilidade para o monitoramento está na disponibilização gratuita das imagens pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), através do endereço: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Nesta página é possível realizar pesquisa por estado, município, período de interesse, coordenadas geográficas, dentre outros parâmetros.

### 4.3. COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO

Para a interpretação de uma imagem obtida por sensores remotos é preciso entender a interação da radiação eletromagnética com a superfície da terra. Os principais componentes do sensoriamento na superfície terrestre são: o solo, a água, a vegetação (Curran, 1985).

O comportamento espectral de uma folha é função de sua composição, morfologia e estrutura interna, sendo que seus principais constituintes, considerando o ponto de vista da interação com a radiação eletromagnética: celulose, solutos, espaços intercelulares e pigmentos (dentro dos cloroplastos) (Ponzoni 2001).

Além destes componentes, a espessura da folha é um fator importante no percurso da REM, isto se deve à transmitância, que, em geral, é maior do que a reflectância em folha finas, ocorrendo o inverso para folhas grossas (Ponzoni 2001).

A Figura 1 apresenta a curva de reflectância de uma folha verde sadia. Na figura podem ser caracterizadas três áreas. Na região do visível (0,4-0,7  $\mu\text{m}$ ) é possível observar uma baixa reflectância da REM, devido a grande absorção pelos pigmentos da folha para o processo de fotossíntese. Na área compreendida pelo infravermelho próximo (0,7-1,3  $\mu\text{m}$ ) a maior reflectância é devido ao espalhamento interno da folha. Na área correspondente ao infravermelho de ondas curtas (1,3-2,6  $\mu\text{m}$ ) são produzidos dois pontos de absorção de água, que são dominados pelo próprio conteúdo de água na folha.

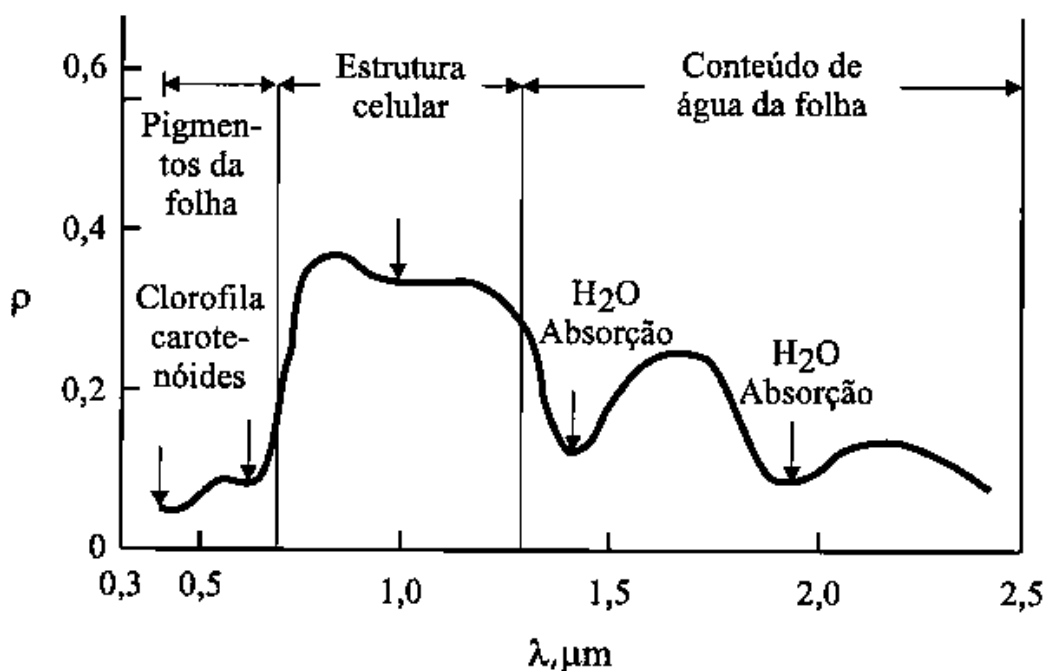


Figura 2 – Assinatura espectral de uma folha saudável;  $\rho$  (reflectância);  $\lambda$  (comprimento de onda).

Os sensores remotos possuem bandas dispostas ao longo do espectro abrangendo comprimentos de onda específicos, permitindo assim a geração de assinaturas espectrais. O sensor CBERS abrange os comprimentos de onda entre 0,45  $\mu\text{m}$  e 0,89  $\mu\text{m}$ . Desta forma, a assinatura espectral obtida de uma vegetação sadia da imagem CBERS (Figura 2) mostra-se incompleta em relação a assinatura obtida por espectrorradiômetro, como mostrado na Figura 1. Na Figura 2 é possível apenas observar a tendência da reflectância da região do visível (0,45-0,69 $\mu\text{m}$ ) até o início do infravermelho próximo (0,7-1,3 $\mu\text{m}$ ).

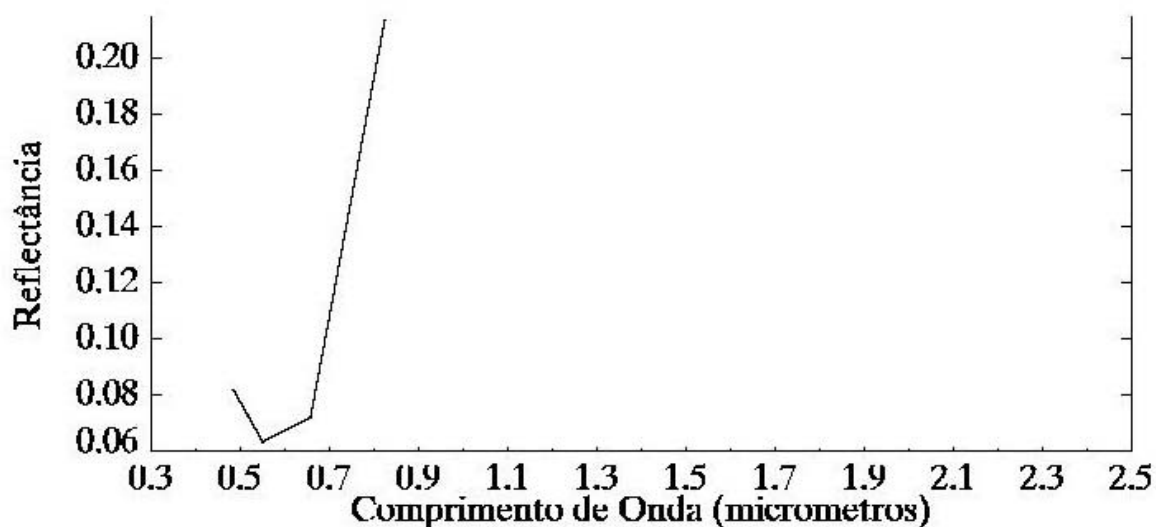


Figura 3 - Tendência da assinatura espectral de vegetação obtida através do perfil espectral da imagem CBERS.

#### 4.4. BIOMA CERRADO

A origem da vegetação do Cerrado ainda traz muitas dúvidas entre aqueles que o estudam, gerando especulações sobre os elementos determinantes, como a estacionalidade climática, a pobreza nutricional dos solos e a ocorrência de fogo (Alho e Martins, 1995). É considerada uma região antiga possuindo formações entre 13.000 e 18.000 anos antes do presente (Ab'Sáber, 2003).

O Cerrado tem um clima tropical com precipitação variando de 750 a 2000 mm por ano em média, clima de Köppen Aw, apresentando dois períodos climáticos bem distintos. Um é verão quente e úmido, e outro um inverno mais frio e seco (Eiten, 1972 e 1994).

As fisionomias da vegetação deste bioma variam de ambientes campestres até formações florestais (Ribeiro e Walter, 1998). Os principais tipos fisionômicos no interflúvio são o cerradão, cerrado sentido restrito, campo cerrado, campo sujo, campo limpo; e os associados aos cursos d'água são as matas de galerias e buritizais (Eiten, 1994).

As espécies lenhosas apresentam comportamento fenológico distintos, de espécies sempre verdes a até decíduas, sendo que as sempre verdes parecem ter sua produção de folhas limitadas a restrição hídrica sazonal (Oliveira, 2005).

A redução na cobertura de copa de algumas espécies de cerrado sentido restrito foi concentrada no período da seca (Oliveira, 2005). Este autor informa que a sazonalidade climática em áreas de cerrado determina a natureza sazonal dos eventos foliares de espécies lenhosas.

#### **4.5. A OCUPAÇÃO DO CERRADO**

A ocupação deste bioma foi intensificada a partir do século XVIII devido à busca de ouro e minerais preciosos na parte central do Brasil, estando esta região anteriormente ocupada esparsamente (Alho e Martins, 1995; Ratter et al., 1997). Porém estas atividades mesmo realizadas de forma exploratória causaram a exaustão das minas, abrindo caminho para outras atividades, como a criação extensiva de gado.

De acordo ainda com os autores acima, pode-se observar que a integração à vida moderna brasileira ocorreu recentemente, devido principalmente à construção de ferrovias ligando São Paulo a Goiás. Este fato além de permitir o aumento do escoamento da produção, proporcionou a expansão agrícola.

Alho e Martins (1995) destacaram dois principais motivos para a expansão agrícola sobre o Cerrado de região Centro-Oeste. O primeiro, foi o fato da construção da nova capital na década de 1960, o que permitiu uma ocupação mais intensiva de uma região relativamente isolada. O segundo motivo foi a adoção de estratégias e políticas de desenvolvimento, além de investimentos em infra-estrutura. Dentre estas estratégias podem ser ressaltados: os créditos subsidiados e a isenção de imposto de renda para atividades agrícolas.

Os créditos subsidiados influenciaram a expansão agropecuária no Cerrado devido às expectativas de rentabilidade com o acesso ao crédito, e de maneira indireta relativamente ao preço da terra. Já a isenção de imposto de renda sobre as atividades agrícolas estimulou muito a ocupação de terras, levando à conversão da cobertura vegetal

nativa em pastagens e plantios. Estes e outros incentivos não levaram em consideração as características peculiares deste bioma (Alho e Martins, 1995).

Para vários programas do governo a ocupação do Cerrado era encarada como uma das soluções para o desenvolvimento do Brasil. Borges (1985) informara a necessidade de aumentar a produção por área e utilizar novas regiões que tinham pouco valor agregado. Isso pôde ser confirmado três anos mais tarde quando foi promulgada a Constituição Federal de 1988. Em nossa carta magna, em seu artigo 225, §4º, o Bioma Cerrado não foi incluído como patrimônio nacional, mesmo sendo o segundo maior bioma do Brasil e sendo considerado a savana tropical mais rica do mundo.

Apesar de estar entre as áreas mais ameaçadas do mundo, o Cerrado possui apenas 2,2% de áreas integralmente protegidas (Machado et al., 2004; Klink e Machado, 2005), sendo necessário, no mínimo, que este percentual triplicasse (Alho e Martins, 1995).

#### **4.6. AMEAÇAS À BIODIVERSIDADE E INICIATIVAS DE CONSERVAÇÃO DO CERRADO**

Estudo realizado por Machado et al. (2004) utilizando imagens do sensor MODIS 2002 concluiu que cerca de 55% (1.580.000 ha) do Cerrado foram desmatados ou transformados pela ação antrópica, sendo que a principal causa foi a abertura de áreas para pastagem e criação de gado.

Alho e Martins (1995) apontaram o fogo e por conseqüência a redução da fauna como a maior ameaça à biodiversidade. Para os autores, a alteração na frequência e intensidade do uso do fogo causada pela exploração vegetal, ocasiona a perda de fertilidade em médio prazo. Informaram ainda que o comércio ilegal causou a redução da fauna, podendo levar à extinção de algumas espécies.

Klink e Machado (2005) consideram a degradação do solo e do ecossistema, e a introdução de espécies exóticas como as maiores ameaças. Para estes autores as espécies invasoras de gramíneas africanas são os principais agentes de alterações no Cerrado. Com relação à perda de solo, Rodrigues (2002) demonstrou que em média em um plantio convencional de soja é perdido pela erosão 25ton/ha/ano de solo, porém, com o uso de práticas conservacionistas é possível reduzir até para 3ton/ha/ano.

Todas essas ameaças acima associadas à grande expansão populacional fizeram do Bioma Cerrado um *hotspot* (Myers et al., 2000; Brooks et al., 2002; Mittermeier *et al.*, 2005), ou seja, uma área que apresenta alta biodiversidade e ao mesmo tempo com uma forte pressão antrópica. Além de alta diversidade genética também apresenta alto grau de endemismo, o que significa que possui grande número de espécies que se distribuem somente nesta região. Já a pressão humana sobre tais áreas está relacionada com o seu potencial agrícola, devido a condições climáticas e de relevo.

A alta diversidade biológica explicada pela heterogeneidade do Cerrado (Ratter et al., 1997; Silva e Bates, 2002; Silva et al., 2006) deve ser considerada nas ações de conservação deste bioma. Por exemplo, a heterogeneidade florística, diversidade beta (medida da variação espacial na composição de espécies entre sítios de uma região), da vegetação do Cerrado possui grande importância para o planejamento de conservação (Ratter et al., 1997). Este fato pode explicar a necessidade da criação de diversas áreas protegidas para a conservação da biodiversidade. Outro fator que deve ser considerado é a organização da distribuição de diferentes grupos de organismos para auxiliar na determinação de áreas de endemismo (Silva e Bates, 2002).

Os autores acima ainda ressaltam que as áreas protegidas devem receber maiores implementações formais, além de se propiciar sua conectividade através de corredores de biodiversidade. Ainda ressaltam que novos projetos de expansão agrícola nesta região devem ser suspensos temporariamente, para uma melhor avaliação, além do emprego de novas tecnologias agrícolas que aumentem a produtividade das terras já utilizadas.

Klink e Machado (2005) informam que muitas ações para a conservação do cerrado estão sendo desenvolvidas não só pelo governo, como também por organizações não-governamentais, iniciativa privada e pesquisadores.

Além das iniciativas já existentes se faz necessário estabelecer ações prioritárias para a indicação e estudo de áreas importantes para a conservação do Bioma do Cerrado. Também é importante o envolvimento das comunidades locais para o fortalecimento destas iniciativas, como foi observado na criação do EcoMuseu do Cerrado, no estado de Goiás.



#### **4.7. ECOMUSEU: ORIGEM E CARACTERÍSTICAS**

Do final da década de 1960 até 1970, a idéia sobre as funções dos museus pareciam que não apresentavam um futuro promissor. Desta forma, seria muito importante desvincular a palavra museu, sendo visto apenas como passado, mudando seu conceito para relacioná-lo publicamente ao meio ambiente. Até que depois de longas discussões Hugues de Varine enfim consegue relacionar duas palavras “ecologia” e “museu”, resultando em EcoMuseu. A primeira vez que o termo foi utilizado em público foi em 1971, um ano antes da conferência das Nações Unidas em Estocolmo, na Conferência Geral do Conselho Internacional dos Museus (Varine, 2000). Assim estava concebida, organizada e difundida uma nova forma da museologia, relacionando-o com uma visão ecológica.

“O EcoMuseu é uma instituição que administra, estuda, explora com fins científicos, educativos e, em geral, culturais, o patrimônio global de uma determinada comunidade, compreendendo a totalidade do ambiente natural e cultural dessa comunidade”. Esta foi a definição de EcoMuseu feita por Hugues de Varine, idealizador do conceito, em julho de 1976.

Um EcoMuseu tem sua sede coincidindo com o ambiente onde está inserido. A instituição deve realizar estudos nesse ambiente, de forma interdisciplinar, sobre os aspectos de patrimônio e desenvolvimento culturais e naturais, ressaltando as relações que constituem este ambiente, informando ao público os bens. Isso pode ser visto como uma maneira de fazer com que a própria comunidade desenvolva uma identidade com o seu ambiente (Varine, 2000).

Uma outra característica que se faz muito importante é que a instituição deve estimular a comunidade a reagir perante as políticas existentes neste museu, levando à sua efetiva participação em seu ambiente. Esta característica mostra que para o desenvolvimento de tal instituição é necessário o envolvimento efetivo de sua comunidade nas decisões e empreendimento em sua localidade (Varine, 2000).

As características apresentadas acima permitem levar a importante conclusão que o objetivo do EcoMuseu é o desenvolvimento da comunidade. Além disso, mostra-se um modelo de organização participativa visando desenvolver o senso crítico de avaliação e construção contínuas do ambiente desta população. Este modelo pode ser visto como instrumento de empoderamento da comunidade criando condições para que o processo de tomada de decisões seja baseado na coletividade (Varine, 2000).

#### **4.7.1. EcoMuseu do Cerrado**

O EcoMuseu do Cerrado teve sua origem em iniciativas de movimentos sociais a partir de 1997, tendo a participação de instituições públicas e particulares. Dentre estas instituições destacam-se o Instituto HUAH do Planalto Central, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, além de órgãos municipais e estaduais.

O EcoMuseu do Cerrado foi criado em 1998, podendo ser considerado um museu da história natural inserido no Bioma Cerrado. Abrange o território de sete municípios do estado de Goiás, localizados no entorno do Distrito Federal. Compõem o EcoMuseu do Cerrado os municípios de Abadiânia, Águas Lindas de Goiás, Alexania, Cocalzinho, Corumbá, Pirenópolis e Santo Antonio do Descoberto.

Para o planejamento do EcoMuseu do Cerrado foi utilizada a gestão biorregional desenvolvida por Miller (1997). Tendo como objetivo construir uma unidade social dos municípios integrantes visando à conservação natural e cultural, o uso sustentável e a distribuição equitativa de suas riquezas.

Além desse objetivo geral para a região, pretende-se articular com todos os segmentos uma proposta de um novo modelo de desenvolvimento sustentável e disseminá-lo através de sua capacitação.

As informações apresentadas acima concernentes à história do EcoMuseu do Cerrado foram obtidas no Almanaque do EcoMuseu do Cerrado (2002), produzido em parceria pelo Instituto HUAH do Planalto Central e IBAMA.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. ÁREA DE ESTUDO

A área escolhida para esta pesquisa compreende o EcoMuseu que corresponde a uma superfície de 8100 km<sup>2</sup>, localizada entre os paralelos 15°21' e 16° 21' de latitude sul e os meridianos 48° 04' e 49° 14' de longitude oeste, inserido na zona central do Bioma Cerrado (Figura 3).

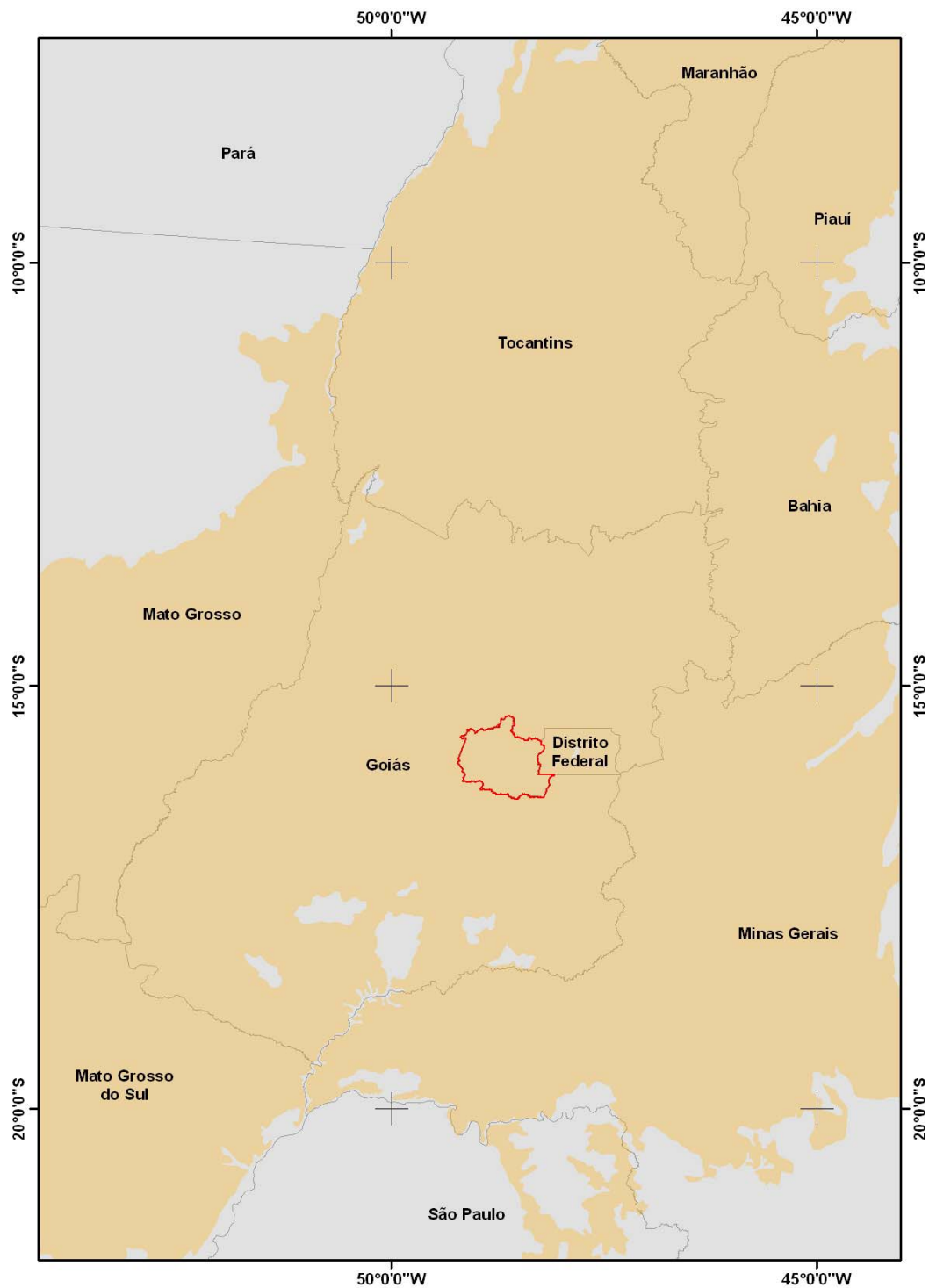
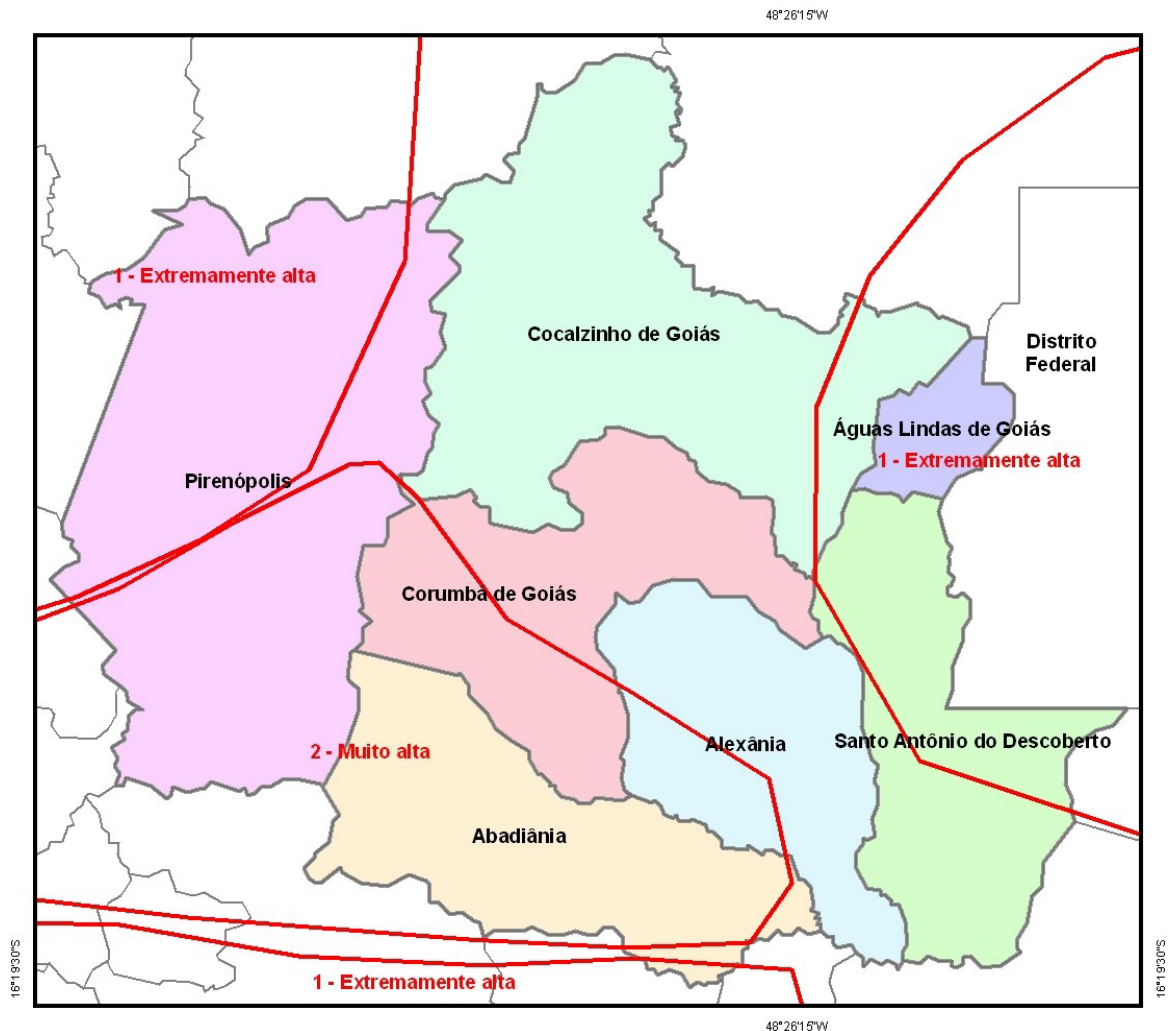


Figura 4 – EcoMuseu (vermelho) localizado na zona núcleo do Bioma Cerrado (região alaranjada).

Está localizado no estado de Goiás sendo composto por sete municípios: Abadiânia, Águas Lindas do Goiás, Alexânia, Cocalzinho, Corumbá de Goiás, Pirenópolis e Santo Antonio do Descoberto. Na Figura 4 são apresentadas as áreas prioritárias para a conservação (Brasil, 1999). Estas áreas foram definidas durante o workshop realizado pelo Ministério do Meio Ambiente onde participaram várias organizações governamentais e não governamentais e representantes de diversos setores da região.

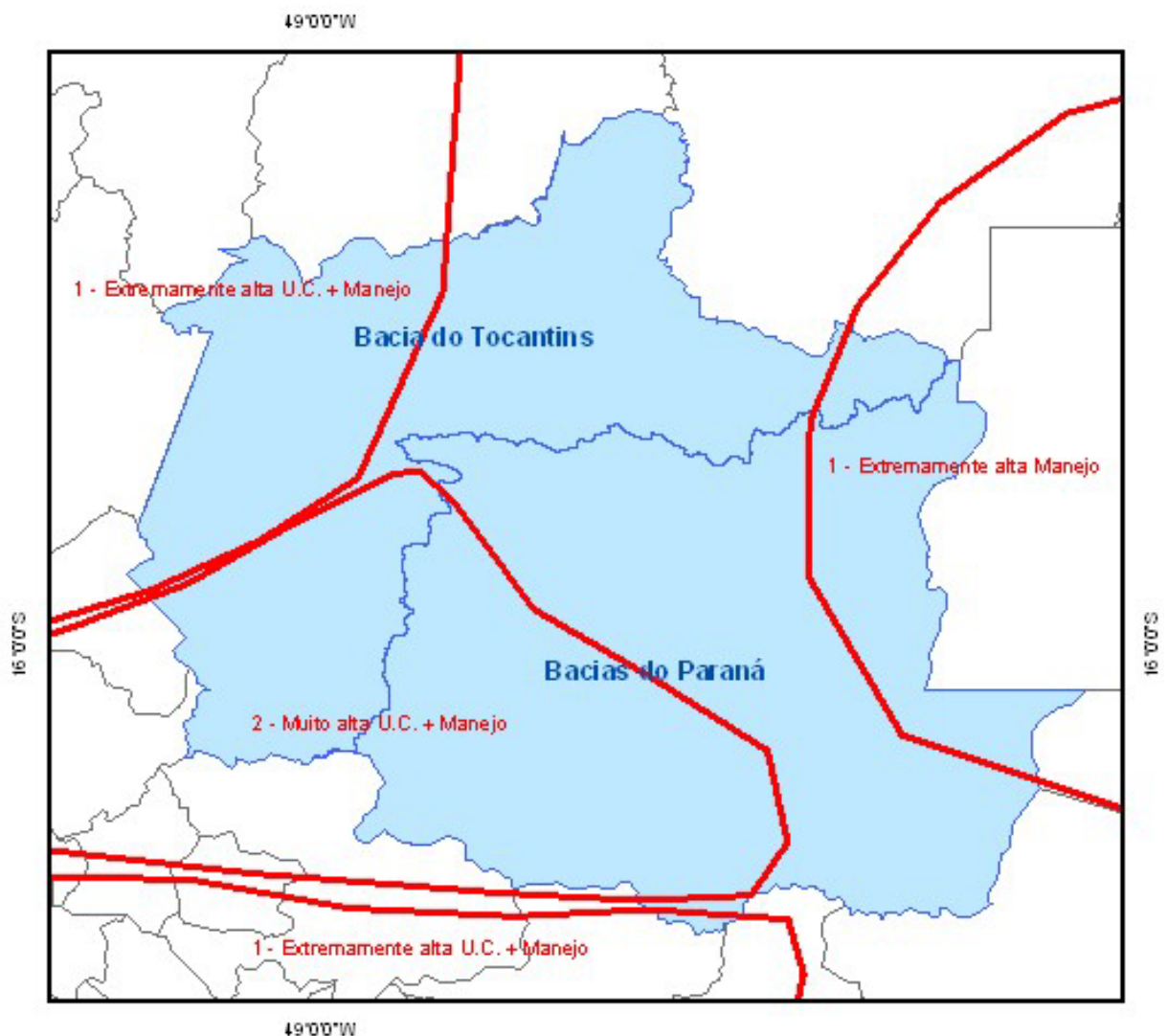
Foram indicadas áreas com prioridade extremamente alta, muito alta, alta, insuficientemente conhecidas e novas áreas identificadas pelos grupos. Além disso, foram indicadas ações como a realização de planos de manejo e criação de unidades de conservação. Para o Cerrado e Pantanal foram indicadas 86 áreas, das quais quatro abrangem a região do EcoMuseu do Cerrado (Figura 4)



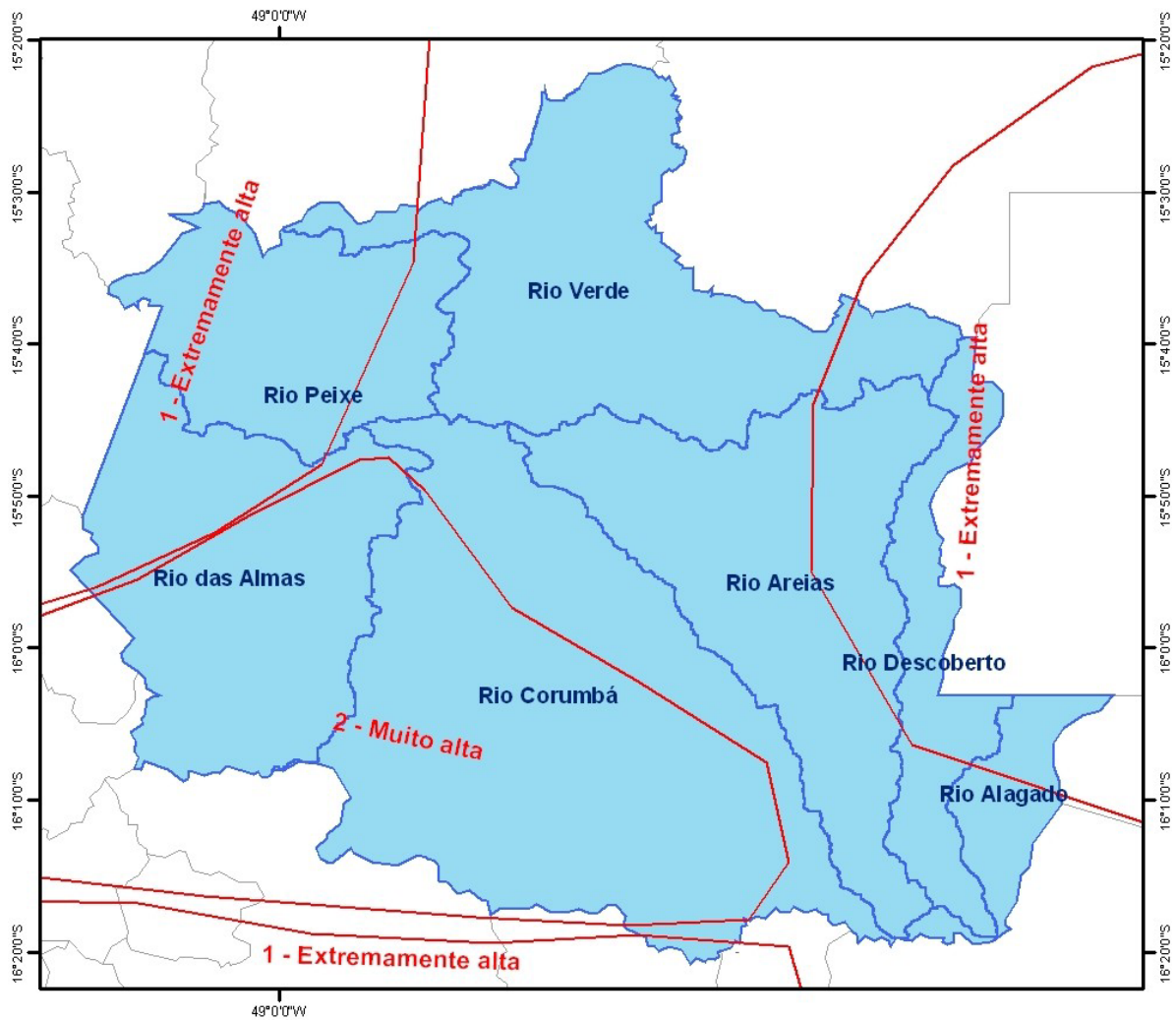
**Figura 5 - Municípios que compõem o EcoMuseu; em vermelho o resultado do Workshop de Áreas Prioritárias para Conservação.**

A região é adjacente a Brasília e possui uma rede viária relativamente densa, sobressaindo as rodovias federais BR-060 – Brasília-Goiânia – e a BR-070 – Taguatinga-Cocalzinho. Além disso, conta com diversas fitofisionomias vegetais naturais do Cerrado. Também existem em diversos graus de variabilidade de ocupação da terra, de topografia e declividade, além de gradientes diferentes de conservação dos ambientes naturais (Nóbrega, 2003).

Na Figura 5 é possível observar que em sua área encontra-se o divisor de águas de duas grandes bacias hidrográficas: do Rio Paraná e do Rio Tocantins. Além disso, foram encontradas sete sub-bacias hidrográficas (Imaña-Encinas et al., 2004), como pode ser observado na Figura 6.



**Figura 6 – Divisor de água de duas grandes bacias hidrográficas na área do EcoMuseu do Cerrado, ao norte Bacia do Tocantins e ao sul Bacia do Paraná; e as Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade delimitadas pelo (Brasil, 1999).**



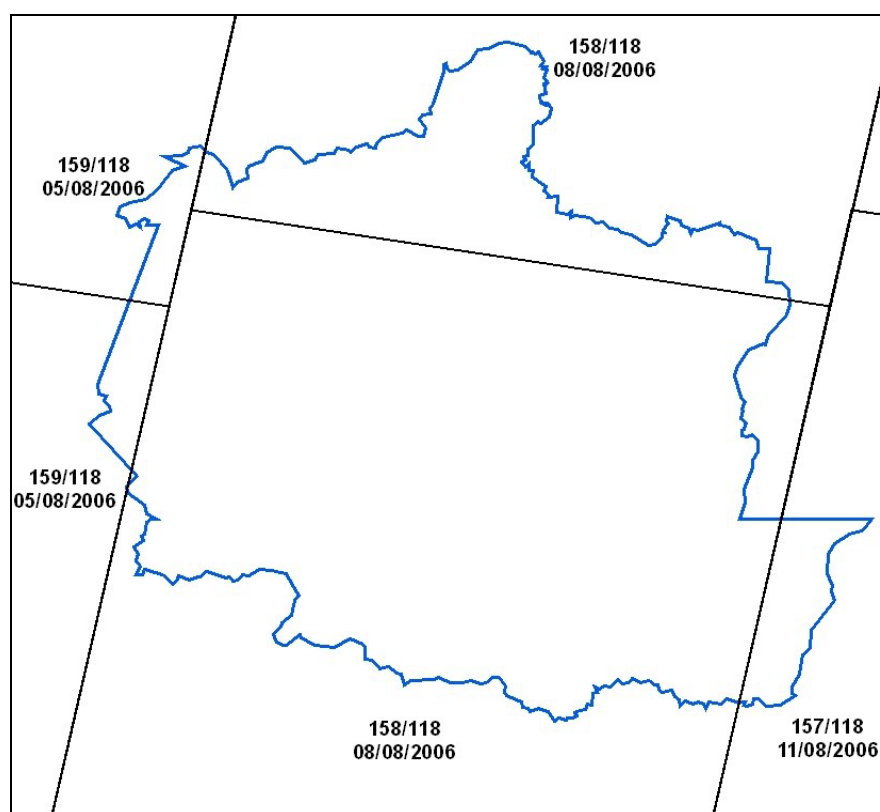
**Figura 7 - Sub-bacias hidrográficas encontradas na região do EcoMuseu do Cerrado e Áreas Prioritárias para a Conservação.**

## **5.2. OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DAS IMAGENS CBERS**

### **5.2.1. Obtenção das imagens CBERS**

A obtenção das imagens CBERS foi feita pelo sítio eletrônico do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), [www.cbbers.inpe.br](http://www.cbbers.inpe.br). As imagens foram fornecidas gratuitamente sendo necessário previamente preencher um cadastro dos dados pessoais. Foram selecionadas imagens através das órbitas/pontos.

Para abranger a área do EcoMuseu foram utilizadas cinco imagens para a realização do mosaico. As imagens e suas respectivas datas de aquisição estão mostradas na Figura 7.



**Figura 8 - Órbita/Ponto e data de obtenção das imagens CBERS.**

### **5.2.2. Mosaico das imagens e recorte da área do EcoMuseu**

A construção do mosaico das cinco imagens (Figura 7) foi realizada primeiramente pela mosaicagem das imagens de uma mesma órbita. Após esta união foi realizada a junção das diferentes faixas.

Após a geração do mosaico, foi realizada a correção geométrica através de cartas topográficas na escala de 1:100.000, utilizando a projeção *Universal Transversa de Mercator* (UTM) e como *datum* horizontal *World Geographic System 1984* (WGS-84).

Na construção do mosaico de imagens CBERS, para abranger a área do EcoMuseu do Cerrado, foram utilizadas imagens com números digitais, uma vez que a calibração para a reflectância não se mostrou eficiente.

Foi realizado um referenciamento da borda de sobreposição para realizar a correta junção entre imagens de órbitas diferentes, sendo tomada como referência a órbita 158. As imagens captadas em dias diferentes apresentaram problemas espectrais, desta forma, para reduzir esta diferença foi realizado um ajuste histogrâmico, baseado nas imagens da órbita 158.

A correção geométrica foi muito bem sucedida permitindo uma ótima junção entre as imagens. Por outro lado, o ajuste de histogramas não conseguiu eliminar eficientemente as diferenças ocasionadas, pela diferença de insolação e ângulo de visada do sensor, uma vez que as imagens foram tomadas em dias diferentes.

### 5.2.3. Avaliação da Cobertura do Solo

Neste trabalho foi utilizado o classificador *Árvore de Decisão* que é considerado uma técnica que executa um processamento de multi-etapas, baseada em uma série de decisões binárias para a alocação dos *pixels*. Cada decisão separa *pixels* pertencentes a um grupo de imagens, cujas classes são baseadas em uma determinada expressão, sendo assim possível subdividir cada classe em mais duas para permitir a geração da classificação (ENVI<sup>®</sup> 2005).

Foram definidas as seguintes classes: *Água*; *Área Agropecuária* (Agricultura + Pastagem); *Área Antropizada* (Área urbana + Solo exposto); *Cerrado* (Savânico + Campestre); *Matas* (Matas de Galeria + Matas de Encosta + Cerradão).

Para a composição da *Árvore de Decisão* foram utilizadas informações referentes às próprias imagens que permitiram a separação da parte da imagem que tem informação e do fundo. Também foi utilizado o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) obtido automaticamente pelo ENVI 4.2, para a identificação das “Matas”. Após a separação desta classe foi realizado um recorte destas áreas abrangidas por “Matas” para retirar sua influência sobre os demais alvos da imagem.

Com a imagem sem as “Matas” e mascarada, foi realizado um *Minimum Noise Fraction* (MNF), para a separação do sinal e do ruído. Esta técnica separa o sinal nos primeiros componentes e o ruído para os últimos. Porém para as imagens CBERS o melhor sinal foi encontrado no quarto componente do MNF. Desta forma, utilizando o quarto componente do MNF sem as “Matas” foi possível identificar a classe “Área Antrópica”. A partir desta separação foi realizado um novo recorte sobre a imagem, baseado nesta classe.

Com a imagem recortada sem as “Matas” e as “Áreas Antrópicas” foi realizado mais um MNF e utilizado seu quarto componente para a separação entre a “Área Agropecuária” e o “Cerrado”. A classe “Água” foi separada a partir da banda do Infravermelho Próximo (Banda 4) da imagem CBERS.



### 5.3. OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DAS IMAGENS MODIS

#### 5.3.1. Obtenção das imagens MODIS

Foi utilizado o produto MOD13Q1 V004, imagem H13v10, com resolução espacial de 250 metros, obtida através do sítio eletrônico: <http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome>. Para a obtenção das imagens é necessário o preenchimento de um cadastro gratuito, existindo a possibilidade de pesquisa na página como visitante.

Foram obtidas cenas compreendendo o período entre Agosto de 2005 e Setembro de 2006. Foram encontradas 25 imagens, representando uma cobertura temporal de 385 dias. Este produto fica disponível a cada 16 dias e as imagens têm seus dias contados de acordo com o calendário Juliano (dias do ano de 1 a 365). Foram eliminadas 6 imagens dentre as obtidas, marcadas em vermelho na Tabela 5, devido a grande presença de nuvens e outras fontes de ruídos indesejáveis.

**Tabela 5 - Imagens obtidas, indicando o dia e ano de sua captação; destacadas em vermelho as imagens que não foram utilizadas para análise da composição temporal; bandas ordenadas em ordem crescente para a obtenção da assinatura temporal.**

| Código da Imagem                          | Dia do ano | Ano  | Dia (Banda) |
|---|------------|------|-------------|
| MOD13Q1.A2005225.h13v10.004.2005255232451 | 225        | 2005 | 1           |
| MOD13Q1.A2005241.h13v10.004.2005264080732 | 241        |      | 17          |
| MOD13Q1.A2005257.h13v10.004.2005284055105 | 257        |      | 33          |
| MOD13Q1.A2005273.h13v10.004.2005293222249 | 273        |      | 49          |
| MOD13Q1.A2005289.h13v10.004.2005310083334 | 289        |      | 65          |
| MOD13Q1.A2005305.h13v10.004.2005328042542 | 305        |      | 81          |
| MOD13Q1.A2005321.h13v10.004.2005345152213 | 321        |      | 97          |
| MOD13Q1.A2005337.h13v10.004.2005360055742 | 337        |      | 113         |
| MOD13Q1.A2005353.h13v10.004.2006011002124 | 353        |      | 129         |
| MOD13Q1.A2006001.h13v10.004.2006022063803 | 1          |      | 2006        |
| MOD13Q1.A2006017.h13v10.004.2006038205936 | 17         | 161  |             |
| MOD13Q1.A2006033.h13v10.004.2006053122616 | 33         | 177  |             |
| MOD13Q1.A2006049.h13v10.004.2006070095044 | 49         | 193  |             |
| MOD13Q1.A2006065.h13v10.004.2006096002751 | 65         | 209  |             |
| MOD13Q1.A2006081.h13v10.004.2006103154407 | 81         | 225  |             |
| MOD13Q1.A2006097.h13v10.004.2006126134227 | 97         | 241  |             |
| MOD13Q1.A2006113.h13v10.004.2006135131037 | 113        | 257  |             |
| MOD13Q1.A2006129.h13v10.004.2006155141010 | 129        | 273  |             |
| MOD13Q1.A2006145.h13v10.004.2006167065323 | 145        | 289  |             |
| MOD13Q1.A2006161.h13v10.004.2006208175557 | 161        | 305  |             |
| MOD13Q1.A2006177.h13v10.004.2006216194842 | 177        | 321  |             |
| MOD13Q1.A2006193.h13v10.004.2006221151438 | 193        | 337  |             |
| MOD13Q1.A2006209.h13v10.004.2006229115157 | 209        | 353  |             |
| MOD13Q1.A2006225.h13v10.004.2006249122554 | 225        | 369  |             |
| MOD13Q1.A2006241.h13v10.004.2006261060312 | 241        | 385  |             |

Na Tabela 5 é apresentado o código da NASA, primeira coluna, necessário para a realização do pedido, a segunda coluna apresenta de maneira simplificada o dia do ano referente. Na terceira coluna os anos em que as imagens foram coletadas. A quarta coluna foi inserida para facilitar a disposição ordenada dos dias, uma vez que estes valores apresentam valores que aumentam e depois diminuem, de acordo com a segunda coluna. Esta diminuição, causada pela passagem de ano, impediu a construção do perfil temporal.

As Bandas (Dias) que compõem o arquivo têm o mesmo intervalo, dezesseis dias. Desta forma, para o entendimento desta coluna tem-se o seguinte raciocínio: o Dia 1 (quarta coluna) refere-se à primeira imagem captada, dia 225 de 2005; o Dia 2, à segunda imagem captada, 241 de 2005, o Dia 33, terceira imagem, 257 de 2005; o Dia 49, quarta imagem, 273 de 2005, e assim sucessivamente. É possível entender que o período estudado é de 385 dias, e de maneira seqüencial, obtendo de forma ordenada a assinatura temporal.

### 5.3.2. Processamento e composição temporal das imagens MODIS

As imagens MODIS adquiridas estavam originalmente no formato *Hierarchical Data Format* (HDF) e com projeção Sinusoidal, como pode ser observado na Figura 8.

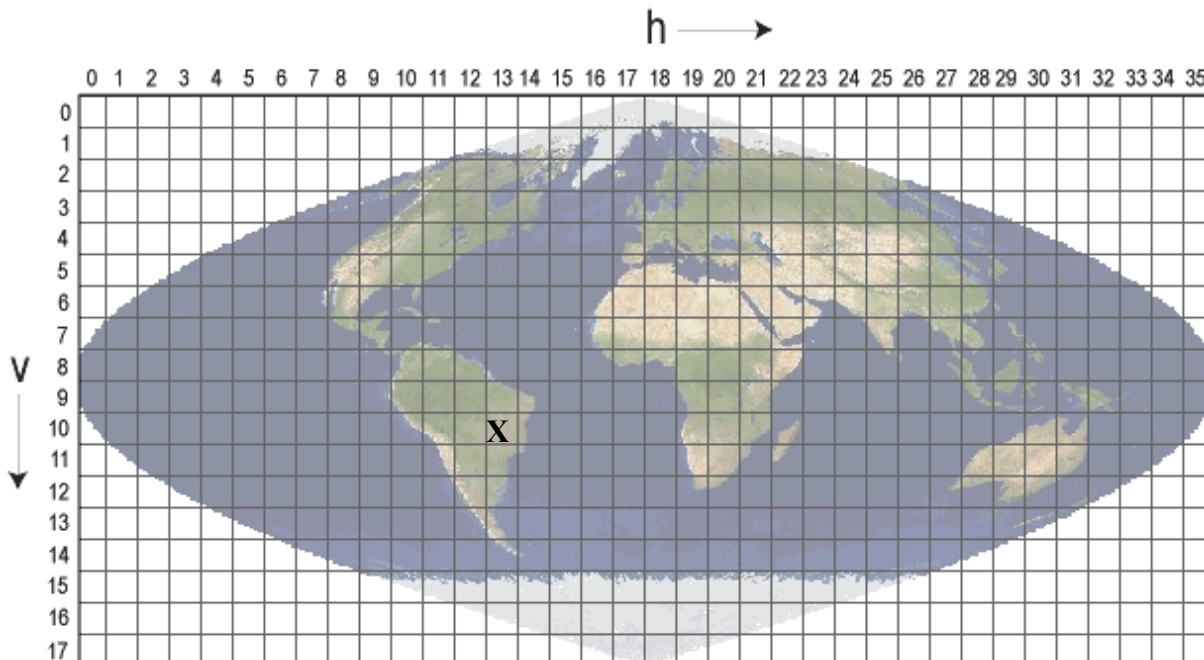


Figura 9 – Grade com a Projeção Sinusoidal, original das imagens MODIS; marcado com um X a imagem H13V10 utilizada neste trabalho.

Para utilizar o produto MOD13 foi necessário utilizar o programa distribuído pela *Land Processes (LP)* do *Distributed Active Archive Center (DAAC)*, financiado pela

*National Aeronautics and Space Administration* (NASA), para realizar sua reprojeção, chamado de *MODIS Reprojection Tool* (MRT). Este programa pode ser obtido através da página <http://edcdaac.usgs.gov/landdaac/tools/modis>, sendo necessário o envio do cadastro gratuito (cadastro diferente daquele enviado para a obtenção de imagens MODIS) para uso desta ferramenta.

Cada imagem (Tabela 5) passou pelo processamento de reprojeção individualmente, sendo utilizado a projeção *Universal Transversa de Mercator* com o datum horizontal *World Geographic System 1984* para o produto final.

Antes de concluir a reprojeção foram disponibilizados onze produtos, dentre eles dois índices de vegetação, o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e o *Enhanced Vegetation Index* (EVI), as reflectâncias dos comprimentos de onda do azul, do vermelho e do infravermelho próximo, além de médias de visadas referentes à posição solar. Para este trabalho foi utilizado apenas o índice NDVI.

Para realizar a composição temporal do índice de vegetação as imagens foram agrupadas seqüencialmente em um único arquivo, composto por 19 bandas (dias). Para este processamento foi utilizado o programa ENVI 4.2, através da ferramenta *Layer Stacking*, sendo estas imagens ordenadas em ordem cronológica. Após a composição foi realizada a estatística das bandas pelo comando *Compute Statistics*, também do ENVI 4.2.

Para a obtenção das assinaturas temporais foi realizado o tratamento das imagens utilizando o *Minimum Fraction Noise* (MNF) para a maximização dos ruídos ao contrário da variância de dados. Após o uso da transformação MNF efetuou-se a separação entre sinal e ruído sendo realizado o *MNF inverse* utilizando apenas a parte de sinal.

Para a confirmação da assinatura temporal das fitofisionomias do Cerrado da área de estudo foram utilizadas imagens CBERS e TM como referência. Foi possível realizar a identificação da assinatura das matas e das formações savânicas.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1. MONITORAMENTO DA COBERTURA DO SOLO DO ECOMUSEU DO CERRADO**

A Figura 9 apresenta a carta imagem do EcoMuseu do Cerrado. No extremo oeste, no município de Pirenópolis, é possível visualizar uma diferença de coloração representando a junção entre a órbita 158 e 159. A junção das órbitas 158 e 157 pode ser visualizadas na parte mais leste do mapa, município de Santo Antonio do Descoberto, porém com uma diferença bem menor. Além deste problema, pode ser visto na parte central da imagem duas listras paralelas que cruzam a imagem no sentido nordeste, que também não existiu maneira de retirá-la. Esta faixa parece ser um dos principais problemas das imagens CBERS, aparecendo na banda 1 (comprimento de onda do azul) de maneira muito mais evidente, o que torna prejudicial o processamento.

A imagem está com a composição colorida RGB/432, ou seja, infravermelho-próximo, vermelho e verde. Desta forma, é possível visualizar vegetações com água em sua composição em tons de vermelho, sendo que formações florestais apresentam-se na cor vermelho escuro e plantios irrigados em vermelhos mais claros. As tonalidades de verde são associadas à vegetação não fotossinteticamente ativa, ou seja, vegetação que encontra-se em dormência ou com pouca atividade. As variações de azul estão ligadas às construções e usos antrópicos.

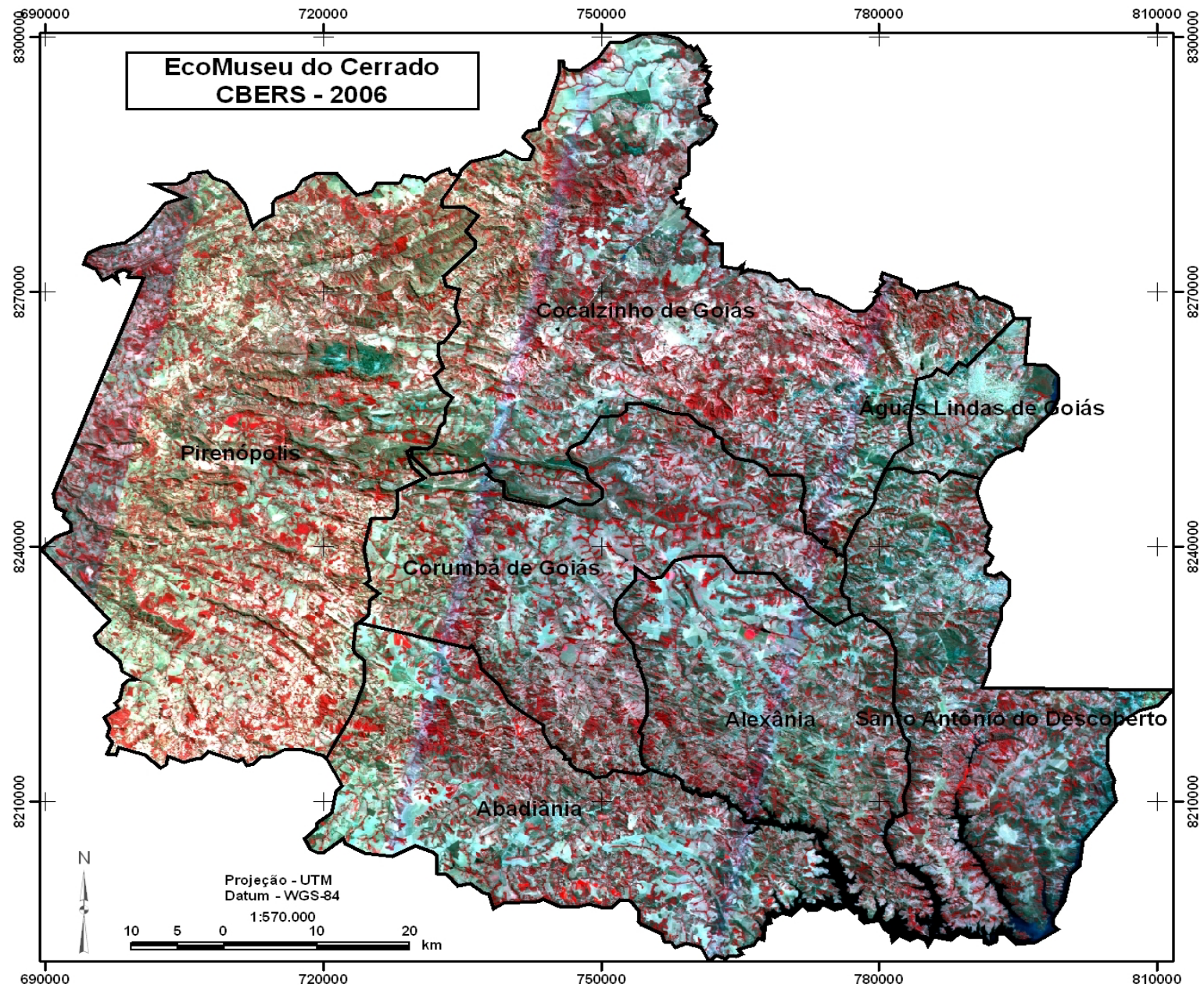
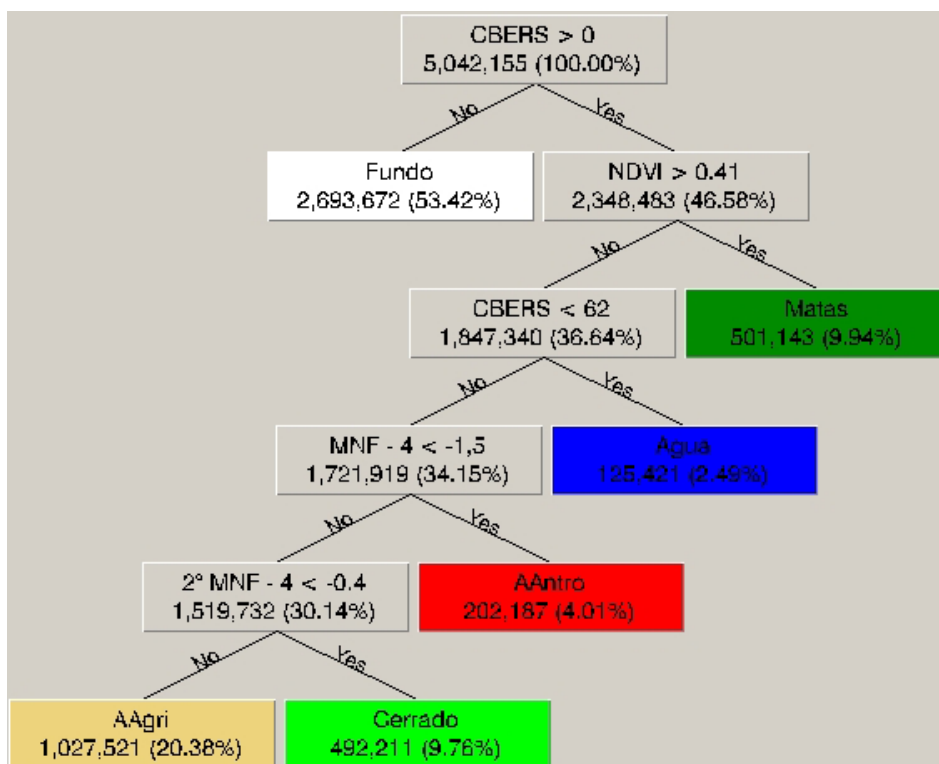


Figura 10 - Área do EcoMuseu do Cerrado obtida a partir de imagens CBERS, captadas entre os dias 05 e 11 de agosto de 2006.

A partir da imagem da Figura 9 foi utilizada a Árvore de Decisão para a realização de uma classificação mais criteriosa. As etapas de construção da Árvore podem ser vistas na Figura 10. Esta figura apresenta a classificação do município de Santo Antonio do Descoberto.



**Figura 11 - Construção da Árvore de Decisão do município de Santo Antonio do Descoberto.**

Na imagem CBERS recortada de acordo com os limites municipais de 2001 (Figura 9) para o município de Santo Antonio do Descoberto, se realizou a primeira diferenciação entre o fundo e a imagem efetiva. O primeiro nó ( $CBERS > 0$ ) indica que apenas a parte com valores acima de zero, seja considerada para a classificação.

O segundo nó ( $NDVI > 0,41$ ) indica que somente as partes com valores de NDVI maiores que 0,41 foram consideradas. Separando a vegetação fotossinteticamente ativa e com biomassa, ou seja, a classe “Matas”, composta por matas de galeria, de encosta e cerrado. Estas áreas de “Matas” foram transformadas em vetor (*Enví Vector File - EVF*) para que fosse realizado o recorte destas partes da imagem original. Este procedimento visou diminuir a influência destes alvos sobre os demais.

Na imagem CBERS para a delimitação dos corpos d'água, classe "Água", foi utilizada a banda 4 (infravermelho próximo), com valores maiores que 62. Esta classe também foi transformada em EVF e recortada da imagem. Após o recorte das duas primeiras classes foi realizado o *Minimum Noise Fraction* (MNF) com as demais classes ainda existentes. Como resultado deste procedimento foram geradas quatro componentes, sendo que duas possuíam sinal, a componente 1 e 4. Este resultado foi diferente do esperado, uma vez que o MNF, direciona o sinal para as primeiras componentes.

O uso da quarta componente permitiu a separação da classe "Área Antrópica", que também foi transformada em vetor, e nela se procedeu o recorte para eliminar sua influência sobre os outros alvos. A partir desta imagem recortada foi realizado o segundo MNF, sendo obtido o mesmo resultado, com sinal nas componentes 1 e 4. Para separar a classe "Cerrado" foram selecionados valores menores que -0,4 da quarta componente. Desta forma, o que restava foi a classe "Área Agropecuária".

A Figura 11 apresenta a seqüência de processamento realizada a partir das condições inseridas na estrutura da Árvore de Decisão para o município de Santo Antonio do Descoberto e na Figura 12 é possível observar seu mapa de cobertura do solo resultante.

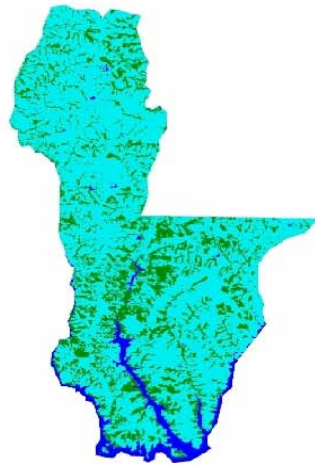
O mesmo procedimento de construção da Árvore de Decisão foi realizado para os demais municípios. A estrutura das Árvores de decisão e os mapas resultantes podem ser observados nas figuras de 13 a 24.



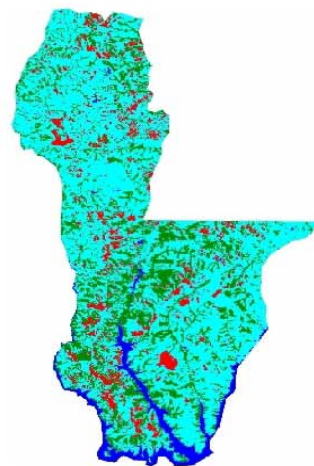
1° Nó (CBERS>0): Delimitação do município



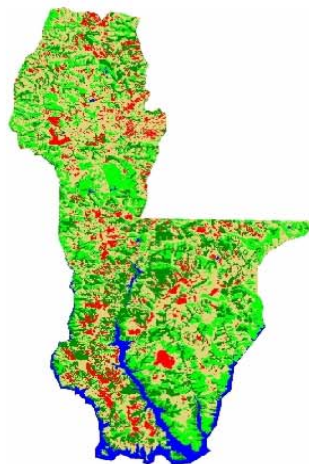
2° Nó (NDVI>0,41): Delimitação das Matas



3° Nó (CBERS<62): Delimitação da Água



4° Nó (MNF<-1,5): Delimitação das Áreas Antrópicas



5° Nó (2°MNF<-0,4): Diferenciação entre Cerrado e Áreas Agrícolas

**Legenda**

- Água
- Área Agropecuária
- Área Antrópica
- Cerrado
- Matas

**Figura 12 - Seqüência de atividades da Árvore de Decisão.**



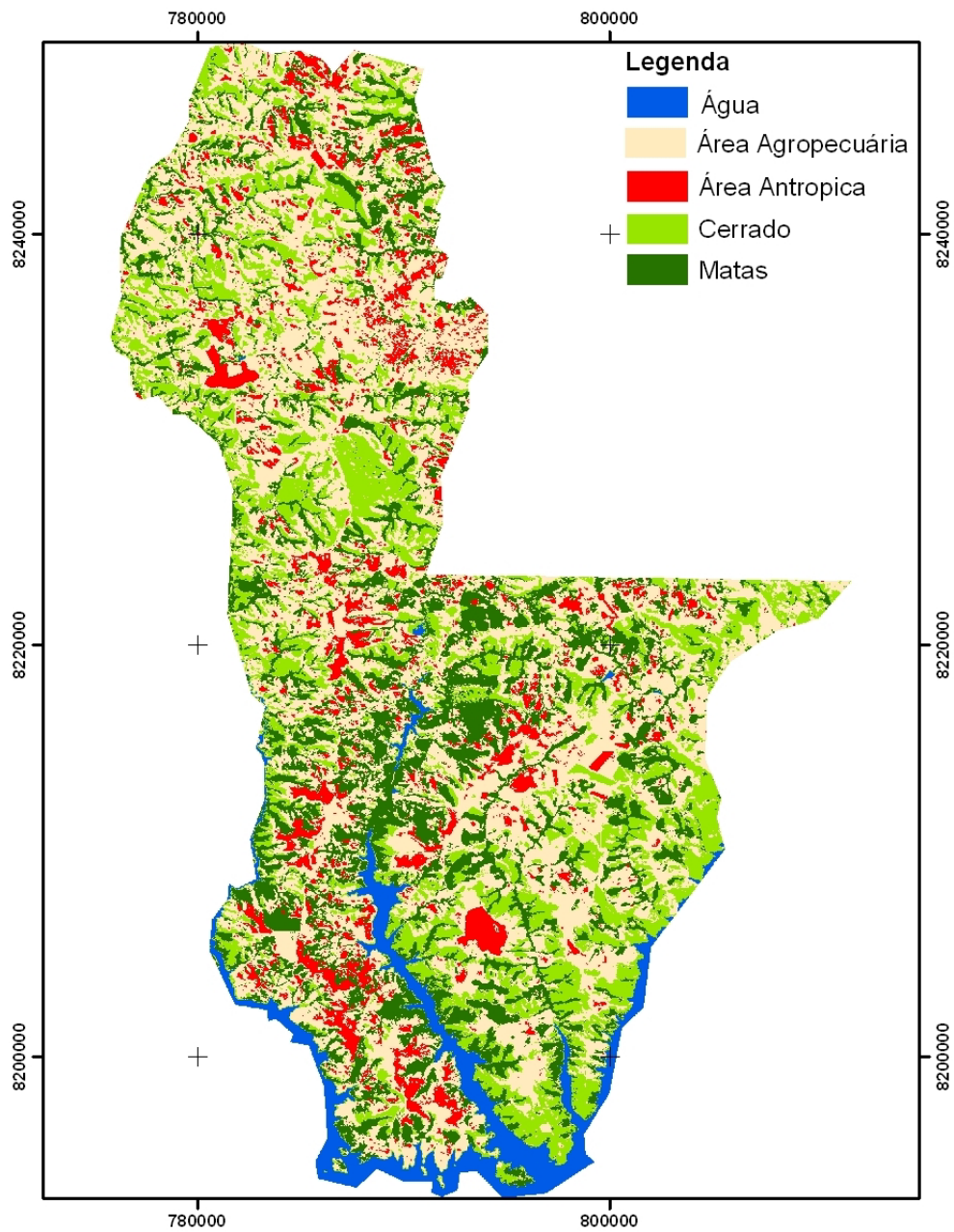


Figura 13 - Resultados da classificação do município de Santo Antonio do Descoberto.

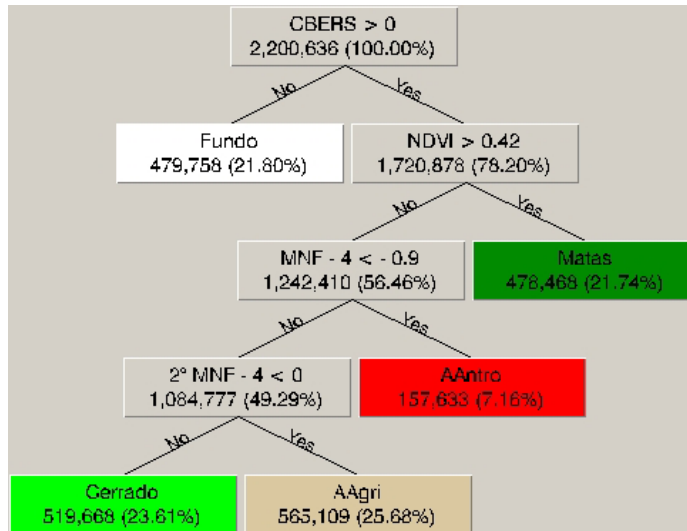


Figura 14 - Construção da Árvore de Decisão da primeira parte do município de Pirenópolis.

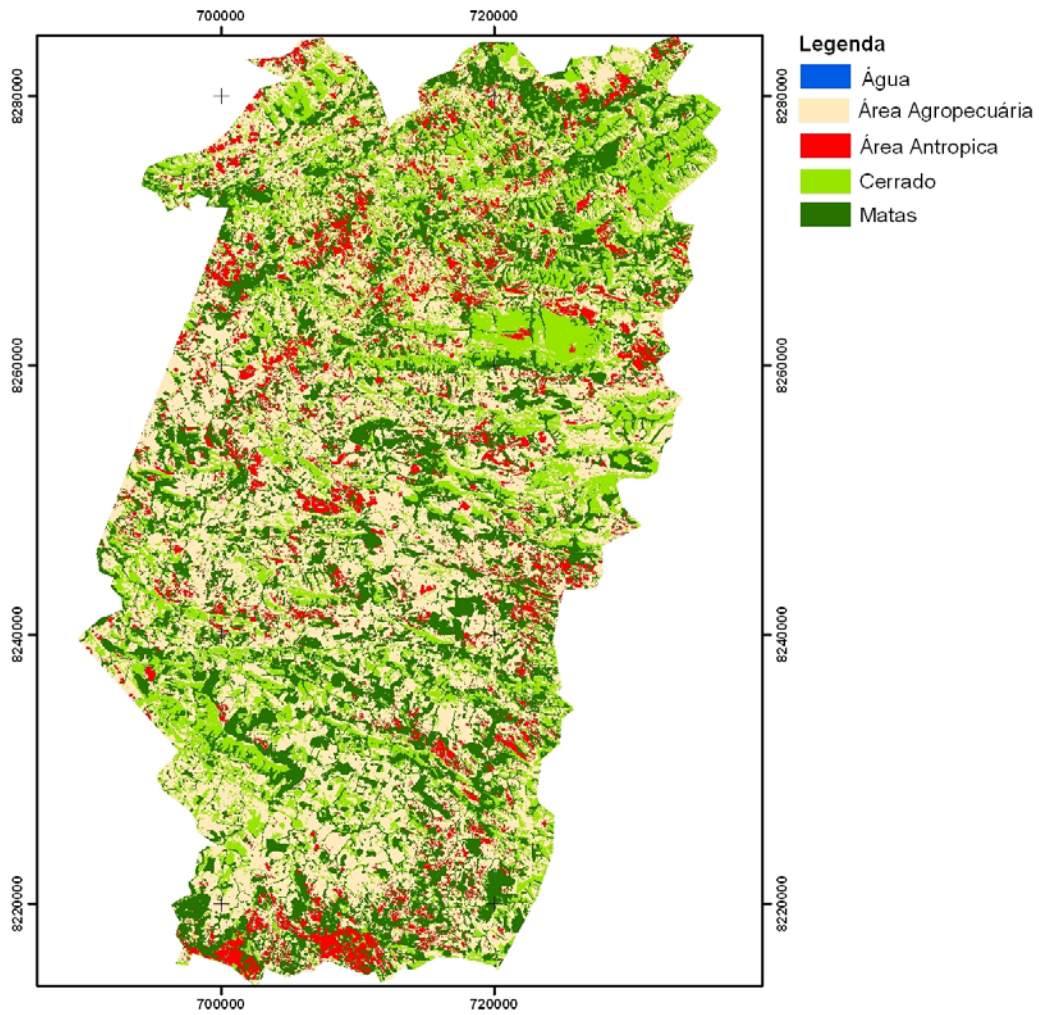


Figura 15 - Resultados da classificação do município de Pirenópolis.

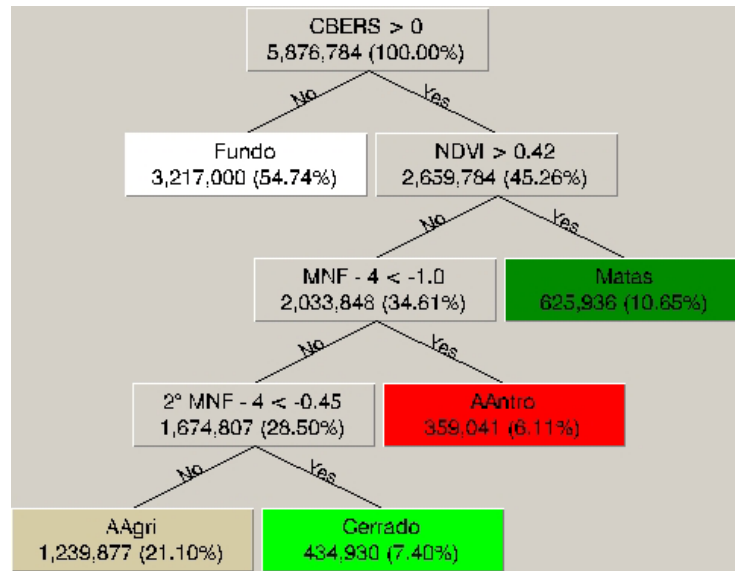


Figura 16 - Construção da Árvore de Decisão do município de Corumbá.

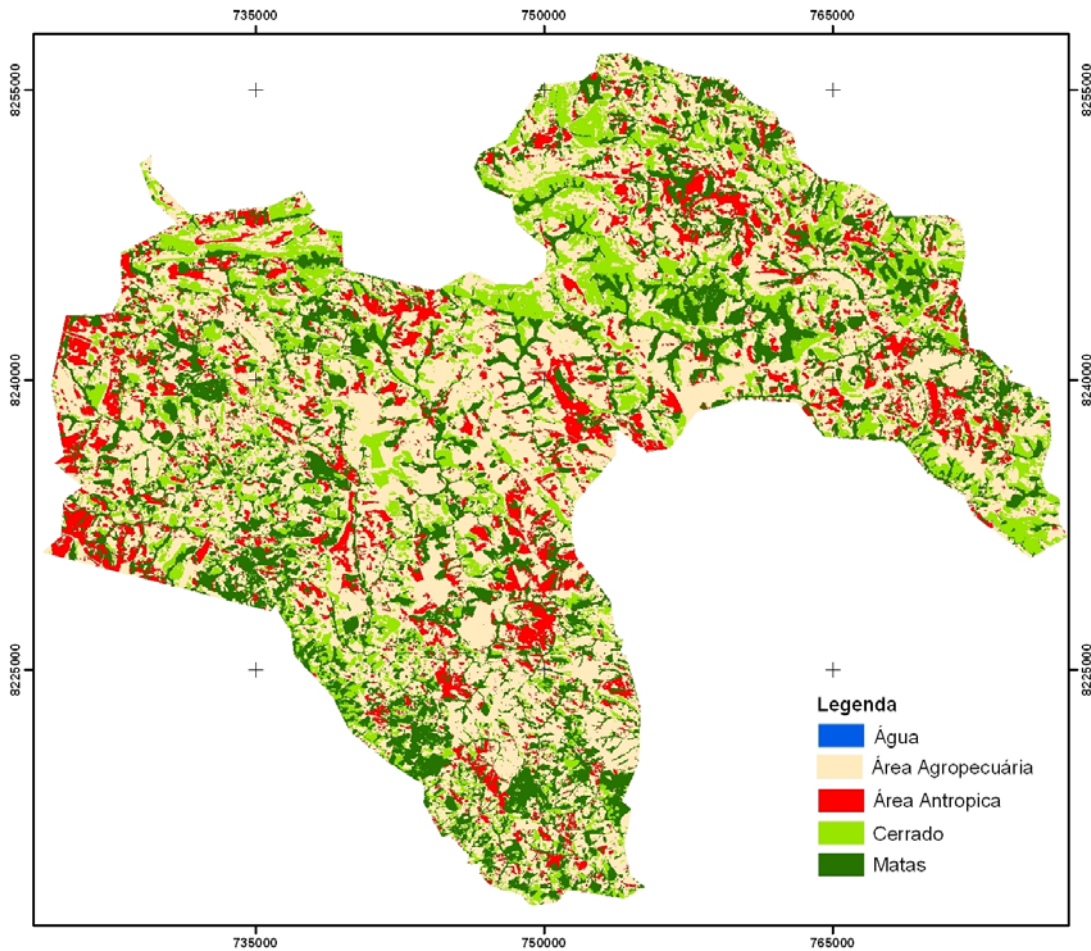


Figura 17 - Resultados da classificação do município de Corumbá.

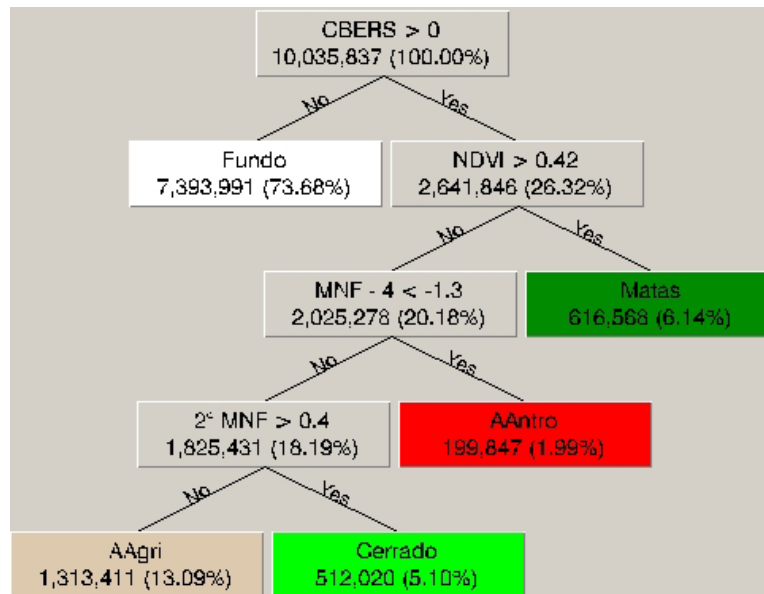


Figura 18 – Construção da Árvore de Decisão da primeira parte do município de Cocalzinho.

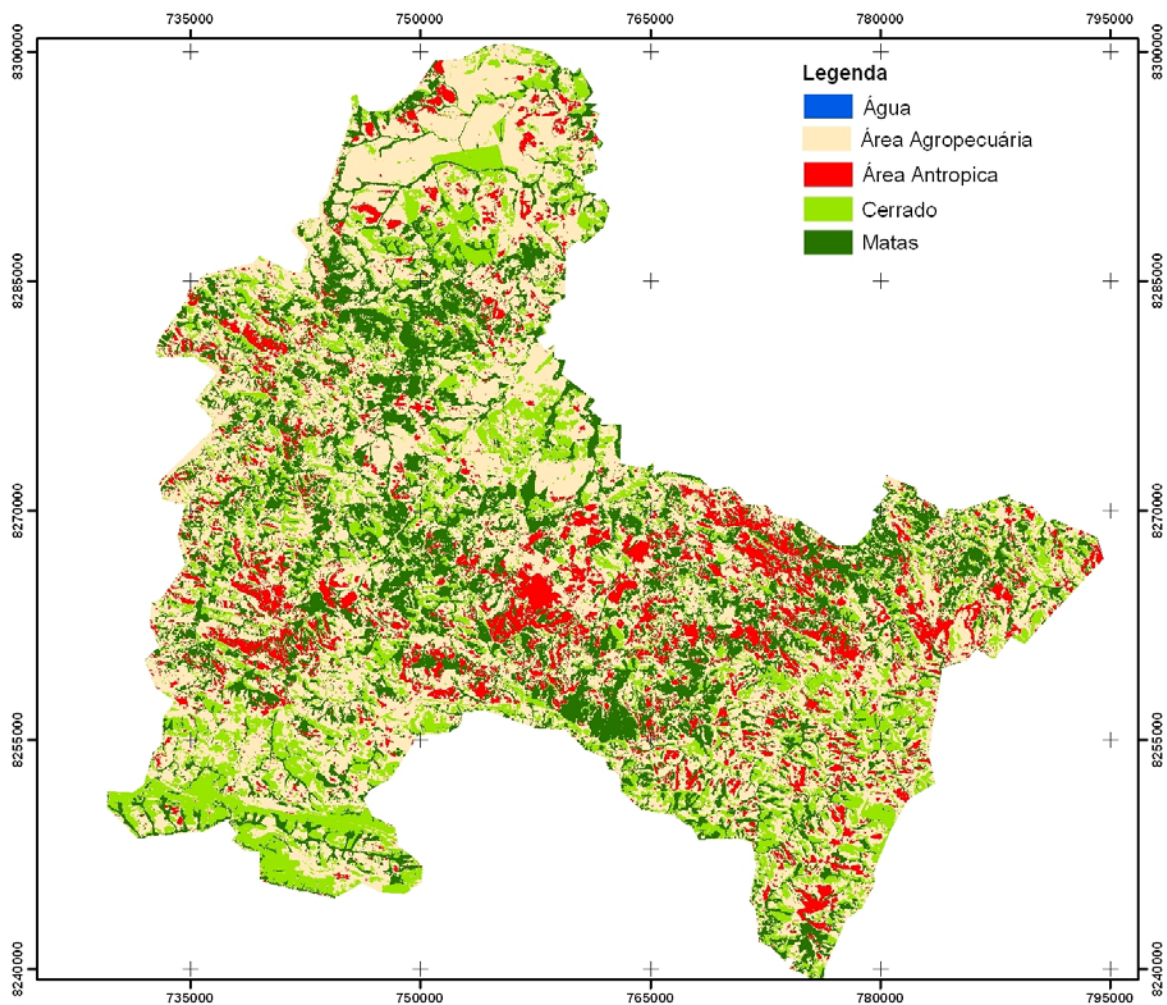


Figura 19 – Resultados da classificação do município de Cocalzinho.

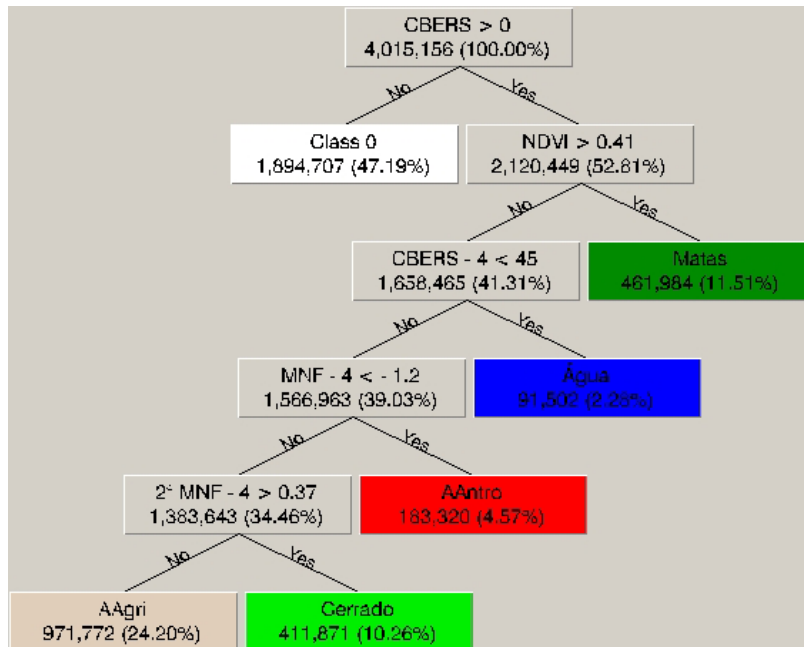


Figura 20 – Construção da Árvore de Decisão do município de Alexandria.

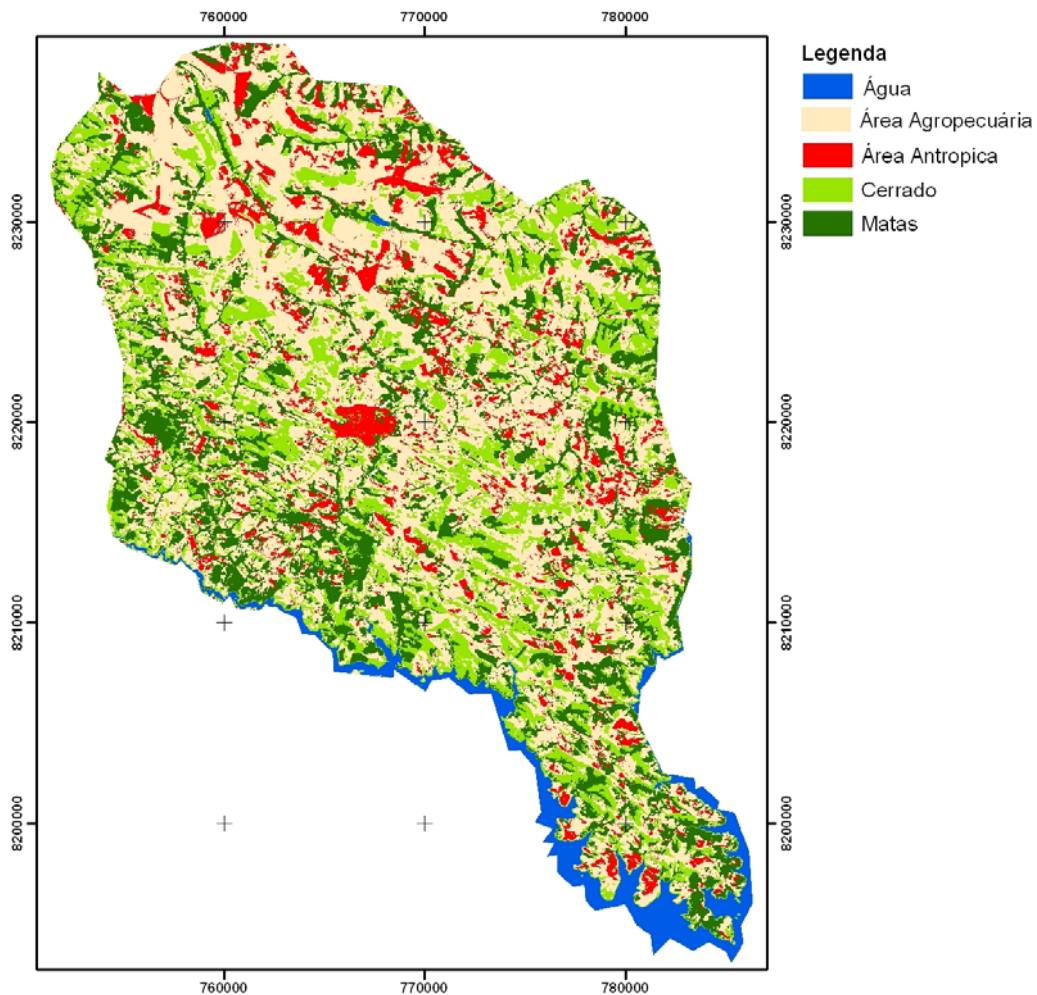


Figura 21 – Resultados da classificação do município de Alexandria.

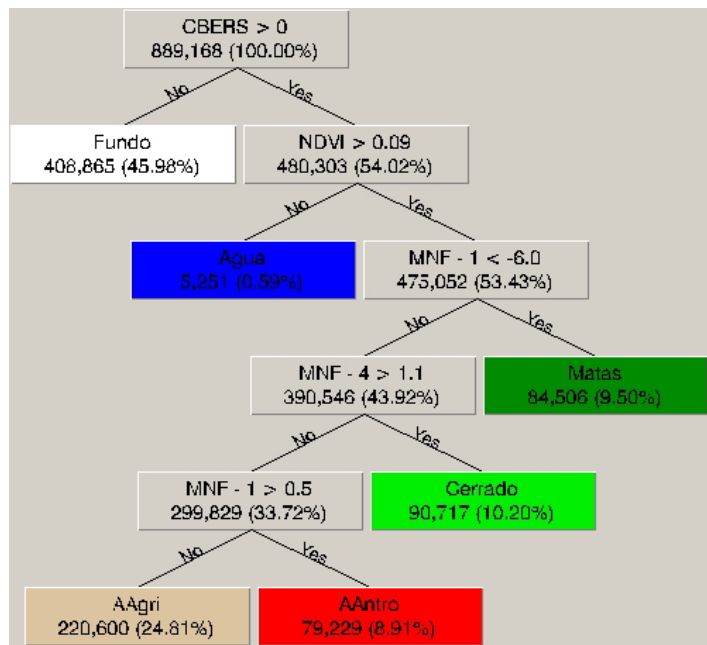


Figura 22 – Resultados da classificação do município de Águas Lindas de Goiás.

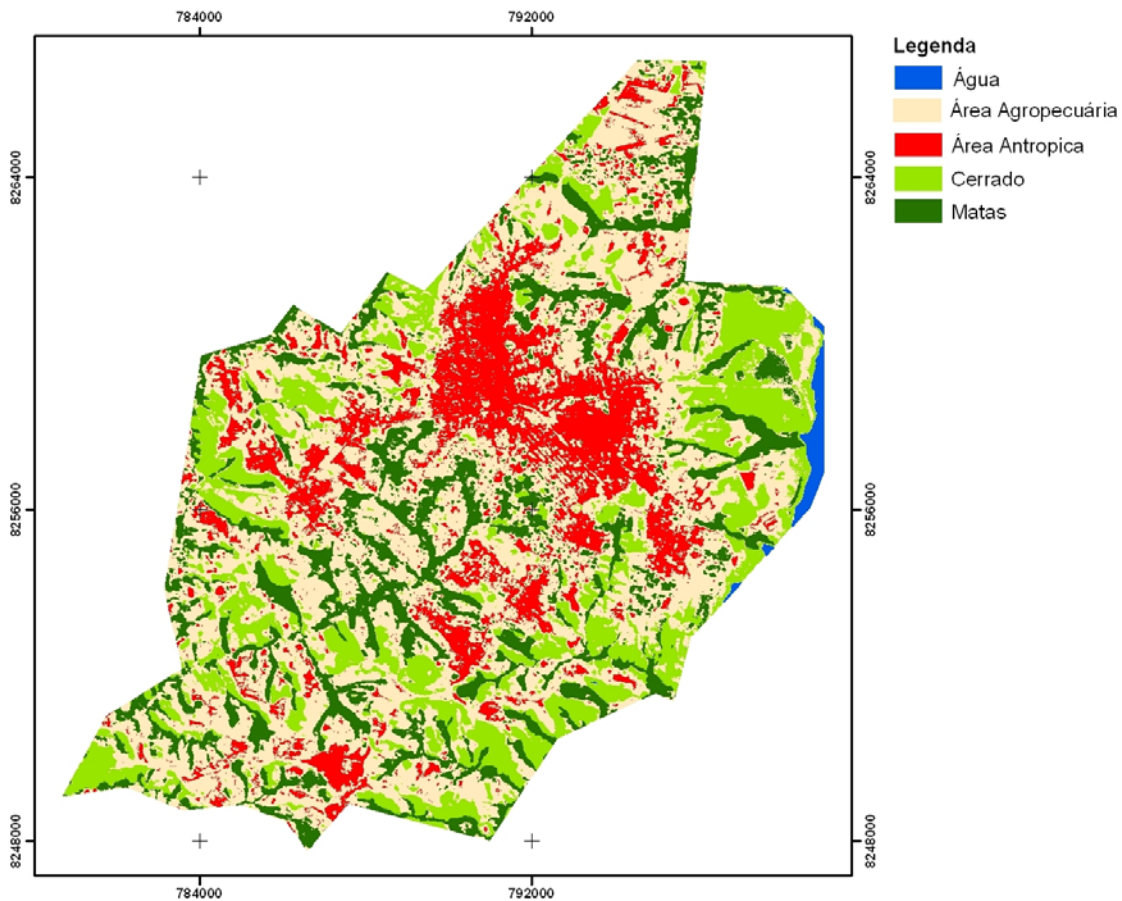


Figura 23 – Classificação obtida por Árvore de Decisão para o município de Águas Lindas de Goiás.

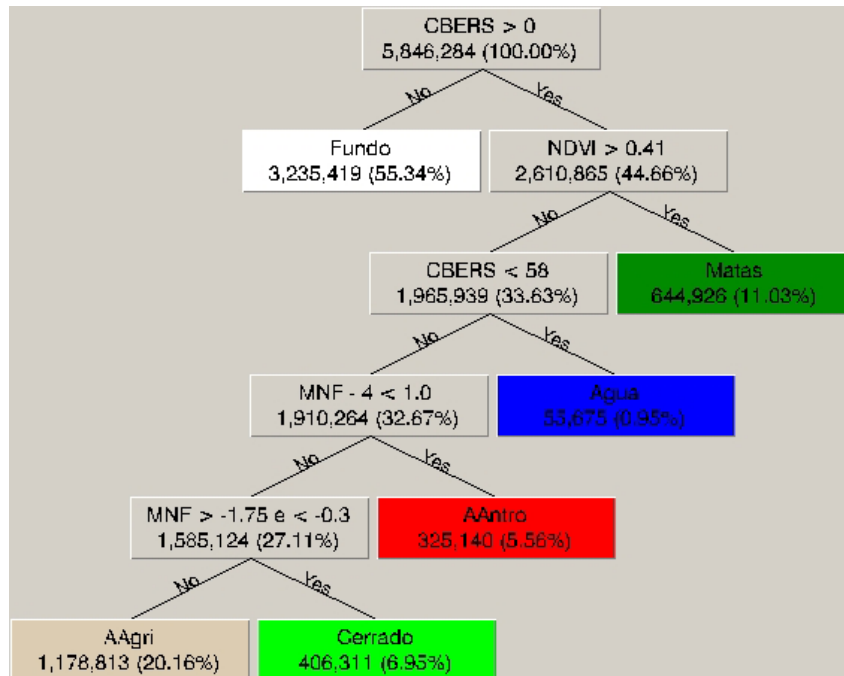


Figura 24 – Construção da Árvore de Decisão do município de Abadiânia.

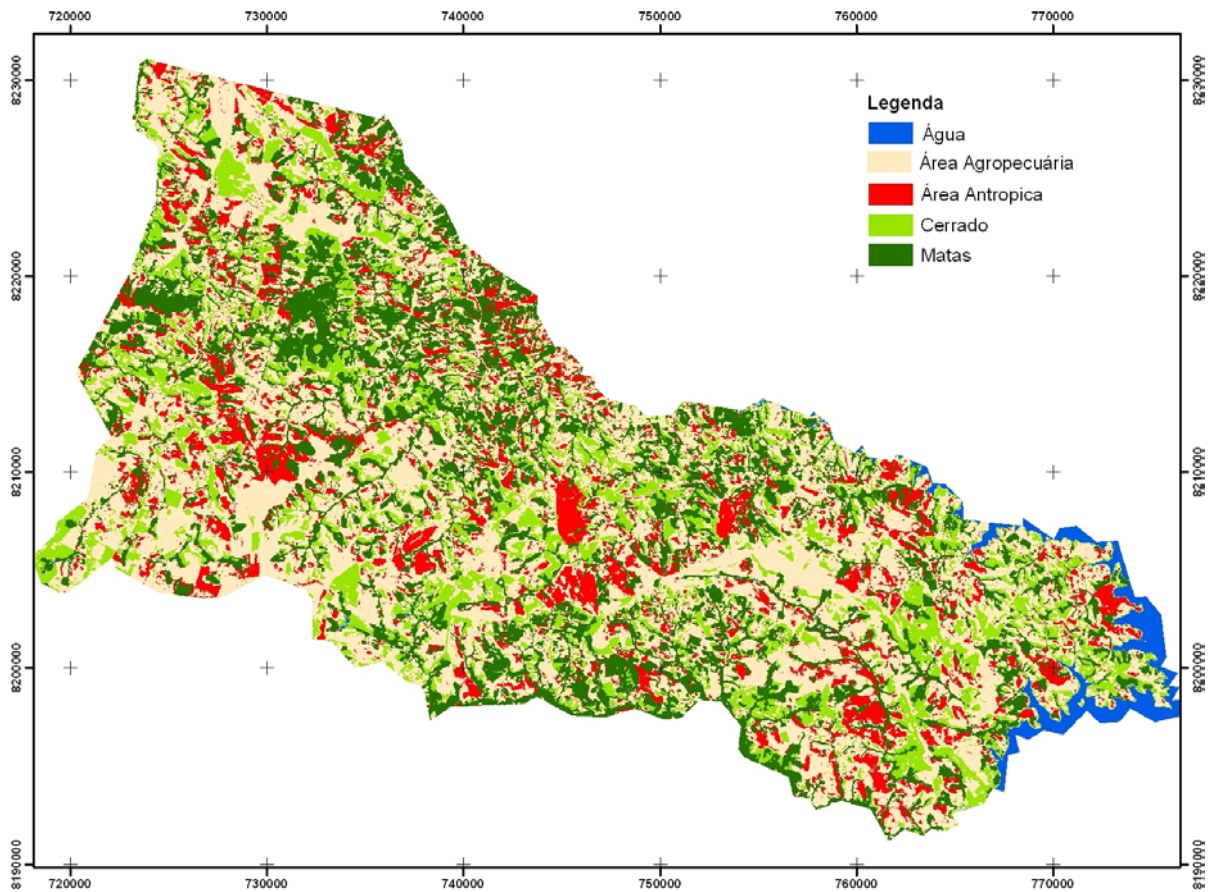
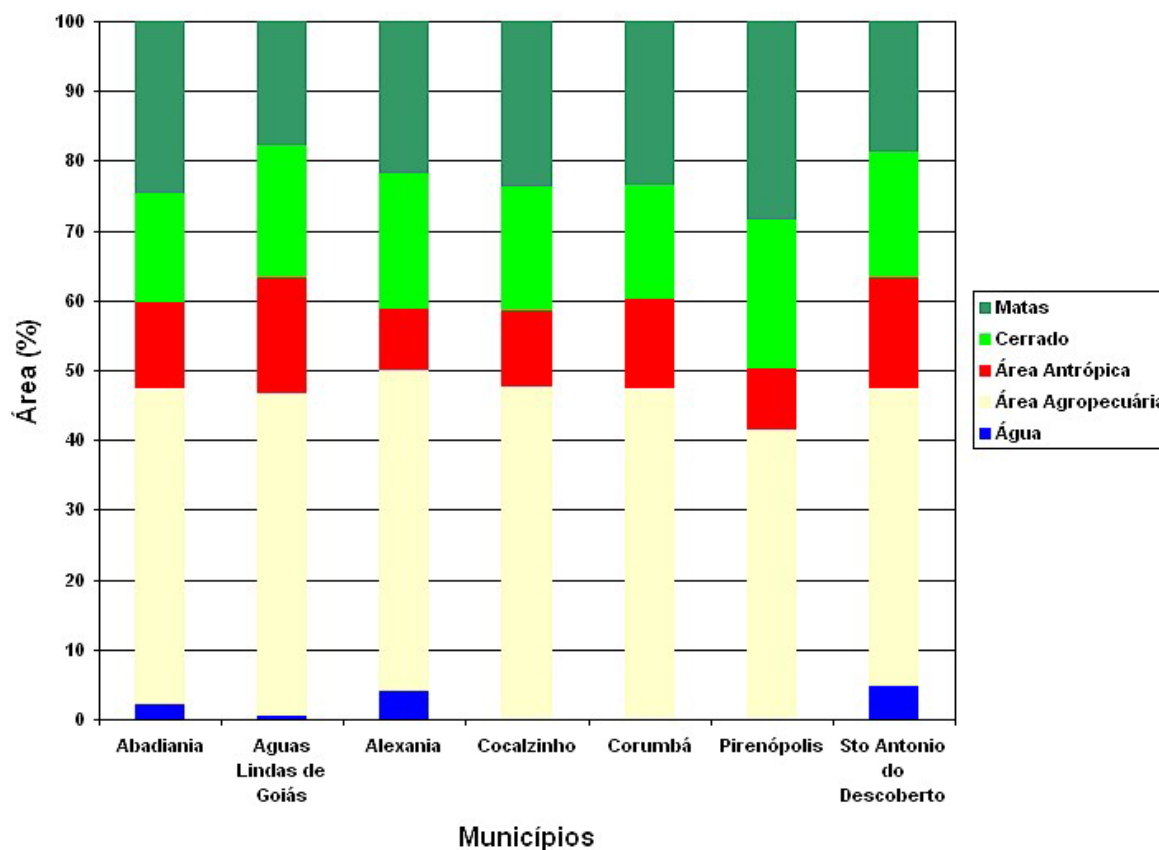


Figura 25 – Resultados da classificação do município de Abadiânia.

Após a classificação, as imagens foram vetorizadas para a quantificação das áreas referentes a cada classe, sendo gerada a Tabela 6 como síntese da situação atual da cobertura do solo da região do EcoMuseu do Cerrado. Para uma melhor visualização da distribuição das classes por município os dados foram dispostos em um gráfico (Figura 25). Para a geração do mapa consistente de cobertura atual do solo do EcoMuseu (Figura 26) ainda foram corrigidos possíveis erros ocasionados pelo uso de diferentes Árvores de Decisões.

**Tabela 6 - Cobertura do solo por município do EcoMuseu do Cerrado em 2006.**

| Município                 | Água               |      | Área Agropecuária  |       | Área Antrópica     |       | Cerrado            |       | Matas              |       |
|---------------------------|--------------------|------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|
|                           | (km <sup>2</sup> ) | (%)  | (km <sup>2</sup> ) | (%)   | (km <sup>2</sup> ) | (%)   | (km <sup>2</sup> ) | (%)   | (km <sup>2</sup> ) | (%)   |
| Abadiania                 | 22                 | 2,11 | 472                | 45,21 | 130                | 12,45 | 162                | 15,52 | 258                | 24,71 |
| Águas Lindas de Goiás     | 1                  | 0,52 | 88                 | 46,07 | 32                 | 16,75 | 36                 | 18,85 | 34                 | 17,80 |
| Alexania                  | 35                 | 4,13 | 390                | 45,99 | 73                 | 8,61  | 165                | 19,46 | 185                | 21,82 |
| Cocalzinho                | 0                  | 0,00 | 850                | 47,51 | 197                | 11,01 | 317                | 17,72 | 425                | 23,76 |
| Corumbá                   | 0                  | 0,00 | 504                | 47,46 | 136                | 12,81 | 172                | 16,20 | 250                | 23,54 |
| Pirenópolis               | 0                  | 0,00 | 923                | 41,43 | 195                | 8,75  | 474                | 21,27 | 636                | 28,55 |
| Sto Antonio do Descoberto | 45                 | 4,80 | 399                | 42,54 | 149                | 15,88 | 170                | 18,12 | 175                | 18,66 |
| Totais                    | 103                | 1,27 | 3.626              | 44,77 | 912                | 11,26 | 1.496              | 18,47 | 1.963              | 24,23 |



**Figura 26 - Distribuição gráfica das classes de cobertura do solo do EcoMuseu do Cerrado.**



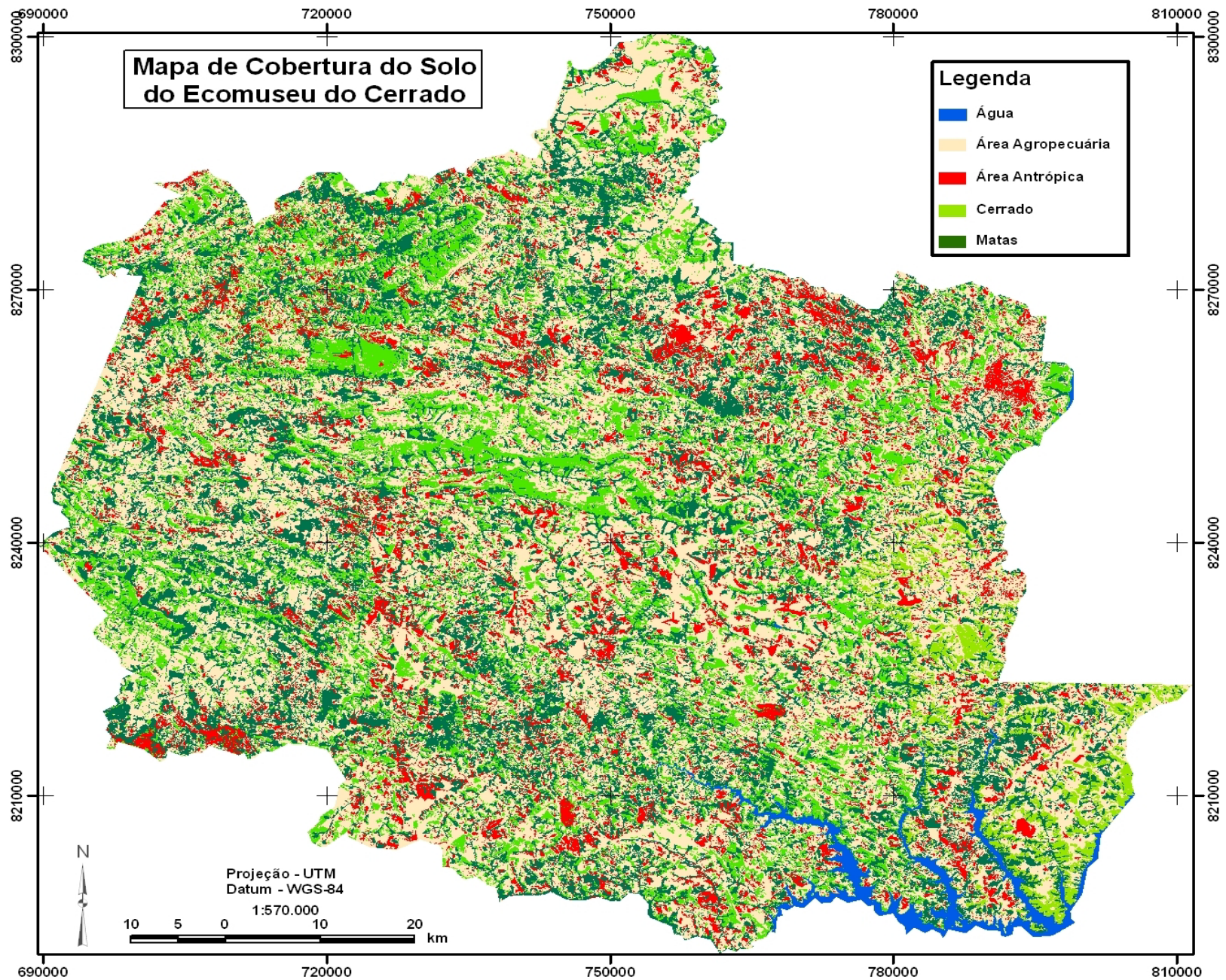


Figura 27 - Mapa de cobertura do solo do EcoMuseu, obtido a partir de imagens CBERS de agosto de 2006.

A partir da Tabela 6 é possível observar que o percentual de áreas ocupadas pela classe “Áreas Agropecuárias” ultrapassa 40% para todos os municípios, atingindo valores maiores que 47%, como foi o caso de Cocalzinho e Corumbá, com 47,51% e 47,46%, respectivamente.

Quando se trata de área construída e solos exposto, a classe “Área Antrópica”, apenas os municípios de Águas Lindas (16,75%) e Santo Antonio do Descoberto (15,88%) apresentam valores maiores que 15%. Estes valores podem ser explicados pela proximidade do Distrito Federal, ou seja, são áreas de expansão. O crescimento populacional destes municípios foi o maior dentre os demais de acordo com dados do IBGE (Tabela 7).

**Tabela 7 - Dados populacionais dos municípios que compõem o EcoMuseu do Cerrado.**

| Município                   | Área (Km <sup>2</sup> ) | População (2000) <sup>1</sup> | População (2005) <sup>2</sup> | Diferença | %      |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------|--------|
| Abadiânia                   | 1.044                   | 11.452                        | 12.736                        | 1.284     | +11,21 |
| Águas Lindas de Goiás       | 191                     | 105.746                       | 159.294                       | 53.548    | +50,64 |
| Alexânia                    | 848                     | 20.047                        | 22.287                        | 2.240     | +11,17 |
| Cocalzinho de Goiás         | 1.789                   | 14.626                        | 17.299                        | 2.673     | +18,28 |
| Corumbá de Goiás            | 1.062                   | 9.679                         | 9.915                         | 236       | +2,44  |
| Pirenópolis                 | 2.228                   | 21.245                        | 21.241                        | -4        | -0,02  |
| Santo Antonio do Descoberto | 938                     | 51.897                        | 74.867                        | 22.970    | +44,26 |
| Totais                      | 8110                    | 234.692                       | 317.639                       | 82.947    |        |

Fonte: IBGE (www.ibge.gov.br/cidadesat); <sup>1</sup> Censo 2000 com Divisão Territorial de 2001; <sup>2</sup> População estimada (01/07/2005)

Como pode ser visto na tabela acima o crescimento populacional de Águas Lindas de Goiás foi o maior, 50,64% e Santo Antonio do Descoberto foi de 44,26%. Estas duas cidades encontram-se na região leste do EcoMuseu, fazendo fronteira com o Distrito Federal, podendo ser considerada uma área de expansão urbana.

Tratando-se de áreas naturais o município de Pirenópolis é o mais conservado, possuindo 21,27% de sua área coberta pela classe “Cerrado”, e 28,55% por “Matas”. Por outro lado o município de Abadiânia apresentou a menor quantidade de “Cerrado”, e em Águas Lindas foi encontrado as menores áreas de “Matas”.

Para avaliar as áreas naturais das alteradas foi feito a soma da área das classes “Área Agropecuária” e “Área Antrópica”, formando as Áreas Alteradas. Para as Áreas Naturais foi feita a soma das classes “Cerrado” e “Matas”. Estas áreas podem ser visualizadas na Figura 27 em forma de gráfico. Os municípios que apresentaram “Água” em sua superfície tiveram seus valores re-escalados, o que causa diferença entre os valores da Tabela 6, uma vez que esta classes foi retirada da avaliação.

O grau de alteração nos municípios do EcoMuseu ultrapassa 50%, o que é compatível com o valor encontrado por Machado et al. (2004), que era de 55% de áreas

desmatadas ou transformadas de área de Cerrado. A partir da Figura 27 pode-se observar que o município mais alterado é o de Águas Lindas com 63,18% de áreas já transformadas em seu território. Pirenópolis apresenta o menor nível de alteração, porém, isso significa 50,18%, possuindo por outro lado, a maior área natural do EcoMuseu (49,82%). Os menores graus de áreas naturais foram encontrados nos municípios de Águas Lindas e Santo Antonio do Descoberto, com apenas 36,84% e 38,63%, respectivamente.

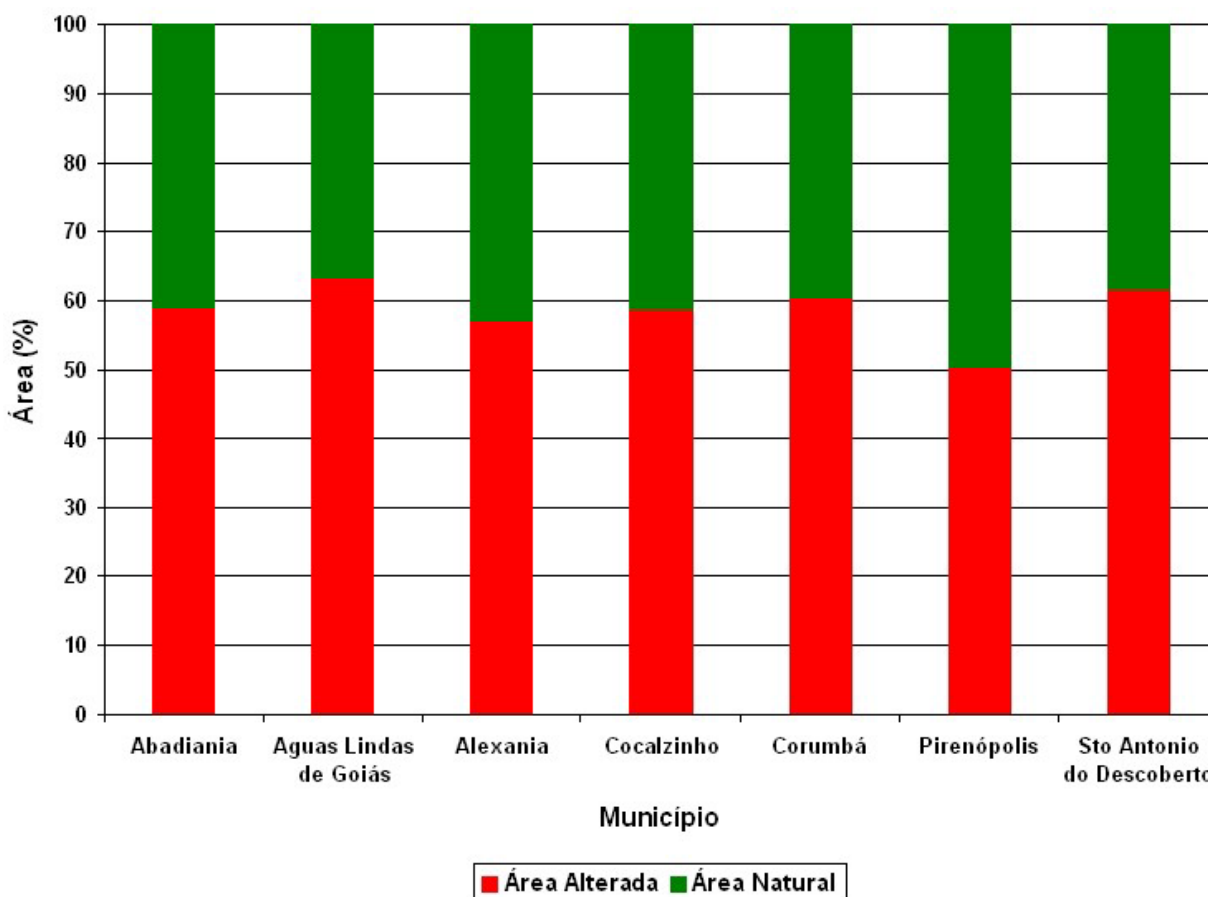


Figura 28 - Áreas Alteradas e Áreas Naturais por município do EcoMuseu do Cerrado, dados CBERS 2006.

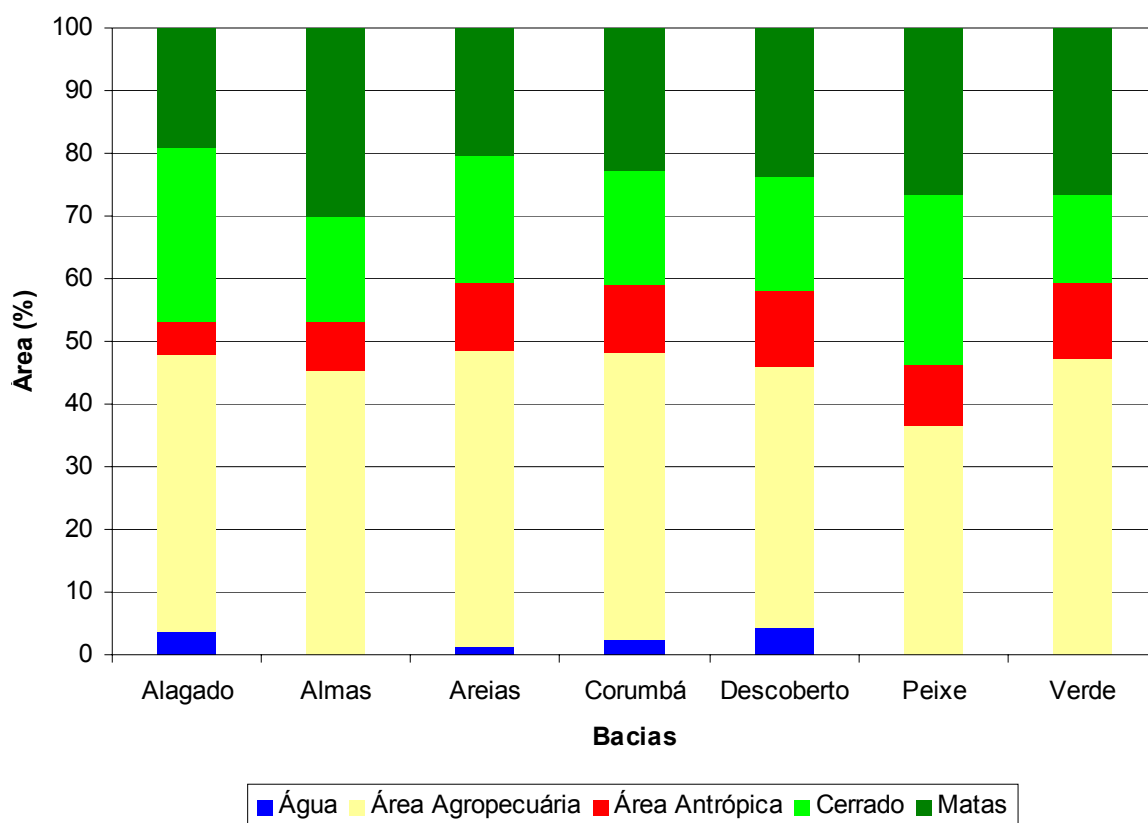
A média geral de Áreas Alteradas (Áreas Agropecuárias + Áreas Antrópicas) para a região do EcoMuseu do cerrado alcança o valor de 56,03% (Tabela 6). Este valor apresenta-se compatível com o valor de alteração para o Bioma Cerrado obtido por Machado et al. (2004). Além disso, é muito próximo do valor encontrado para o próprio EcoMuseu do Cerrado de 58%, encontrado por Nóbrega (2003). A diferença de valores existente entre Nóbrega (2003) e o atual estudo está no uso de um diferente processo de classificação e um sensor com características um pouco distintas.

A cobertura do solo das sub-bacias hidrográficas pode ser vista na Tabela 9 e na Figura 28. É possível observar que as bacias do Rio Descoberto e do Rio Verde são as que

apresentam os maiores graus de antropismo (12,15% e 12,00%, respectivamente). A Bacia do Alagado apresenta a maior cobertura de Cerrado (28,02%) e a Bacia do Rio das Almas a maior cobertura de Matas (30,05%).

**Tabela 8 - Cobertura do solo por sub-bacia hidrográfica do EcoMuseu do Cerrado em 2006.**

| Bacia      | Água               |      | Área Agropecuária  |       | Área Antrópica     |       | Cerrado            |       | Matas              |       |
|------------|--------------------|------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|
|            | (km <sup>2</sup> ) | (%)  | (km <sup>2</sup> ) | (%)   | (km <sup>2</sup> ) | (%)   | (km <sup>2</sup> ) | (%)   | (km <sup>2</sup> ) | (%)   |
| Alagado    | 9                  | 3,88 | 102                | 43,97 | 12                 | 5,17  | 65                 | 28,02 | 44                 | 18,97 |
| Almas      | 0                  | 0    | 581                | 45,46 | 97                 | 7,59  | 216                | 16,9  | 384                | 30,05 |
| Areias     | 19                 | 1,35 | 663                | 47,02 | 153                | 10,85 | 287                | 20,35 | 288                | 20,43 |
| Corumbá    | 58                 | 2,37 | 1.120              | 45,73 | 265                | 10,82 | 450                | 18,37 | 556                | 22,7  |
| Descoberto | 20                 | 4,26 | 195                | 41,58 | 57                 | 12,15 | 85                 | 18,12 | 112                | 23,88 |
| Peixe      | 0                  | 0    | 303                | 36,51 | 80                 | 9,64  | 227                | 27,35 | 220                | 26,51 |
| Verde      | 0                  | 0    | 682                | 47,30 | 173                | 12,00 | 205                | 14,22 | 382                | 26,49 |



**Figura 29 - Distribuição gráfica das classes de cobertura do solo por sub-bacia hidrográfica do EcoMuseu do Cerrado.**

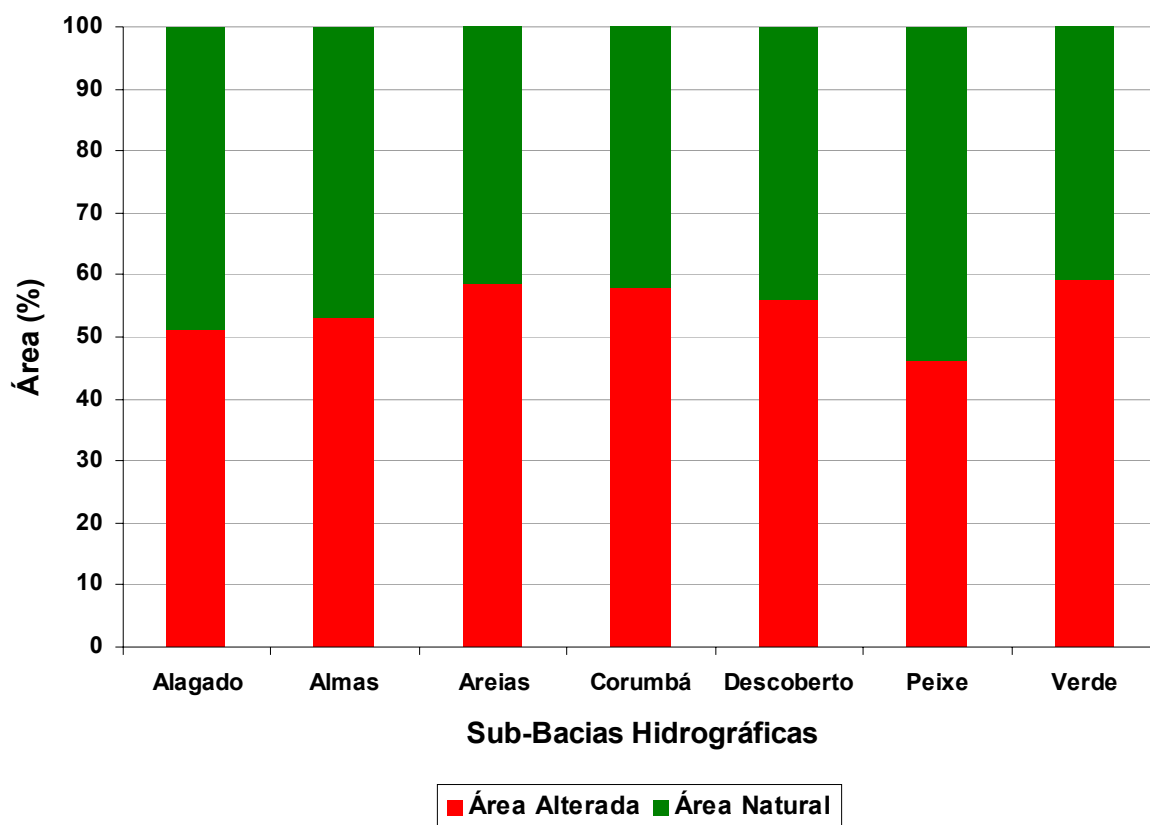


Figura 30 - Áreas Alteradas e Áreas Naturais por sub-bacia hidrográfica do EcoMuseu do Cerrado, dados CBERS 2006.

A partir da Figura 29 observa-se que a sub-bacia do Rio Peixe é a única que apresentou menos de 50% de alteração em sua superfície, ou seja, apresenta-se com a maior integridade de cobertura natural. Por outro lado, a sub-bacia do Rio Verde foi a que mostrou a menor integridade de áreas naturais em sua área, alcançando quase 60% de áreas alteradas.

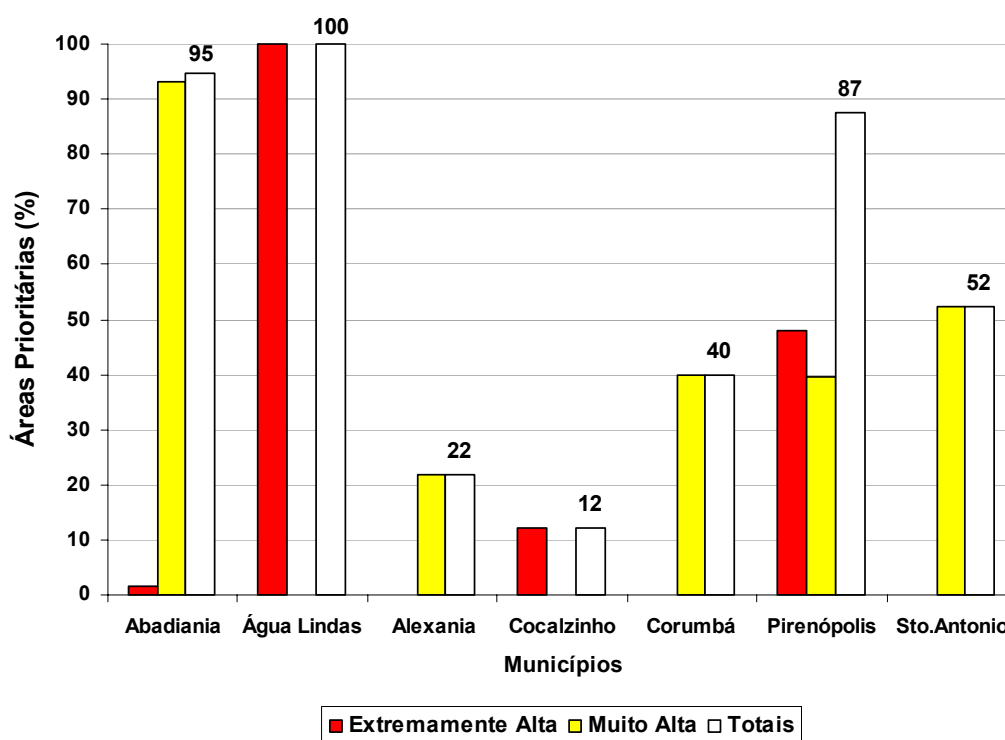
## 6.2. ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

É possível ainda observar que quase toda a área dos municípios de Pirenópolis e Abadiania foi considerada prioritária para a conservação. Já a área do município de Águas Lindas foi totalmente categorizada como uma área de prioridade extremamente alta para a conservação. O total das áreas prioritárias para a conservação abrangem 55% da superfície total do EcoMuseu (Nóbrega e Imaña, 2006).

**Tabela 9 - Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade para os municípios do EcoMuseu do Cerrado.**

| Município    | Áreas Prioritárias Para Conservação |          |                         |          |
|--------------|-------------------------------------|----------|-------------------------|----------|
|              | E.A. (km <sup>2</sup> )             | E.A. (%) | M.A. (km <sup>2</sup> ) | M.A. (%) |
| Abadiania    | 17                                  | 2        | 971                     | 93       |
| Água Lindas  | 191                                 | 100      | 0                       | 0        |
| Alexania     | 0                                   | 0        | 186                     | 22       |
| Cocalzinho   | 215                                 | 12       | 0                       | 0        |
| Corumbá      | 0                                   | 0        | 423                     | 40       |
| Pirenópolis  | 1.067                               | 48       | 882                     | 40       |
| Sto. Antonio | 0                                   | 0        | 491                     | 52       |

E.A.: Extremamente Alta; M.A.: Muito Alta



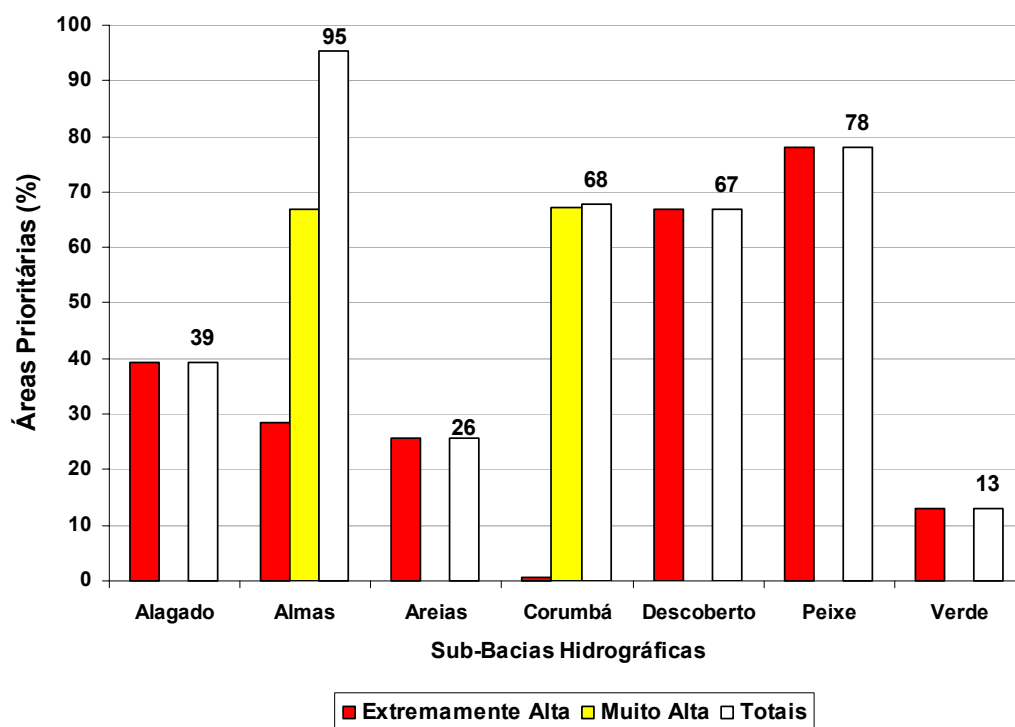
**Figura 31 - Distribuição de prioridade para a conservação por município do EcoMuseu do Cerrado.**

As áreas categorizadas como prioridade extremamente alta e muito alta para conservação por sub-bacia hidrográfica estão apresentadas na Tabela 10 e na Figura 31. A sub-bacia do Rio das Almas apresenta a maior área consideradas prioritárias (95%) e a do Rio Verde a menor (13%). A sub-bacia do Rio Peixe apresenta a maior extensão de áreas extremamente prioritárias para a conservação da biodiversidade (78%).

**Tabela 10 - Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade para as sub-bacias hidrográficas do EcoMuseu do Cerrado.**

| Bacia      | Áreas Prioritárias Para Conservação |          |                         |          |
|------------|-------------------------------------|----------|-------------------------|----------|
|            | E.A. (km <sup>2</sup> )             | E.A. (%) | M.A. (km <sup>2</sup> ) | M.A. (%) |
| Alagado    | 91                                  | 39       | 0                       | 0        |
| Almas      | 364                                 | 28       | 854                     | 67       |
| Areias     | 361                                 | 26       | 0                       | 0        |
| Corumbá    | 17                                  | 1        | 1.647                   | 67       |
| Descoberto | 314                                 | 67       | 0                       | 0        |
| Peixe      | 648                                 | 78       | 0                       | 0        |
| Verde      | 186                                 | 13       | 0                       | 0        |

E.A.: Extremamente Alta; M.A.: Muito Alta

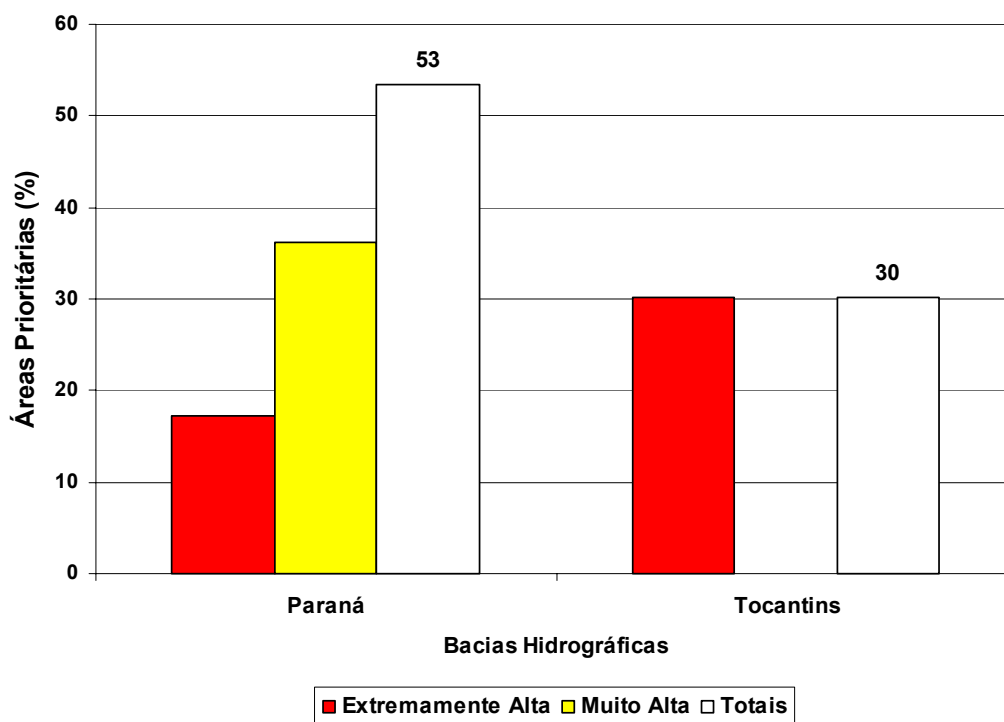


**Figura 32 - Distribuição de prioridade para a conservação por sub-bacia hidrográfica do EcoMuseu do Cerrado.**

Para as duas grandes bacias hidrográficas é possível observar que a do Rio Paraná possui mais áreas categorizadas como prioritárias para a conservação (53%), de acordo com a Tabela 11 e a Figura 32. Para áreas extremamente prioritárias para a conservação da biodiversidade a bacia hidrográfica do Rio Tocantins possui 30% de sua área categorizada com tal, e a do Paraná 17%.

**Tabela 11 - Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade para as grandes bacias hidrográficas do EcoMuseu do Cerrado.**

| Bacia     | Áreas Prioritárias Para conservação |                         |          |                         |          |
|-----------|-------------------------------------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|
|           | Área (km <sup>2</sup> )             | E.A. (km <sup>2</sup> ) | E.A. (%) | M.A. (km <sup>2</sup> ) | M.A. (%) |
| Paraná    | 4555                                | 783                     | 17       | 1647                    | 36       |
| Tocantins | 3545                                | 1067                    | 30       | 0                       | 0        |



**Figura 33 - Distribuição de prioridade para a conservação por bacia hidrográfica do EcoMuseu do Cerrado.**

### 6.3. MONITORAMENTO TEMPORAL DA REGIÃO DO ECOMUSEU DO CERRADO

A partir da imagem MODIS foi possível identificar a existência de uma variação de níveis de cinza. Como se trata de um índice de vegetação (NDVI), quanto maior a presença de clorofila nas folhas, maior será o valor do *pixel*. Pode-se entender desta observação, que quanto maior a cobertura vegetal em uma área, maior será o nível de cinza, ou seja, este será representado com uma cor mais próxima do branco. Por outro lado, entende-se que quanto mais baixo é o valor dos *pixels* (tons de cinza escuro tendendo a preto) menor a presença de vegetação, maior a exposição do solo, ou mesmo maior a urbanização.



Foram identificados dois grupos de cenas, um deles em tons de cinza mais escuros, e o outro com tonalidade mais próxima de branco. Este resultado evidencia a existência de dois períodos distintos, que podem ser relacionados com as estações do ano. Sabendo que esta área de estudo localiza-se no Bioma Cerrado, observa-se duas estações bem definidas: um verão chuvoso e um inverno seco. Relacionando estes fatos pode-se entender que a existência de dois grupos de imagens está ligada à estação, e mais ainda, apresenta uma íntima relação com o regime hídrico.

A relação com a disponibilidade hídrica pode ser vista, por exemplo, no período em que é observada menor cobertura vegetal, que se deve ao fato de haver disponibilidade de água mais restrita fazendo com que a vegetação fique ressecada e perdendo suas folhas.

A partir destas inferências observou-se que o melhor período para diferenciar a vegetação nativa é durante a seca, devido ao aumento de contraste entre as áreas cobertas e não cobertas, ocasionado pela escassez de água para hidratar as folhas. Além disso, este comportamento mostrou que a região do EcoMuseu apresenta um intenso uso de sua terra, durante o período chuvoso (Figura 33), quando áreas agropecuárias possuíam grande disponibilidade de água, ganhando biomassa, elevando, assim, o índice de vegetação (NDVI).

Ainda sobre a Figura 33 foi possível identificar o padrão de ocupação da região do EcoMuseu. Visualmente, a parte oeste da região do EcoMuseu apresenta uma maior ocupação de agrícola, pastagens e plantios, devido aos tons de cinza mais elevado (mais próximos de branco). Além disso, pode-se observar que já existem alterações da cobertura vegetal no Município de Pirenópolis, no seu extremo oeste, no Dia 289 do ano de 2005, calendário juliano.

A Figura 33 mostra que a parte leste apresenta uma ocupação mais urbana e uma menor cobertura vegetal. Nesta figura está sinalizada de vermelho a cidade de Águas Lindas de Goiás, que apresentou praticamente o mesmo grau de cinza ao longo do ano. Pode-se observar que a cidade possui os níveis de cinza mais baixos (próximos do preto), o que permite inferir que nesta região há uma baixa cobertura vegetal. Isso significa que esta área apresenta-se urbanizada e com alto grau de antropismo, ou seja, sua ocupação está mais ligada à expansão urbana.

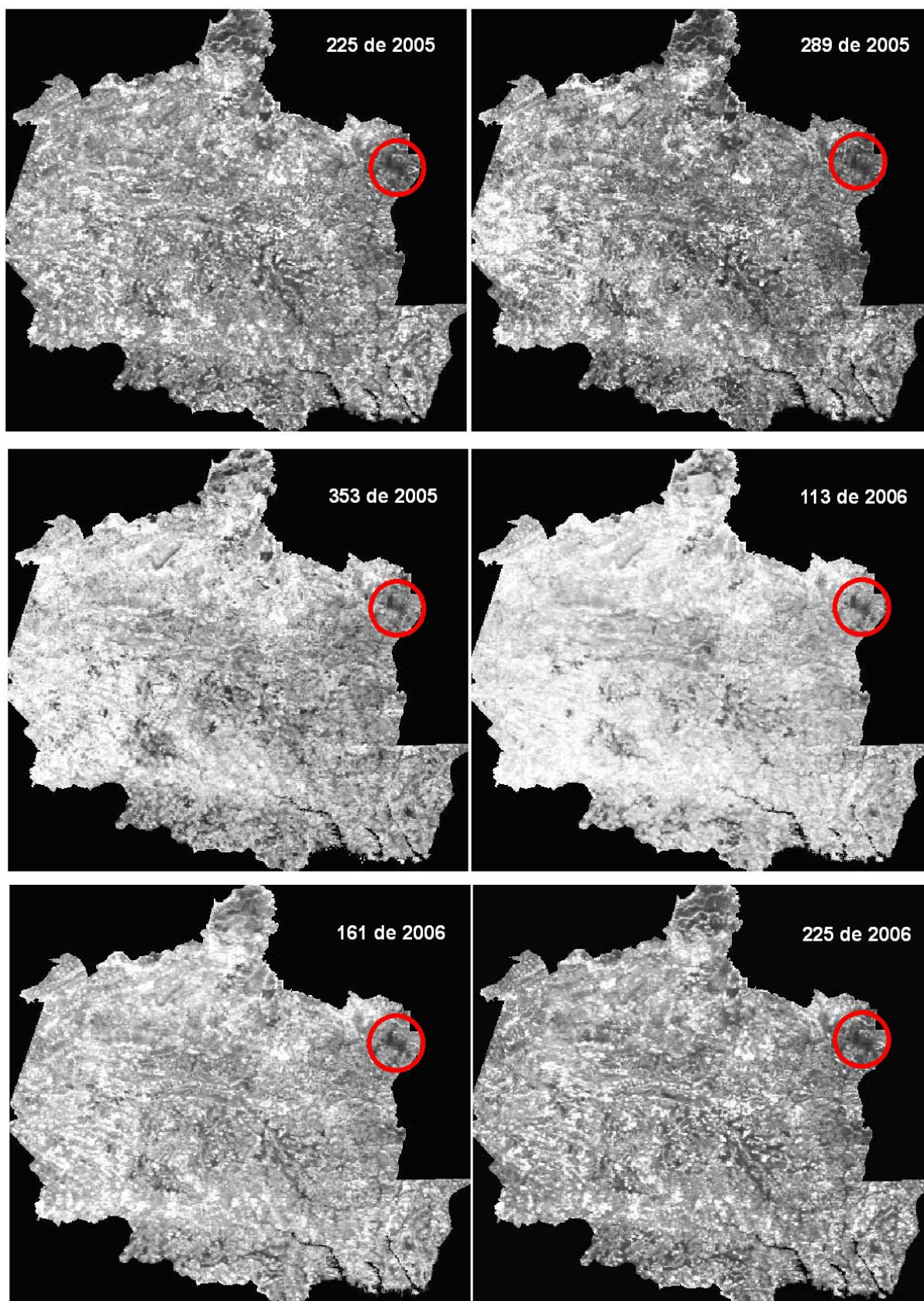


Figura 34 - Diferença visual entre as estações; em vermelho a cidade de Águas Lindas de Goiás, com praticamente a mesma tonalidade ao longo do período de estudo, significando baixa cobertura vegetal.

Dados populacionais do IBGE (Tabela 7) comprovam esta tendência de ocupação urbana no extremo leste, divisa com o Distrito Federal. As regiões que apresentam menores valores de NDVI coincidem com as cidades de Águas Lindas de Goiás e Santo Antonio, que apresentaram maior crescimento populacional nos últimos cinco anos (Tabela 7). A relação entre a alta população e a ocupação urbana pode explicar o fato que a região leste possua valores mais baixos de NDVI, mais próximo de preto (Figura 33).

Além do que pode ser observado nas imagens foi possível obter resultados da distribuição dos pixels ao longo do tempo, permitindo a construção de histogramas de frequências. Na Figura 34 foram colocados seis histogramas (seis dias), cada curva representa o comportamento dos valores de NDVI e sua distribuição de pixels.

Na Figura 34 é possível observar a existência de duas tendências de distribuição de pixel ao longo do ano. Esta variação está associada à cobertura vegetal, por se tratar de um índice de vegetação (NDVI). Este índice evidencia a vegetação fotossinteticamente ativa, desta forma quanto maior a presença de clorofila, maior será o valor de reflectância, e a frequência dos *pixels* da imagem.

Desta forma, é possível relacionar este comportamento de *pixels* com as imagens da Figura 33 e com as estações do ano. O EcoMuseu do Cerrado encontra-se na área núcleo do Bioma Cerrado que possui duas estações bem definidas: verão quente chuvoso e inverno frio seco (Eiten, 1994). Durante a estação chuvosa tem-se maior disponibilidade hídrica para a vegetação, isso significa que as plantas estão mais vigorosas, com uma maior atividade fotossintética, levando a maiores valor de reflectância, ou seja, maiores valores de *pixels*. Além disso, existe maior extensão de áreas cobertas por vegetação, o que significa uma maior reflectância pela área de estudo, apresentando uma maior frequência de *pixels*. Pode-se observar que estes valores estão representados mais à direita do gráfico da Figura 34.

A estação seca é marcada pela redução da disponibilidade hídrica na região de Cerrado (Eiten, 1994). Esta restrição hídrica deste período seco sugere que algumas espécies têm a produção de folhas limitadas (Oliveira, 2005). A vegetação neste período encontra-se menos vigorosa, e com menos atividade fotossintética, o que significa menores valores de *pixels*. Além disso, existe uma menor extensão de áreas cobertas por vegetação, pois os pastos estão secos pela falta de água e os plantios ainda estão sendo preparados. Nesta época ficam mais evidentes as florestas relacionadas com os curso d'água, por possuírem maior disponibilidade hídrica. Desta forma, pode-se observar que a menor

freqüência de pixels é representada principalmente pela vegetação associada à água, o que leva seus valores de reflectância a serem representados mais à esquerda da Figura 33.

Pode-se observar que entre as duas tendências existem curvas (dias) que indicam uma passagem gradual, significando os dias do ano entre as estações, ou seja, a passagem de seca para o período chuvoso e vice-versa. Observa-se que o valor de reflectância apresenta grande relação com o regime hídrico, porém não tem um efeito imediato em seus valores.

Na Figura 34 foram destacados dois histogramas de dois dias do inverno e dois dias do verão e também dois histogramas que se encontram no momento de passagem de uma estação para outra e no retorno à primeira. Para a estação seca foi considerado o período de cinco meses, de Maio a Setembro período chuvoso abrangendo os meses de Outubro a Abril (Eiten, 1972). No calendário juliano o período chuvoso compreende os intervalos de 1 até 120 e 274 a 365 e o seco encontra-se entre os dias 121 e 273.

A partir da convenção referente às estações do ano os dias 225 e 273 (Figura 34) encontram-se dentro do período da seca. Estes dois histogramas possuem valores e freqüências menores que os demais dias em destaque. Isso pode ser explicado pelo fato de que durante a época da seca existe uma grande redução da disponibilidade hídrica o que leva a um estresse das plantas, diminuindo a atividade fotossintética. Para a vegetação apresentar valor de reflectância próprio deverá estar localizada em locais com acesso a água, por exemplo, associada a cursos d'água ou irrigada. Esta restrição na realidade será verificada nos histogramas com freqüências de pixels menores em relação a períodos que apresentam mais disponibilidade hídrica.

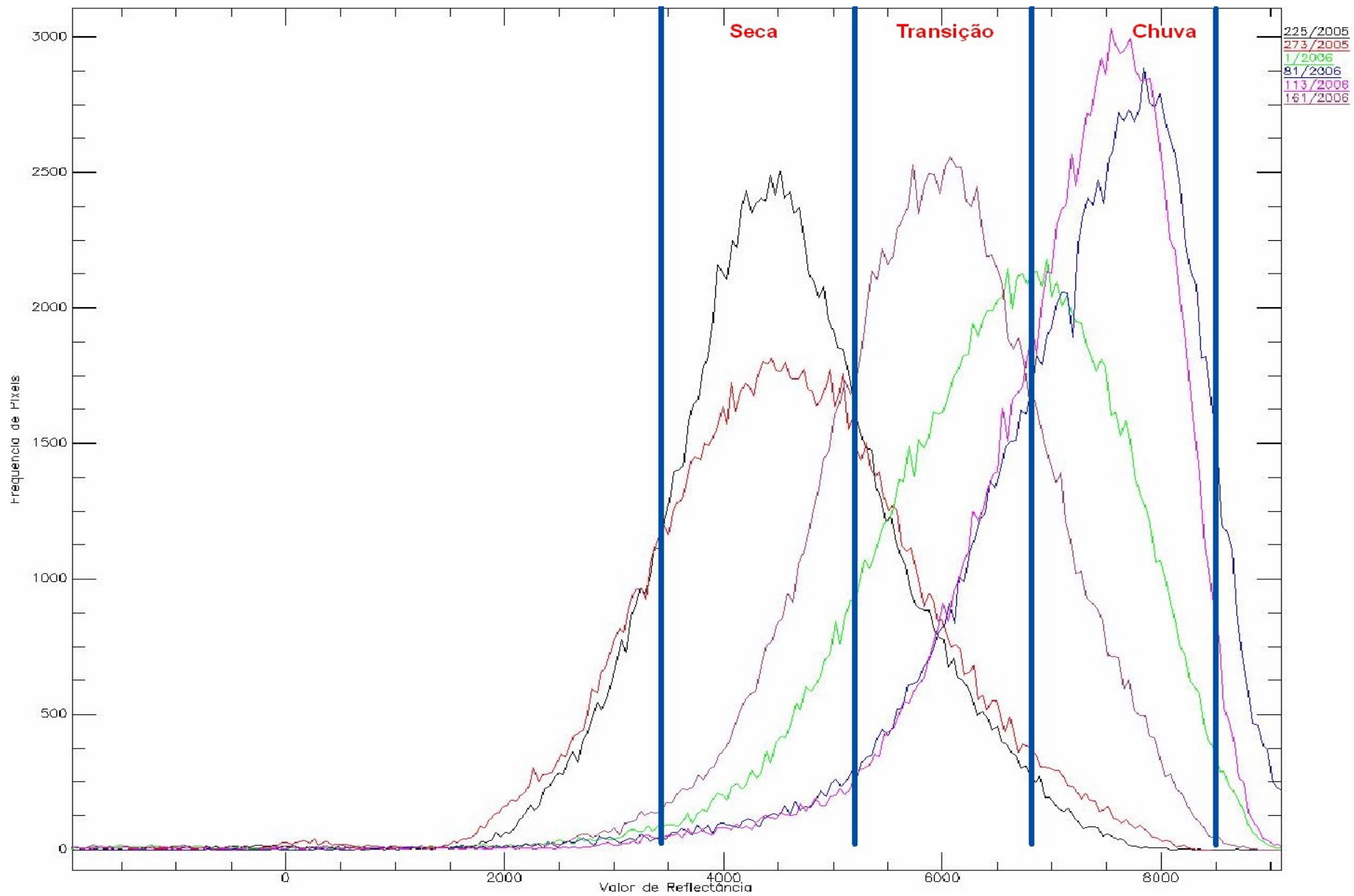


Figura 35 - Histograma de frequência e valor de pixels das imagens MODIS para a região do EcoMuseu do Cerrado ao longo do período de estudo.

Em relação à estação chuvosa, como pode ser visto nas curvas dos dias 81 e 113 de 2006 da Figura 34, é possível observar que as frequências e os valores de reflectância são mais altos. Este fato pode ser entendido pela maior disponibilidade hídrica na região, o que faz com que uma maior parte de plantas estejam úmidas e fotossinteticamente ativa. Os histogramas mostram que existe uma maior cobertura vegetal sobre a área de estudo, além de uma maior intensidade de clorofila. A maior cobertura está associada à frequência de pixels e a maior intensidade está ligada aos valores de reflectância.

No período chuvoso os plantios estão vigorosos, sendo representados em tonalidades mais próximas de branco (Figura 33). Durante esta época não existe um contraste que permita uma grande diferenciação entre as vegetações nativas e plantadas, pois todas estas estão com valores de reflectância elevados, levando a uma resposta quase continua de cobertura vegetal. Por outro lado, é o melhor período para identificar áreas que possuem baixa cobertura vegetal e alterações antrópicas, devido ao contraste entre os altos níveis (tons de mais próximos de branco) e os baixos níveis de cinza (tons mais próximos de preto). Na Figura 33 é possível visualizar este contraste na cidade de Águas Lindas de Goiás, sinalizada de vermelho. Esta cidade possui tonalidade mais escura o que demonstra alto grau de alterações antrópicas e baixa cobertura em sua área, o que pode significar a conversão de sua vegetação natural de maneira bastante intensa.

Além das duas estações diferenciadas na Figura 34, pode-se observar uma fase de transição entre estas. O dia 1 de 2006, a curva mais baixa da transição, corresponde à passagem da época seca para a chuvosa. Pode-se observar que esta curva (dia) possui frequência da estação seca, mas, por outro lado, apresenta valores de reflectância mais próximos da estação de chuvas. O mesmo pode ser visto na curva 161 de 2006 (mais alta dentro do período de transição), que representa a redução da disponibilidade hídrica. Este histograma está na fase de transição de volta para a seca por possuir valores de pixel menores que no período chuvoso, porém, já apresentando frequência de similar à época seca. Saindo da época seca para a chuvosa tem-se o aumento da frequência de altos valores, por outro lado, observa-se o comportamento inverso, com a diminuição da frequência destes valores.

Esta transição pode ser entendida como uma fase intermediária entre as estações, significando a existência de mudança gradual entre as estações, sendo possível identificar uma influencia da estação anterior sobre a posterior. Na Figura 33 é possível visualizar esta influencia pelo dia 289 de 2005, por exemplo, que está dentro do período compreendido pelas chuvas, porém ainda não se encontra totalmente caracterizado em tal

estação. Neste dia visualiza-se a que na porção oeste do EcoMuseu, no município de Pirenópolis, é que ocorrem as primeiras alterações na cobertura vegetal devido à mudança do regime hídrico. Primeiramente são as pastagens que assimilam a disponibilidade de água inicial, tornando-se fotossinteticamente ativas e úmidas mais rapidamente que as demais plantas. Isso pode ser devido ao fato de que as primeiras chuvas deixam úmidas as camadas mais superficiais do solo, onde se encontram a vegetação rasteira. Assim, de acordo com o aumento das precipitações o solo vai tornando-se mais úmido fazendo com que os demais estratos também fiquem úmidos e ativos.

Durante a estação chuvosa observam-se altas frequências de altos valores de *pixels*, e quando o regime hídrico é alterado aquele solo que estava úmido ainda continua por certo tempo. Observando novamente a curva 161 de 2006 (Figura 34) é possível entender que a disponibilidade hídrica diminuiu, porém, a vegetação foi pouco afetada. Isso significa que diminuiu a cobertura da vegetação ativa, permanecendo aproximadamente com a mesma intensidade de atividade fotossintética.

Foi possível ainda realizar mais uma inferência com relação à distribuição dos *pixels* das imagens MODIS ao longo do ano. Através de gráficos de correlação entre dias (bandas da imagem) foram identificadas duas relações entre *pixels*: Intraestacional e Interestacional (Figura 35).

A partir da Figura 35A é possível observar que imagens tomadas dentro de uma mesma estação possuem alta correlação na distribuição dos pixels das imagens. Isso pode ser explicado pela diferença entre a captação das imagens, que é de 16 dias. Este período entre as imagens é curto e com isso a vegetação fotossinteticamente ativa está praticamente com a mesma atividade, basicamente nos mesmos locais que foram encontradas na imagem anterior e submetidas a condições climáticas similares. Esta figura (35A) representa a relação interestacional, que tem sua correlação diminuída à medida que aumenta a diferença entre as imagens captadas. Na Figura 36 são apresentadas as correlações do dia 225 de 2005 com os dias 257 e 273, para permitir a melhor visualização desta relação.

Na Figura 35B tem-se a correlação entre as imagens captadas em estações diferentes, correspondendo a uma relação intraestacional. Nesta figura pode-se entender que as imagens captadas em estações distintas estão submetidas a diferentes condições climáticas o que faz com que exista diferente atividade fotossintética e diferente distribuição da vegetação. A diferença espacial e de atividade faz com que se obtenha uma baixa correlação entre elas (Figura 35B).

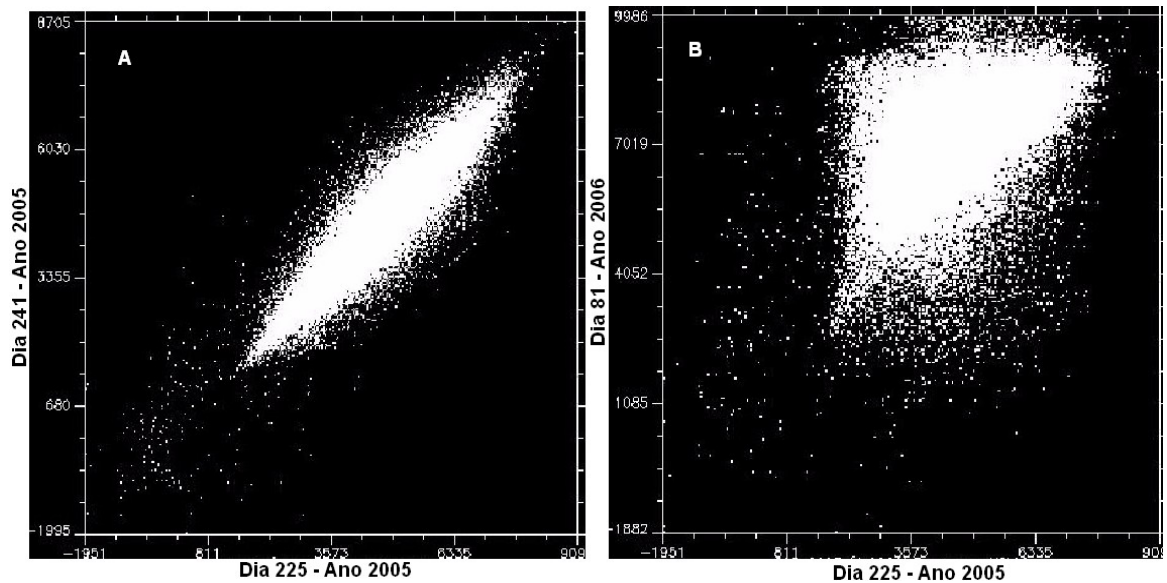


Figura 36 - Figura 14 - Correlação entre os dias do ano; (A) intraestacional, os dias estão dentro de uma mesma época do ano; (B) interestacional, dias em estações distintas.

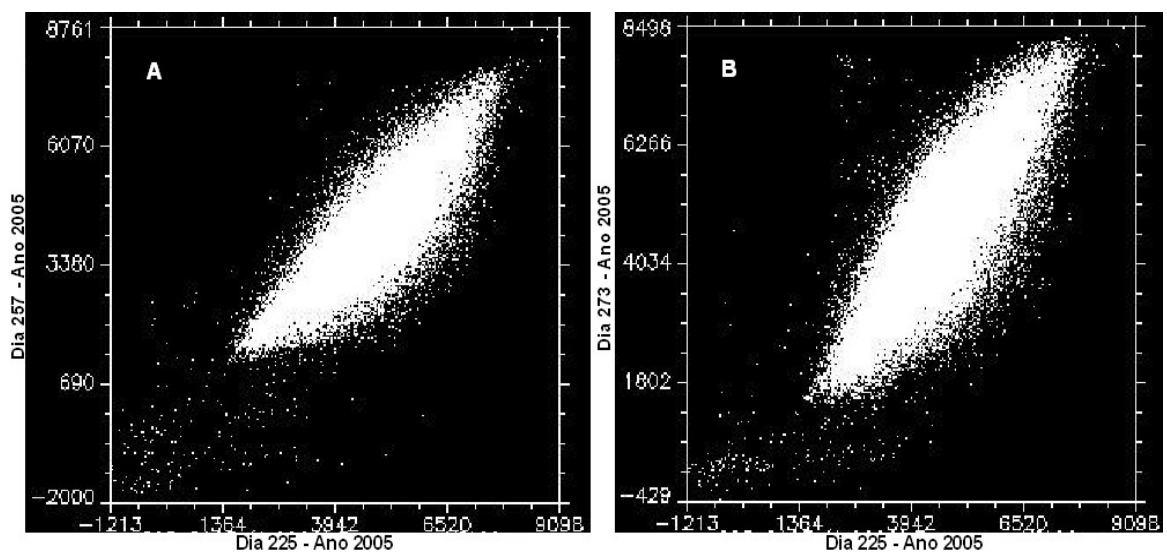


Figura 37 - Relação interestacional: (A) 32 dias de diferença entre imagens; (B) 48 dias de diferença entre as imagens.

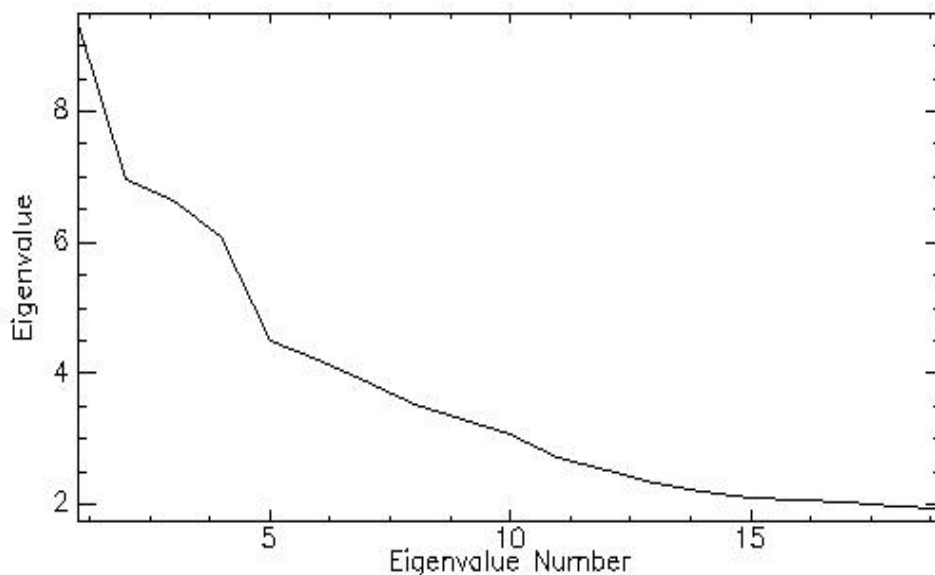
A Figura 36 apresenta a diferença de distribuição dos pixels de imagens com diferença de 32 dias (36A) e 48 dias (36B). A comparação entre estas imagens permite observar uma alteração na distribuição dos pixels a medida que aumenta a diferença entre elas. Ainda é possível comparar estas duas distribuições com a Figura 14A, que apresenta uma diferença entre imagens de apenas 16 dias.



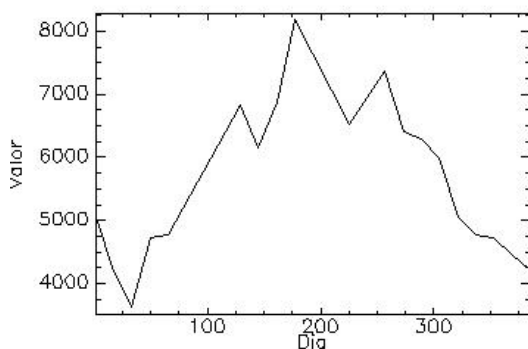
## 6.4. ASSINATURAS TEMPORAIS

O NDVI apresentou ruídos, que podem causar variações indesejáveis e até mesmo prejudicar a análise de dados. Foi utilizada a ferramenta de transformação MNF (*Minimum Noise Fraction*), o que reduz a dimensão espectral da cena (Green et al., 1998). O MNF possibilita a eliminação do ruído, e permite a diminuição da dimensionalidade da imagem em eixos descritos pelos materiais ou feições físicas e ambientais que constituem a cena (Carvalho Júnior et al, 2003). Para transformar as bandas do MNF ao seu dado original, redistribuindo a informação pelas 19 bandas, foi utilizado o MNF *Inverse*.

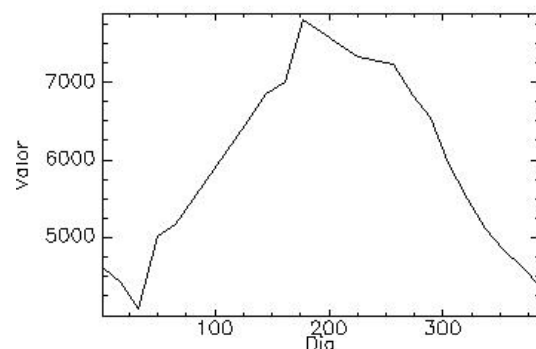
Na Figura 37 é possível observar onde ficou concentrada a informação através do MNF. Foi gerado um arquivo utilizando apenas as bandas que possuíam melhores dados, neste caso até a banda 5, pelo MNF *Inverse*. Um exemplo da diferença entre o NDVI e o inverso pode ser visto entre as Figuras 38 e 39.



**Figura 38 - Concentração da informação pelo MNF.**



**Figura 39 - Perfil temporal do NDVI.**



**Figura 40 - Perfil temporal do MNF inverso do NDVI.**

Nas Figuras 40 e 41 estão representadas as assinaturas temporais do cerrado e a distribuição de chuvas no Cerrado, respectivamente.

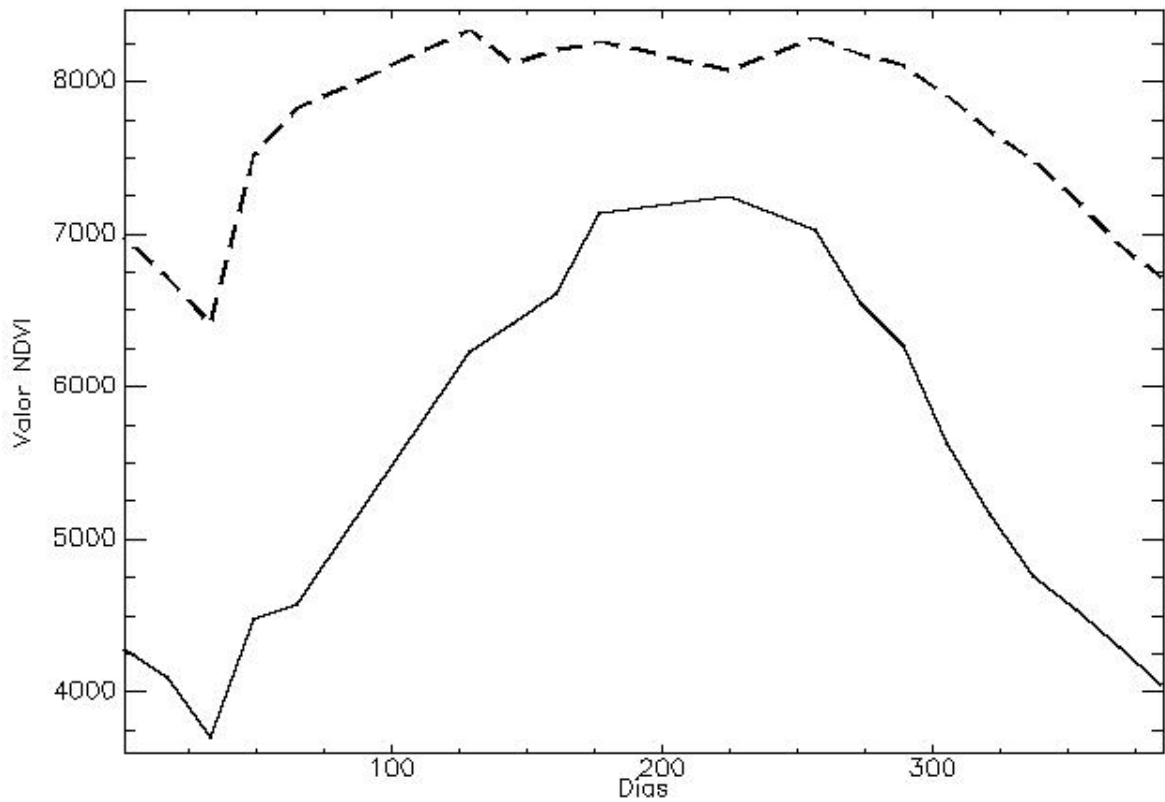


Figura 41 - Assinaturas temporais das formações savânicas (curva contínua) e das matas (curva tracejada).

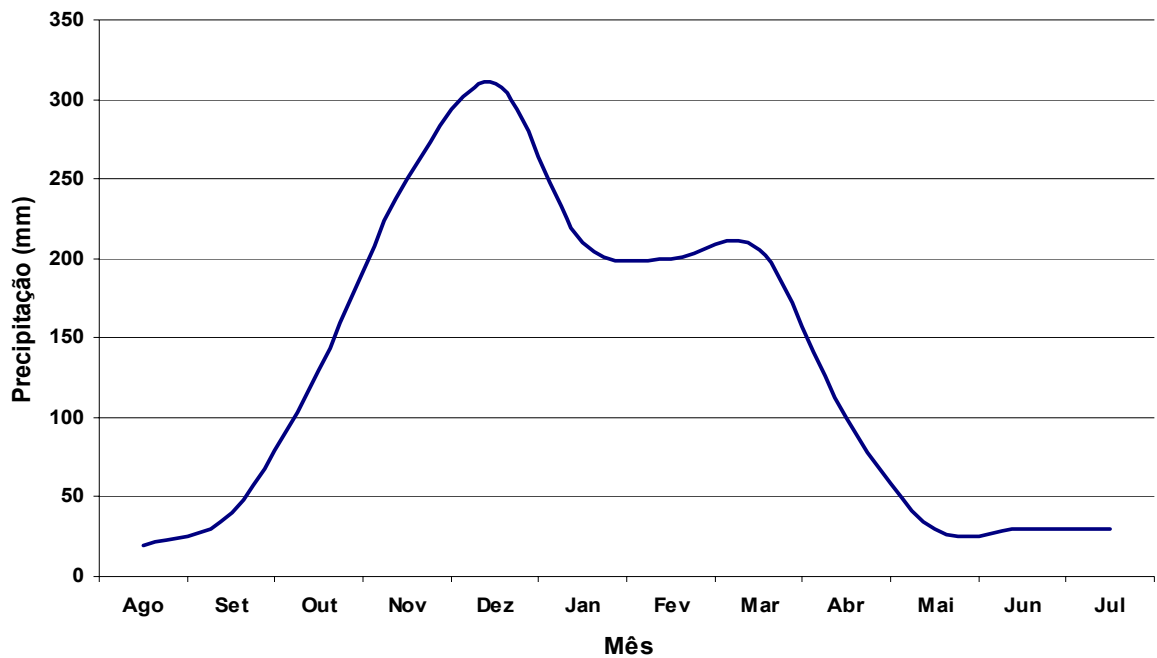
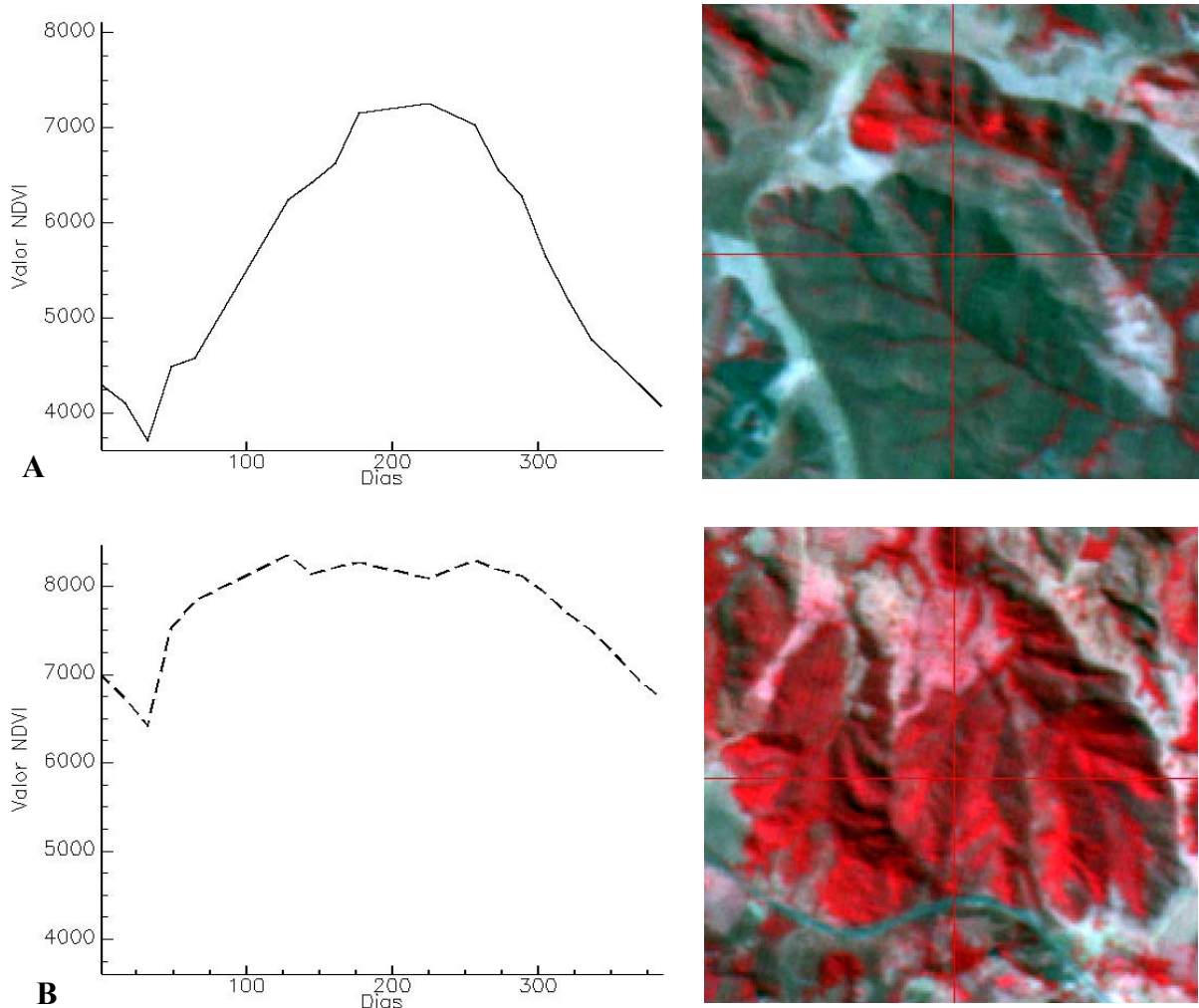


Figura 42 - Distribuição de chuvas na região do Cerrado (adaptado de Hermuche, 2005).

Na Figuras 40 pode-se observar que a queda da reflectância das formações savânicas é menor do que a das matas. Isso pode ser explicado pela maior biomassa das matas, que ao perder folhas devido a menor quantidade de chuva nos períodos de seca, recebe uma maior influencia do solo. As formações savânicas possuem uma menor quantidade de folhas e uma maior influencia do solo, desta forma, a seca parece influenciar menos em sua biomassa.

O comportamento temporal das fitofisionomias pode ser comparado com a distribuição de chuvas que ocorre na região do Cerrado (Figura 41). Comparando com as Figuras 40 é possível observar que os maiores valores de reflectância encontram-se nos períodos de maior precipitação.

Na Figura 42 são apresentadas as assinaturas temporais de cerrado e de mata com os locais correspondentes na imagem CBERS.



**Figura 43 – Assinatura temporal: à direita, Cerrado (A) e Mata (B); à esquerda, locais correspondentes na imagem CBERS.**

## 7. CONCLUSÕES

Estudos que permitam avaliações da cobertura da terra de maneira rápida e eficiente são cada vez mais importantes para a conservação dos Biomas do Brasil, principalmente no caso do Cerrado, sendo considerado o mais ameaçado do país. Avaliações de áreas prioritárias para a conservação podem ser um grande passo para a valorização e conservação da biodiversidade deste bioma tão importante.

O EcoMuseu do Cerrado possui 55% de sua área inserida nas áreas indicadas como prioritárias para a conservação. Apesar disso, 56,03% de sua área está considerada alterada (Área Agropecuária + Área Antrópica), mesmo sendo uma região que apresenta muitos atributos naturais e culturais relevantes para a conservação. É necessário que as ações prioritárias para a conservação sejam seguidas para que seja ampliada a quantidade de áreas protegidas e permitindo o manejo sustentável dos seus recursos naturais.

O sensor CBERS permitiu mapear a cobertura da terra do EcoMuseu com muita consistência. As imagens deste sensor permitiram uma visualização eficaz do local da área de estudo. Desta forma, foi possível identificar quais são os municípios mais alterados e que apresentam menor cobertura vegetal natural. O uso da técnica de Árvore de Decisão possibilitou uma classificação criteriosa e eficaz.

O uso do sensor MODIS permitiu avaliar a cobertura vegetal do EcoMuseu de maneira muito rápida e eficiente. Além disso, a metodologia pode ser utilizada para a identificação de áreas alteradas ou mesmo dos padrões de plantios que estão sendo realizados. Este sensor permite que um monitoramento contínuo e atualizado apresentando uma visão regional para os tomadores de decisão. As assinaturas temporais das principais fisionomias vegetais podem ser consideradas mais uma forma de avaliação da cobertura natural.

A periodicidade das imagens mostrou-se como fator relevante para a estruturação e desenvolvimento de sistemas de monitoramento. O sensor MODIS permite que a cobertura vegetal seja monitorada a cada 16 dias, e o CBERS 26 dias. Outro fator relevante para a estruturação destes sistemas é a gratuidade das imagens destes dois sensores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A.N. Os domínios de natureza do Brasil – potencialidades paisagísticas. 2ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.159p.

ALHO, C.J.R., MARTINS, E.S. De grão em grão, o Cerrado perde espaço. Brasília: WWF, 1995. 66p.

ALTOÉ, R.T., OLIVEIRA, J.C., RIBEIRO, C.A.A.S. Sistema de informação geográfica na definição de corredores ecológicos para o município de Conceição da Barra – ES. In: Anais, XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, 2005. p. 1995-2002.

BERTOLUZZI, A.L., MANTOVANI, J.E. Utilização de imagem CCD CBERS-2 para o mapeamento de habitats potenciais para o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) no nordeste do Estado de São Paulo. In: Anais, XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, 2005. p. 2887-2892.

BORGES, M. A conquista do Cerrado – uma proposição para duplicar a produção de grãos. Brasília: Senado Federal, 1985. 87p.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE, RECURSOS NATURAIS E AMAZÔNIA LEGAL. Ações prioritárias para a conservação da biodiversidade do Cerrado e Pantanal. Brasília, 1999. 26p.

BROOKS, T.M., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., DA FONSECA, G.A.B., RYLANDS, A.B., KONSTANT, W.R., FLICK, P., PILGRIM, J., OLDFIELD, S., MAGIN, G., HILTON-TAYLOR, C. Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. Conservation Biology, v.16, p.909-923, 2002.

CARVALHO JÚNIOR, O.A., BLOISE, P.L.C., CARVALHO, A.P.F.,; GUIMARÃES, R.F., MARTINS, E.S. Spectral mixture analysis of aster image in brazilian savanna. In: International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Toulouse, France, 2003. p.3234-3236.

CURRAN, P.J. Principles of remote sensing. Londres: Longman Group, 1985. 282p.

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. The Botanical Review, v.38, p.201-341, 1972.

EITEN, G. Vegetação. In: Novaes Pinto, M. ed. Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. 2 ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1985. p.17-73.

EIPHANIO, J. C. N. CBERS – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres. In: Anais, XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, 2005. p. 915-922.

FERREIRA, E., SANTOS, J.P., BARRETO, A.C., AGUILAR DANTAS, A.A. Identificação de fragmentos de floresta nativa, por diferentes intérpretes, em Lavras, MG, através de imagens Landsat e Cbers. In: Anais, XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, 2005. p. 945-952.

GREEN, A.A., BERMAN, M., SWITZER, P., CRAIG, M.D.A. Transformation for ordering multispectral data in terms of images quality with implications for noise removal. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing. v. 26, p.65-74, 1998.

HERMUCHE, P. M. Integração da morfometria, NDVI derivado do sensor modis e pluviometria para análise regional da Mata seca na bacia hidrográfica do Rio Paraná. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, 2005. 110p. (Dissertação de Mestrado).

IMAÑA-ENCINAS, J, NÓBREGA, R.C., COUTO JUNIOR, A.F. Sugestão de criação de uma área de preservação ambiental na região do EcoMuseu do Cerrado. Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer, Brasília v. 14, p. 22-32, 2004.

INSTITUTO HUAH DO PLANALTO CENTRAL; INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Almanaque EcoMuseu do Cerrado. Brasília: 2002. 44p.

JUSTICE, C.O., TOWNSHEND, J.R.G. Special issue on the moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS): a new generation of land surface monitoring. Remote Sensing of Environment. v.83(1), p.1-2, 2002.

JUSTICE, C.O., TOWNSHEND, J.R.G., VERMOTE, E.F., MASUOKA, E., WOLFE, R.E., SALEOUS, N., ROY, D.P., MORISETTE, J.T. An overview of MODIS land data processing and product status. Remote Sensing of Environment. v.83(1), p.3-15, 2002.

KALIL MELLO, E.M., MOREIRA, J.C., FLORENZANO, T.G., MARCELHAS E., SOUZA, I. O uso de imagens CBERS no monitoramento do desflorestamento da Amazônia Brasileira. In: Anais, XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, 2005. p. 1313-1320.

KLINK, C.A., MACHADO, R.B. Conservation of Brazilian Cerrado. Conservation Biology. v.19, p.707-713, 2005.

MACHADO, R.B., RAMOS NETO, M.B., PEREIRA, P.G.P., CALDAS, E.F., GONÇALVES, D.A, SANTOS, N.S., TABOR, K., STEININGER, M. Estimativa de perda de área do Cerrado brasileiro. Brasília:Conservação Internacional, 2004. 22p.

MANTOVANI, J.E., PEREIRA, A Estimativa da integridade da cobertura vegetal de Cerrado através de dados TM/Landsat. In: Anais, IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Santos, 1998. p. 1455-1466.

MARTINS, A.K.E, NETO, A.S., MARTINS, I.C.M., BRITES, R. S., SOARES, V. P. Uso de um Sistema de Informação Geográfica para indicação de corredores ecológicos no município de Viçosa – MG. Revista Árvore. v.22, p.373-380, 1998.

MATOS, F.D.A., AMARAL, I.L., LIMA FILHO, D.A. Imagens CBERS-2 na identificação e caracterização da cobertura florestal em uma planície aluvial no baixo rio Amazonas. In: Anais, XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, 2005. p. 1011-1017.

MILLER, K. Em busca de um novo equilíbrio: diretrizes para aumentar as oportunidades de conservação da biodiversidade por meio do manejo biorregional. Brasília: Ibama, 1997. 94 p.

MITTERMEIER, R.A., GIL, P.R.; HOFFMAN, M., PILGRIM, J., BROOKS, T., MITTERMEIER, C.G., LAMOREUX, J., DA FONSECA, G.A.B. Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. 2ed. Boston: University of Chicago Press, 2005, 392p.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., DA FONSECA, G.A.B., KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature. v.403, p.853-858, 2000.

NÓBREGA, R.C; IMAÑA-ENCINAS, J. Uso atual do solo do projeto EcoMuseu do Cerrado. Revista Árvore. v.30, n.1, p.117-122, 2006.

NÓBREGA, R.C. Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade no âmbito do Projeto EcoMuseu do Cerrado. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2003. 49 p. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, E.L. Fenologia, demografia e características foliares de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito no Distrito Federal e suas relações com as condições climáticas. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia, 2005. 134p (Tese de Doutorado).

PEREIRA, A.; FRANÇA, H. Identificação de queimadas naturais ocorridas no período chuvoso de 2003-2004 no Parque Nacional das Emas, Brasil, por meio de imagens dos sensores do satélite CBERS-2. In: Anais, XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, 2005. p.3245-3252.

POZONI, F. J. Comportamento espectral da vegetação. In: Meneses, P. R., Madeira Netto, J. S. ed. Sensoriamento remoto – reflectância dos alvos naturais. Brasília: Editora Universidade de Brasília. 2001. p.157-195.

RATTER, J.A., RIBEIRO, J.F., BRIDGEWATER, S. The brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. Annals of Botany. v.80, p.223-230, 1997.

RIBEIRO, J. F., WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M., ALMEIDA, S. P. ed. Cerrado ambiente e flora. Planaltina, DF: EMBRAPA/CPAC, 1998. p. 89-166.

RODRIGUES, W. Tecnologias agrícolas sustentáveis no Cerrado. Brasília: Ministério da Integração Nacional e Universidade de Goiás, 2002. Coleção Centro-Oeste de Estudos e Pesquisas 13.



SANTOS, J.R., MALDONADO, F.D., ALENCASTRO GRAÇA, P.M.L. Integração de imagens LANDSAT/ETM+ e CBERS-2/CCD para detecção de mudanças em área da Amazônia sob domínio da floresta de transição. In: Anais, XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, 2005. p. 1655-1662.

SILVA, F.J., FARIÑAS, M.R., FELFILI, J.M., KLINK, C.A. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the Cerrado region of Brazil. Journal of Biogeography. v.33, p.536-548, 2006.

SILVA, J.M.C., BATES, J.M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot. Bioscience. v.52, p.225-233, 2002.

SOARES, D.M., FREITAS, M.W.D., ARRAUT, E.M. Análise comparativa entre imagens dos sensores CCD/CBERS2 e ETM+ na classificação da cobertura vegetal no semi-árido brasileiro. In: Anais, XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, 2005. p.1091-1098.

VARINE, H. O ecomuseu. Ciências e Letras. v.27, p.61-90, 2000.

WILKIE, D.S., FINN, J.T. Remote sensing imagery for natural resources monitoring – a guide for first-time users. Nova Iorque: Columbia University Press. 1996. 295p.

YAO JAI; ZHANG ZENG-XIANG. Dynamic study on landscape spatial pattern of land use in China based on RS and GIS. Geoscience and Remote Sensing Symposium. v.5, p.3380-3382, 2003.

ZHONGFENG LI; XUEMEI L. Land-use change analysis in Yulin prefecture, northwestern China using remote sensing and GIS. Geoscience and Remote Sensing Symposium. v.5, p.3390-3393, 2004.