

Uso e cobertura vegetal das regiões hidrográficas do Cerrado e as métricas dos fragmentos da classe natural do TerraClass

Antonio Felipe Couto Junior¹
Vinicius Vasconcelos¹
Luiz Felipe Salemi¹
Eder de Souza Martins²
Edson Eyji Sano²

¹Universidade de Brasília – UnB
Campus Planaltina CEP: 73.345-010 Planaltina, DF
E-mail: {afcj, lfsalemi}@unb.br; vinicius.vascoza@gmail.com

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Cerrados
BR-020 km 18 Caixa Postal 08223 CEP: 73301-970 Planaltina, DF
{eder.martins, edson.sano}@embrapa.br

Abstract. The Brazilian Cerrado covers about 20% of the central Brazil with the highest biodiversity and landscape among the world savannas and also contributes to the water production of 8 out of 12 hydrographic regions (HR) of Brazil. About 50% of its original area was already converted into anthropic activities, changing the spatial patterns of natural landscape. This work aimed to characterize the land cover of the Cerrado hydrological regions based on the TerraClass Cerrado mapping project and to cluster them according to the fragmentation metrics of natural class. We used the TerraClass Cerrado mosaic intersected by the hydrological regions and quantified the land cover classes distribution. We evaluated the spatial patterns of the Natural class with patches metrics and performed cluster analysis of the hydrological regions based on patches metrics patterns similarity. We found that the Amazonica hydrological region had the highest annual crops (~ 24%) cover and the Atlantico Leste e Atlantico Nordeste Ocidental, the lowest (< 1%). The Parana HR least 75% anthropic activities, highlighting pasture (~ 43%), permanent crops (~ 13%), annual crops (~ 13%), planted forestry and urban area (~ 1.2%). The Parnaíba HR showed the highest natural cover (> 80%) among the hydrological regions of the Cerrado. We found four clusters of hydrological regions: 1) Paraná; 2) Atlântico Leste and São Francisco; 3) Atlântico Leste, Atlântico Nordeste Ocidental and Paraguai; 4) Amazonica and Parnaíba. The hydrological regions analysis highlighted that the physiography regulates the anthropic occupation and the natural patches spatial configuration of natural cover.

Palavras-chave: fragmentation, spatial patterns, watersheds, cluster analysis, fragmentação, padrões espaciais, bacias hidrográficas, análise de agrupamento

1. Introdução

O Cerrado ocupa aproximadamente um quinto da área central do Brasil, possuindo a maior biodiversidade e heterogeneidade de suas paisagens naturais dentre as savanas tropicais (Silva e Bates, 2002; Silva et al., 2006; Ribeiro e Walter, 2008). Além dessa riqueza biológica e paisagística, esse bioma contribui para a produção hídrica de 8 das 12 regiões hidrográficas (R.H.) brasileiras (Brasil, 2003): Amazônica, Atlântico Leste, Atlântico Nordeste Ocidental, Paraguai, Paraná, Parnaíba, São Francisco e Tocantins/Araguaia. Isso significa que o espaço geográfico ocupado pelo Cerrado desempenha papel fundamental no processo de distribuição dos recursos hídricos de grandes bacias hidrográficas brasileiras e sul-americanas (Lima e Silva, 2008).

Apesar dessa relevância ambiental, estima-se que entre 40 e 65% da área do Cerrado já tenha sido convertida ou modificada, principalmente para usos agropecuários (Mantovani e Pereira, 1998; Klink e Machado, 2005; Sano et al., 2010). Essas conversões ou modificações mostram-se atreladas aos modernos usos agro-pastorais, especialmente a produção de soja e criação de gado (Jepson, 2005). Esse padrão esteve relacionado à

transformação da base produtiva, aspecto fundamental para a compreensão dos padrões espaciais de ocupação (Brannstrom et al., 2008). Esse conhecimento mostra-se relevante para a compreensão dessas mudanças, inclusive em relação aos fluxos energéticos e hídricos existentes entre o Cerrado e os outros biomas.

Uma importante contribuição recente foi o TerraClass Cerrado (Brasil, 2015), projeto inserido dentro da Iniciativa Cerrado Sustentável e executado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) para a implementação da parte dos objetivos e das diretrizes preconizados preconizado pelo Decreto nº5.577/2005. Esse marco regulatório visa promover a conservação da biodiversidade e melhorar o manejo dos recursos ambientais e naturais do Cerrado, fundamentado em políticas e práticas apropriadas. Com isso, será possível orientar o uso da terra, convergindo e maximizando potenciais produtivos com inclusão social e eficiência na conservação dos ecossistemas.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a cobertura da terra por região hidrográfica do Cerrado em função do mapeamento TerraClass Cerrado e agrupar regiões hidrográficas em função das métricas de fragmentação dos fragmentos da classe Natural.

2. Área de estudo

Este trabalho foi realizado considerando, como unidade de estudo, as regiões hidrográficas (R.H.) do Cerrado (Figura 1): Amazônica, Atlântico Leste, Atlântico Nordeste Ocidental, Paraguai, Paraná, Parnaíba, São Francisco e Tocantins/Araguaia. A R.H. Tocantins/Araguaia possui a maior proporção de sua área total inserida dentro do Cerrado (65%), bem como a maior abrangência dentro desse bioma (29%). A R.H. Amazônica possui apenas 4% de sua área total inserida dentro do limite do Cerrado e a R.H. Atlântico Leste possui a menor área (2%) dentro do bioma.

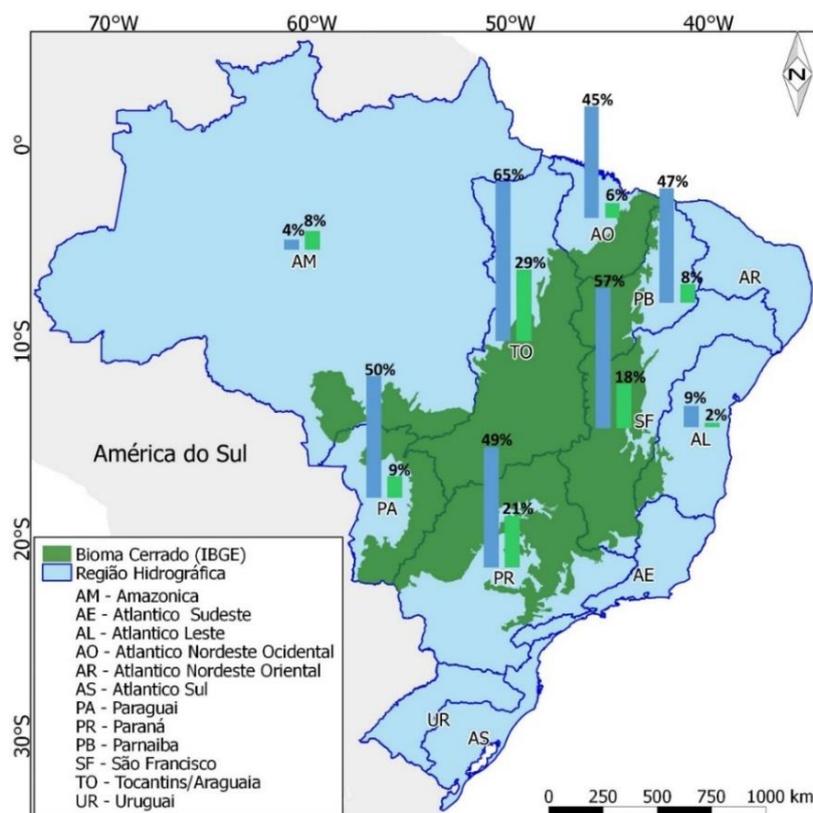


Figura 1 – Regiões hidrográficas do Brasil (Brasil, 2003) e o limite do Cerrado (IBGE, 2004). Barras azuis mostram a proporção da área da região hidrográfica dentro do Cerrado em relação à sua área total. Barras verdes mostram a proporção da região hidrográfica em relação à área do Cerrado.

3. Material e Métodos

3.1. Mapeamento do Uso e Cobertura Vegetal do Cerrado - TerraClass Cerrado

Neste trabalho, foi utilizada a primeira versão do projeto intitulado Mapeamento do Uso e Cobertura Vegetal do Cerrado - TerraClass Cerrado, realizado sob coordenação do MMA, técnicos do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), da Universidade Federal de Goiás (UFG) e da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). O projeto utilizou dados compatíveis com a escala cartográfica 1:250.000, utilizando 118 cenas do satélite Landsat 8, sensor *Operational Land Imager* (OLI), referentes ao ano de 2013, considerando a área mínima mapeável de 6,25 hectares. Esses esforços e competências geraram um mapeamento abrangendo a área contínua do Cerrado, que pode ser obtida gratuitamente da seguinte página eletrônica: <http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/dados/2013/mosaicos/>.

O mosaico referente ao Cerrado foi obtido em formato matricial e posteriormente convertido para o formato vetorial por meio do algoritmo **r.to.vect** disponível no *software* GRASS GIS 7.0 para transformação em “Área” e com suavização de canto das áreas das feições, considerando os valores da matriz como categorias. Nos polígonos gerados, foram atribuídas as classes referentes à legenda também disponibilizada juntamente com a matriz do TerraClass Cerrado, com as seguintes macroclasses: 1) cobertura antrópica: Agricultura anual, Agricultura perene, Área urbanizada, Mineração, Mosaico de ocupações, Outros, Pastagem, Silvicultura e Solo exposto; 2) cobertura natural: Florestal e Natural não-vegetado. Além dessas classes, foram identificadas ainda as classes Corpo d’água e Não-observado. As definições e características dessas classes podem ser encontradas na publicação oficial por meio da página eletrônica http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/Metodologia_TCCerrado_2013.pdf. Para o cálculo da área, os dados vetoriais foram projetados para o sistema de projeção *South America Albers Equal Area Conic* (padrão EPSG: 102033).

3.2. Configuração espacial dos fragmentos naturais das regiões hidrográficas

A avaliação da configuração espacial dos fragmentos da classe Natural foi baseada nos dados produzidos pela extensão *Patch Analyst* (Rempel et al., 2012), uma extensão aplicada ao programa ArcMap®. As oito métricas geradas por essa extensão são descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição das métricas de paisagem geradas para as classes de cobertura natural.

| Sigla | Unidade | Descrição |
|-------|-------------|---|
| MPAR | m/ha | Somatório da razão perímetro/área, dividido pelo número de fragmentos |
| TE | km | Total de borda (perímetro) dos fragmentos |
| ED | m/ha | Quantidade de borda relativa à área da paisagem |
| MPE | m/fragmento | Média da quantidade de borda por fragmento |
| MPS | ha | Tamanho médio dos fragmentos de uma classe |
| NumP | Quantidade | Número total de fragmentos de uma classe |
| MedPS | ha | Mediana do tamanho do fragmento |
| PSSD | ha | Desvio-padrão das áreas dos fragmentos |

Após a geração e organização das métricas, foi realizada uma análise de agrupamento por meio dos pacotes *labdsv* e *vegan* do Programa R (*R Development Core Team*, 2013). A primeira etapa foi a padronização das variáveis pela média e desvio-padrão, seguida da geração da matriz de distância euclidiana por meio do método *average*, para a posterior geração do dendrograma, considerando o limiar de 3,0 para a discriminação dos agrupamentos.

4. Resultados e Discussão

4.1. TerraClass e as regiões hidrográficas do Cerrado

No domínio da macroclasse Antrópica, a R.H. Amazônica apresentou a maior cobertura da classe Agricultura anual (~ 24%). Por outro lado, as R.H. do Atlântico Leste e Atlântico Nordeste Ocidental tiveram menos de 1% dessa classe em suas respectivas áreas (Tabela 2 e Figura 2). Ainda dentro dessa macroclasse, a R.H. do Paraná apresentou as maiores proporções de Agricultura perene (~ 13%), Silvicultura (3,25%) e Área urbanizada (~ 1,2%). Além disso, essa R.H., juntamente com a do Paraguai, apresentaram a maior abrangência da classe Pastagem, cobrindo aproximadamente 43% da área de cada bacia.

Tabela 2 – Distribuição das classes do TerraClass Cerrado por região hidrográfica (km²).

| Cobertura | AM | AL | AO | PA | PR | PB | SF | TO | TOTAL |
|-----------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| Agricultura anual | 36.064 | 10 | 1.018 | 11.933 | 56.708 | 13.667 | 29.260 | 25.275 | 173.935 |
| Agricultura perene | 712 | 18 | 252 | 1.112 | 56.994 | 449 | 2.676 | 3.552 | 65.765 |
| Corpo d'água | 302 | 142 | 506 | 687 | 4.813 | 684 | 1.991 | 5.846 | 14.972 |
| Área urbanizada | 138 | 56 | 186 | 501 | 5.204 | 335 | 1.539 | 984 | 8.943 |
| Natural | 95.377 | 22.696 | 80.969 | 87.584 | 108.780 | 123.254 | 214.057 | 368.241 | 1.100.957 |
| Mineração | 10 | 0 | 12 | 32 | 80 | 5 | 65 | 78 | 281 |
| Mosaico de ocupações | 54 | 6 | 143 | 351 | 1.146 | 244 | 154 | 260 | 2.359 |
| Não observado | 936 | 895 | 12.779 | 362 | 1.490 | 1.282 | 2.224 | 4.800 | 24.768 |
| Natural não florestal | 1 | 1 | 764 | 0 | 0 | 144 | 1.244 | 420 | 2.574 |
| Outros | 4 | 2 | 7 | 2 | 19 | 22 | 8 | 9 | 72 |
| Pastagem | 20.000 | 4.979 | 22.694 | 78.424 | 187.864 | 10.482 | 101.479 | 177.179 | 603.102 |
| Silvicultura | 279 | 4.205 | 654 | 859 | 14.211 | 308 | 9.012 | 1.561 | 31.089 |
| Solo exposto | 325 | 126 | 114 | 105 | 540 | 94 | 1.475 | 808 | 3.587 |
| TOTAL | 154.201 | 33.137 | 120.098 | 181.952 | 437.849 | 157.813 | 365.185 | 589.013 | 2.032.404 |

Legenda: AM - Amazônica; AL – Atlântico Leste; AO – Atlântico Nordeste Ocidental; PA – Paraguai; PR – Paraná; PB - Parnaíba; SF – São Francisco; TO – Tocantins/Araguaia.

Em relação à macroclasse Natural, foi observada uma cobertura média de cerca de 60% da classe Natural nas oito bacias avaliadas, sendo que apenas as R.H. do Paraguai (~ 48%) e Paraná (~ 25%) apresentaram proporções inferiores a 50% de suas respectivas áreas. Por outro lado, a R.H. do Parnaíba apresentou a maior proporção da classe Natural, abrangendo pouco mais de 80% de sua área. Esses resultados estão de acordo com os resultados obtidos por Sano et al. (2010), que constataram que a porção norte do Cerrado (Parnaíba) encontra-se em estado mais conservado do que a parte sul (Paraguai e Paraná) desse bioma (Figura 2).

Apesar da integridade da R.H. do Parnaíba, deve-se destacar que em sua área está inserida a fronteira agrícola mais recente, conhecido como MATOPIBA (sigla para a junção dos estados Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia). A abertura dessa fronteira foi intensificada na última década, principalmente sobre as chapadas cobertas pela fitofisionomia Cerrado sentido restrito. Mesmo com o tempo de ocupação relativamente curto para a consolidação de atividades agrícolas de larga escala, é possível observar que a classe Agricultura anual já cobre uma área na ordem de 10% dessa região hidrográfica (Figura 2).

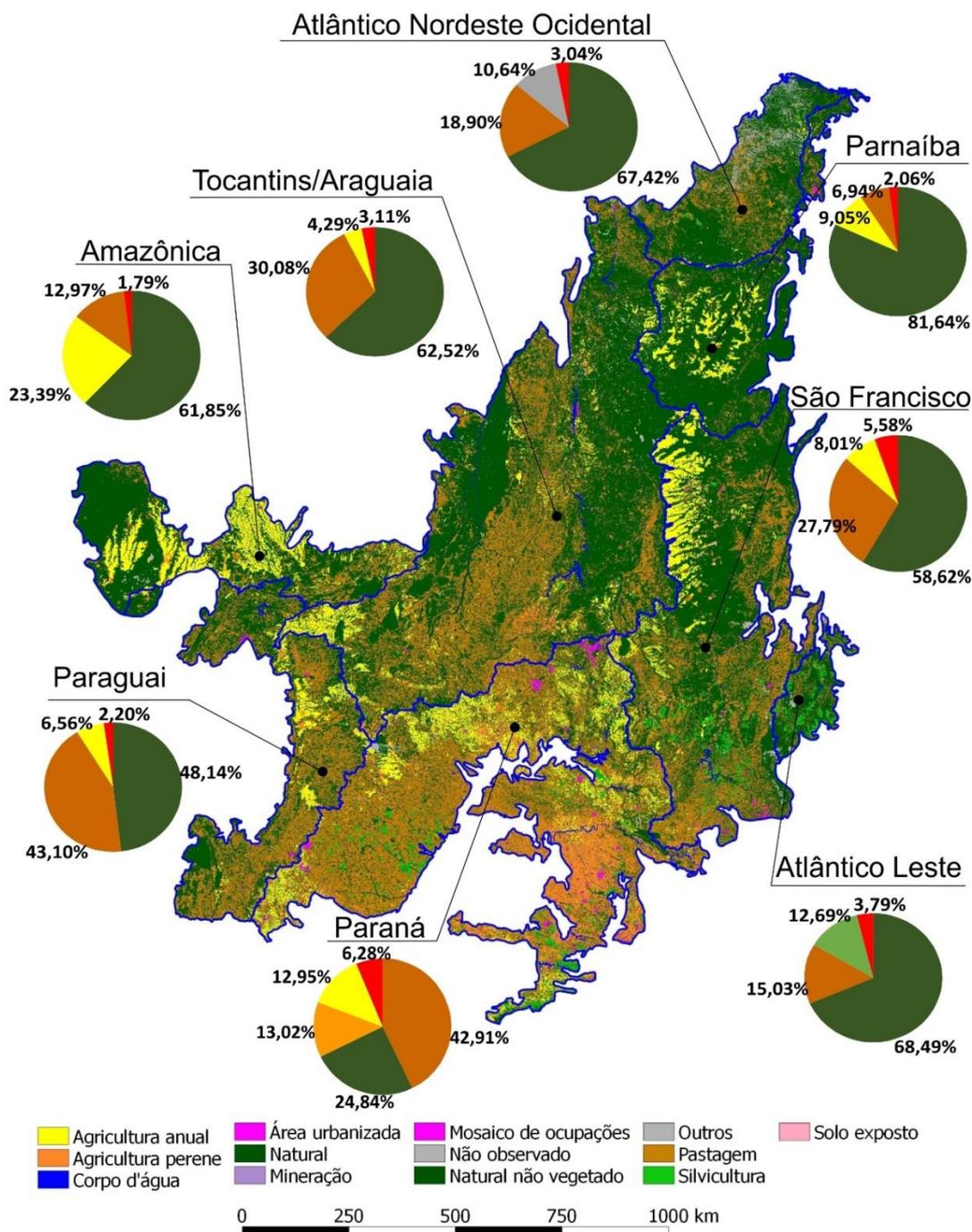


Figura 2 – Uso e cobertura da terra por região hidrográfica, de acordo com o projeto de mapeamento TerraClass Cerrado (2013). As proporções em percentual das classes mapeadas são mostradas em gráficos circulares, onde as cores correspondentes à legenda do mapa. As frações em vermelho representam associações de classes com menos de 1% de representatividade.

Na Figura 2 é possível observar que os aspectos fisiográficos das regiões hidrográficas condicionam os padrões espaciais da cobertura da terra. Esses padrões evidenciam aspectos estruturais (e.g. continuidade do relevo; condições edáficas), funcionais (e.g. cobertura natural; fluxo gênico) e culturais (e.g. histórico das ocupações antrópicas; tecnologia agropecuária).

4.2. Configuração espacial dos fragmentos naturais das regiões hidrográficas

A R.H. do Paraná apresentou mais de 113.000 fragmentos da classe Natural. Por outro lado, as R.H. do Atlântico Leste (~ 4.900) e do Parnaíba (~ 4.500) apresentaram os menores números de fragmentos (Tabela 3).

Tabela 3 – Métricas dos fragmentos de cobertura vegetal natural do Cerrado por região hidrográfica.

| R.H. | MPAR | TE | ED | MPE | MPS | NumP | MedPS | PSSD |
|------|------|---------|------|--------|-------|---------|-------|---------|
| AM | 369 | 125.997 | 8,1 | 22.004 | 1.684 | 5.726 | 11,0 | 82.756 |
| AL | 879 | 56.458 | 17,1 | 11.513 | 460 | 4.904 | 0,3 | 28.082 |
| AO | 506 | 217.475 | 17,5 | 16.293 | 627 | 13.348 | 8,6 | 64.000 |
| PA | 612 | 316.458 | 17,6 | 13.244 | 362 | 23.894 | 10,2 | 34.083 |
| PR | 461 | 838.036 | 19,6 | 7.408 | 94 | 113.125 | 10,4 | 2.968 |
| PB | 694 | 112.425 | 7,2 | 24.834 | 2.798 | 4.527 | 2,4 | 180.658 |
| SF | 661 | 598.794 | 16,4 | 9.472 | 340 | 63.215 | 5,8 | 50.179 |
| TO | 506 | 956.386 | 16,0 | 12.725 | 497 | 75.156 | 8,5 | 69.710 |

R.H. – Região Hidrográfica; AM - Amazônica; AL – Atlântico Leste; AO – Atlântico Nordeste Ocidental; PA – Paraguai; PR – Paraná; PB - Parnaíba; SF – São Francisco; TO – Tocantins/Araguaia; MPAR - Somatório da razão perímetro/área dividido pelo número de fragmentos (m/ha); TE - Total de borda (perímetro) dos fragmentos (km); ED - Quantidade de borda relativa à área da região hidrográfica (m/ha); MPE - Média da quantidade de borda por fragmento (m/fragmento); MPS - Número total de fragmentos de uma classe; MedPS - Mediana do tamanho do fragmento (ha); PSSD – Desvio-padrão das áreas dos fragmentos (ha).

As R.H. do Parnaíba e Amazônica apresentaram as menores quantidades de borda (ED): 7,245 e 8,086, respectivamente. Por outro lado, essas bacias hidrográficas apresentaram os maiores valores médios das bordas por fragmento (MPE), tamanhos médios de fragmentos (MPS) e desvio-padrão das áreas dos fragmentos (PSSD) (Tabela 3).

Considerando todas as métricas dos fragmentos da classe Natural, foram identificados quatro agrupamentos de regiões hidrográficas (Figura 3): 1) Paraná; 2) Atlântico Leste e São Francisco; 3) Atlântico Nordeste Ocidental, Paraguai e Tocantins/Araguaia; 4) Amazônica e Parnaíba.

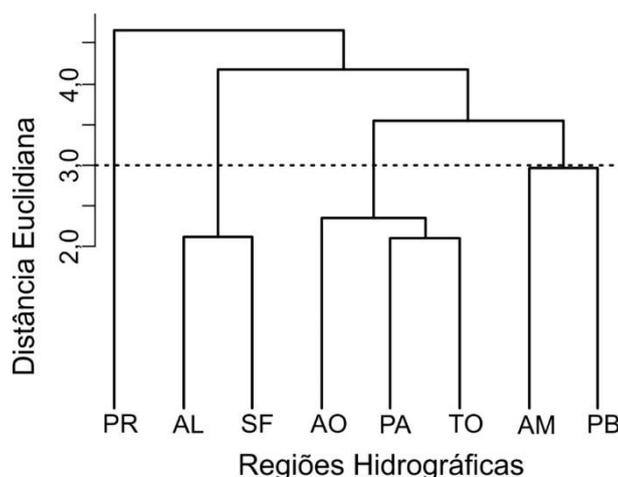


Figura 3 – Dendrograma referente às métricas dos fragmentos de cobertura vegetal natural do Cerrado por Região Hidrográfica. Legenda: AM - Amazônica; AL – Atlântico Leste; AO – Atlântico Nordeste Ocidental; PA – Paraguai; PR – Paraná; PB - Parnaíba; SF – São Francisco; e TO – Tocantins/Araguaia.

A R.H. do Paraná destacou-se principalmente pela combinação do maior número de fragmentos, maior total de borda e quantidade de borda por área. Esses valores refletem o maior grau de ocupação humana dentre as demais bacias, com destaque para a Pastagem (~ 43%), Agricultura perene (~ 13%) e Agricultura anual (~ 13%). Essa ocupação é devida às feições planas de solos férteis encontrados nessa bacia. Os grupos 2 e 3 apresentaram alta similaridade, especialmente em relação às métricas de borda, sendo que esses agrupamentos possuíam continuidade espacial (Figura 2). O grupo 4 (R.H. Parnaíba e Amazônica) apresentou as menores quantidades de borda e os maiores valores de tamanho das bordas e dos fragmentos. Isso significa que quanto menores os valores dessas métricas de bordas maior será o potencial para as alterações da cobertura da terra, especialmente a abertura de novas área para as atividades agrícolas em futuro próximo.

5. Conclusão

A análise do mapeamento TerraClass Cerrado por regiões hidrográficas evidenciou que as características fisiográficas condicionaram a ocupação antrópica e a configuração espacial dos fragmentos das classes de cobertura vegetal natural. As regiões hidrográficas localizadas na porção norte (Amazônica, Atlântico Nordeste Ocidental, Parnaíba e Tocantins/Araguaia) apresentaram as maiores extensões de cobertura vegetal natural, cobrindo mais de 60% das respectivas áreas. As regiões hidrográficas da porção sul (Paraguai, Paraná, São Francisco) apresentaram os maiores graus de ocupação antrópica, com área que poderiam ultrapassar 60%, como por exemplo, região hidrográfica do Paraná. A quantidade de borda (ED) foi a métrica predominantes para a separação dos agrupamentos. Essa abordagem contribuiu para a compreensão dos resultados do mapeamento do TerraClass Cerrado dentro do contexto ambiental das regiões hidrográficas com território integrador do clima, litologia, relevo, solo e organismos.

Referências Bibliográficas

- Arruda, M.B.; Proença, C.E.B.; Rodrigues, S.; Martins, E.S.; Martins, R.C.; Campos, R.N. Ecorregiões, unidades de conservação e representatividade ecológica do bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F. (eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. 1. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. Cap. 8, p. 230-272.
- Brannstrom, C.; Jepson, W.; Filippi, A.M.; Redo, D; Xu, Z.; Ganesh, S. Land change in the Brazilian savanna (Cerrado), 1986-2002: comparative analysis and implication for land-use policy. **Land Use Policy**, v.25, p.579-595, 2008.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Mapeamento de uso e cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013. Brasília: MMA, 2015, 69p. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/Metodologia_TCCerrado_2013.pdf>. Acesso em 14 nov. 2016.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº32. Brasília: CNRH, 2003. Disponível em <http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=74>. Acesso em 14 nov. 2016.
- IBGE. 2004. Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtml>>. Acesso em 14 nov. 2016.
- Jepson, W. A disappearing biome? Reconsidering land-cover change in the Brazilian savanna. **The Geographical Journal**, v.171, n.2, p.99-111, 2005.
- Klink, C.; Machado, R. Conservation of Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v.19, p.707-713, 2005.

Lima, J.E.F.W; Silva, E.M. Recurso hídricos do Bioma Cerrado: importância e situação. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F. (eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. 1. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. Cap. 4, p. 90-107.

Mantovani, J.E.; Pereira, A. Estimativa da integridade da cobertura de vegetação do Cerrado através de dados Landsat - TM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9, 1998, Santos, **Anais...** São José dos Campos, INPE, 1998. Artigos, 1455-1466 CD-ROM, Online, ISBN 85-17-00015-3. Disponível em <http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.11.10.57/doc/2_168p.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2016.

Rempel R.S.; Kaukinen D.; Carr, A.P. **Patch Analyst and Patch Grid**. Ontario Ministry of Natural Resources, Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario, 2012. Disponível em <http://www.cnfer.on.ca/SEP/patchanalyst/Patch5_2_Install.htm>. Acesso em 14 nov. 2016.

Ribeiro, J.F.; Walter, B.M.T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F. (eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. Cap. 6, p.151-212.

Sano, E.E.; Rosa, R.; Brito, J.L.; Ferreira, L.G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, p. 113-124, 2010.

Silva, J.F.; Fariñas, M.R.; Felfili, J.M.; Klink, C.M. 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.