

## ANÁLISE DAS MUDANÇAS DO USO E COBERTURA DA TERRA NO ESTADO DE MATO GROSSO POR MEIO DO GEOPORTAL TERRACLASS

João Francisco Gonçalves Antunes<sup>1</sup>, Júlio César Dalla Mora Esquerdo<sup>1</sup>, Alexandre Camargo Coutinho<sup>1</sup>, João Luís dos Santos<sup>2</sup>, Talita Nogueira Terra Parizzi<sup>2</sup>, Lídia Sanches Bertolo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Informática Agropecuária, Av. André Tosello, 209, Caixa Postal: 6041, CEP: 13083-886 - Campinas, SP, Brasil, {joao.antunes, julio.esquerdo, alex.coutinho}@embrapa.br; <sup>2</sup>Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologias Espaciais - FUNCATE, Av. Dr. João Guilhermino, 429, CEP: 12210-131, São José dos Campos, SP, Brasil, {jlsantos1905, talitanogueiraterra, bertolo.lidia}@gmail.com

### RESUMO

O estado de Mato Grosso passou por um rápido processo de conversão da cobertura vegetal nas últimas décadas, ainda pouco estudado. O Projeto TerraClass tem sido responsável pelo mapeamento do uso e cobertura da terra na porção desflorestada da Amazônia Legal. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi analisar as mudanças do uso e cobertura da terra no estado de Mato Grosso por meio do GeoPortal TerraClass, de 2004 a 2014. A classe temática que mais ganhou espaço foi a Cultura Agrícola Temporária, com 22.714,67 km<sup>2</sup>, representando um crescimento de 151,08%, ocupando principalmente áreas da classe temática Pastagem Cultivada Herbácea, evidenciando o processo de transição do sistema de produção da pecuária para o sistema de produção agrícola no estado. Nesse período de 10 anos o desmatamento apresentou uma redução significativa de 92,48%. Os resultados mostraram o potencial do GeoPortal TerraClass no apoio à gestão territorial.

**Palavras-chave** — mapeamento, sistema de geoinformações, diagrama de Sankey, gestão territorial.

### ABSTRACT

*The state of Mato Grosso has experienced a rapid process of land cover conversion in the last decades, which is still poorly studied. TerraClass Project has been responsible for mapping the land use and land cover (LULC) in the deforested portion of the Legal Amazon. In this context, the objective of this work was to analyze the LULC change in state of Mato Grosso using the GeoPortal TerraClass, from 2004 to 2014. The thematic class that more expanded was Temporary Crop Cultivation, with 22,714.67 km<sup>2</sup>, representing a growth of 151.08%, mainly occupying the areas of the Cultivated Herbaceous Pasture thematic class, highlighting the process of change from the livestock production system to the agricultural production system in the state. The results showed the potential of GeoPortal TerraClass to support the land management.*

**Keywords** — mapping, geoinformation system, Sankey diagram, land management.

### 1. INTRODUÇÃO

O bioma Amazônia vem sofrendo modificações antrópicas que colocam em risco a sua rica biodiversidade, seus abundantes recursos hídricos e as suas extensas florestas tropicais úmidas [1]. O estado de Mato Grosso experimentou nas últimas décadas uma rápida conversão da cobertura vegetal, também nos limites territoriais da Amazônia Legal, provocando grandes dinâmicas da paisagem, em detrimento da conservação dos recursos naturais do ecossistema amazônico, que é um dos mais importantes do planeta [2].

Entretanto, estudos da qualificação do desflorestamento e dos padrões das mudanças na Amazônia ainda são raros. As informações sobre a caracterização do histórico de uso e cobertura da terra são necessárias para verificar os fatores responsáveis pelo desmatamento e avaliar as implicações ambientais, de forma a criar subsídios para delinear estratégias de planejamento da paisagem, uma vez que essas mudanças influenciam na diversidade biológica, no clima, nos ciclos da água e nos estoques de carbono [3].

O Projeto TerraClass, uma parceria entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), iniciada em 2010, tem sido responsável pela execução dos mapeamentos oficiais do uso e cobertura da terra das áreas desflorestadas da Amazônia Legal [4], [5], que são mapeadas pelo Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (Prodes) [6].

Com o crescimento das aplicações Web para a obtenção e visualização de dados geoespaciais, bem como a disseminação de bases geográficas, tem havido a busca por soluções de geotecnologias mais eficientes para disponibilização das informações do Projeto TerraClass. Para atender essa demanda foi desenvolvido o GeoPortal TerraClass, que apresenta informações sobre o projeto e instituições parceiras, descrição e fotos da nova legenda das classes temáticas, obtenção dos dados e, também, oferece um sistema de geoinformações Web destinado a facilitar o acesso aos dados geoespaciais, permitindo obter informações espacializadas dos mapeamentos de forma rápida, simples e intuitiva, assim como avaliar a dinâmica de uso e cobertura da terra entre os mapeamentos [7].

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi analisar as mudanças do uso e cobertura da terra no estado de Mato Grosso por meio do GeoPortal TerraClass.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo corresponde ao estado de Mato Grosso, que possui o segundo maior índice de desmatamento da Amazônia Legal, com uma taxa acumulada estimada pelo Prodes de 1988 até 2017 de 142.967 km<sup>2</sup>, equivalente a 33,3% de todo o desflorestamento da região [8].

A economia do estado de Mato Grosso tem como principal atividade a agricultura, também com bastante destaque para a pecuária e o extrativismo mineral, tendo passado nos últimos anos por expressivos processos de transição relacionados à constante ascensão do agronegócio. A ocupação do estado foi fomentada por ações da política federal de colonização dos “espaços vazios” do Centro-Oeste e pela construção dos grandes eixos rodoviários para canalizar o escoamento da produção [9].

A dinâmica do uso e cobertura da terra no estado de Mato Grosso foi analisada por meio do sistema de geoinformações Web do GeoPortal TerraClass, que disponibiliza os mapeamentos dos anos de 2004, 2008, 2010, 2012 e 2014, oferecendo também um conjunto de ferramentas para análise espacial, conforme interface apresentada na Figura 1.

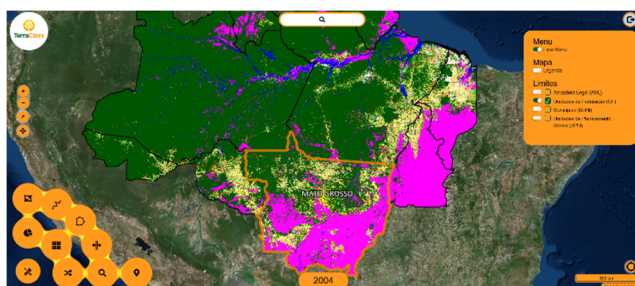


Figura 1. Interface do sistema de geoinformações Web do GeoPortal TerraClass.

Os mapas disponíveis referem-se à segunda versão dos dados TerraClass Amazônia, gerados na resolução espacial de 30 m, os quais passaram por aprimoramentos na qualidade da classificação e por ajustes das classes temáticas, obtendo acurácia global em torno de 90%. As novas legendas são as seguintes: Vegetação Natural Florestal Primária; Vegetação Natural Florestal Secundária; Silvicultura; Pastagem Cultivada Arbustiva; Pastagem Cultivada Herbácea; Cultura Agrícola Perene; Cultura Agrícola Semiperene; Cultura Agrícola Temporária; Mineração; Urbanizada; Outros; Não Observado; Desflorestamento no Ano; Não Floresta; e Corpo d'Água.

O sistema de geoinformações Web foi desenvolvido a partir de ferramentas de código aberto, com os dados armazenados em um banco de dados PostgreSQL, o qual utiliza as funcionalidades da extensão PostGIS para otimizar

as consultas espaciais na identificação das classes temáticas, conforme metodologia implementada por [10]. Além da visualização das camadas de cada ano, o sistema disponibiliza ferramentas para consolidação das informações dos mapas a partir de diferentes recortes geográficos e a geração da matriz de transições que representa a dinâmica entre as classes entre pares de anos.

Para subsidiar a análise das transições do uso e cobertura da terra, o sistema também permite gerar o diagrama de Sankey, inicialmente proposto por [11] para representar o fluxo de energia e sua distribuição ao longo de várias direções. Cada direção é representada por uma linha, cuja espessura indica a sua proporção ou quantidade de energia. Linhas mais espessas representam maior quantidade de energia sendo transmitida naquela direção, enquanto que linhas mais finas representam menor energia transmitida.

O diagrama de Sankey foi implementado no sistema de geoinformações Web por meio da biblioteca D3 [12], em que a variável adotada é a área e a origem/destino são as classes temáticas. Dessa forma, o diagrama é capaz de representar o fluxo de transições de áreas entre as classes temáticas ao longo de todos os anos, possibilitando a visualização no mapa das áreas relacionadas à transição selecionada, nos diferentes recortes geográficos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra as áreas (km<sup>2</sup>) das classes temáticas de uso e cobertura da terra no estado de Mato Grosso nos anos de 2004 e 2014, obtidas do sistema de geoinformações Web.

Tabela 1. Área das classes temáticas de uso e cobertura da terra no Mato Grosso nos anos de 2004 e 2014.

Classe temática / Ano	Mato Grosso Área (km <sup>2</sup> )		
	2004	2014	Dinâmica
Veg. Florestal Primária	337.088,92	310.987,33	-26.101,59
Veg. Florestal Secundária	18.223,93	31.972,36	13.748,43
Silvicultura	49,11	202,87	153,77
Pastagem Cult. Arbustiva	24.901,15	17.517,23	-7.383,91
Pastagem Cult. Herbácea	108.725,90	115.559,78	6.833,88
Cultura Agrícola Perene	0,00	0,43	0,43
Cultura Agr. Semiperene	1.547,53	1.867,22	319,69
Cultura Agr. Temporária	15.034,54	37.749,21	22.714,67
Mineração	295,20	368,28	73,08
Urbanizada	366,38	653,31	286,93
Outros	513,50	1.736,64	1.223,14
Não Observado	2.238,80	1.459,65	-779,15
Desflorestamento no Ano	12.167,27	1.077,91	-11.089,37
Não Floresta	377.317,84	377.317,84	0,00
Corpo d'Água	4.739,85	4.739,85	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>903.209,93</b>	<b>903.209,93</b>	<b>0,00</b>

A Figura 2 exhibe os gráficos de setores gerados pelo sistema de geoinformações Web, mostrando as frequências relativas mais relevantes das classes temáticas de uso e cobertura da terra no estado de Mato Grosso nos anos 2004 e 2014.

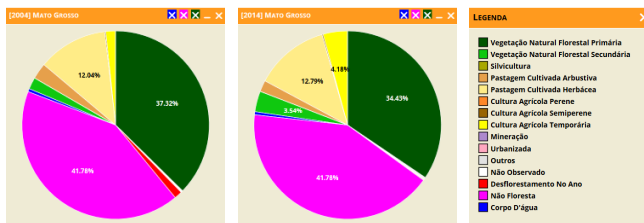


Figura 2. Frequências das classes de uso e cobertura da terra no Mato Grosso nos anos 2004 e 2014.

Pelos resultados apresentados na Tabela 1 e na Figura 2, é possível verificar que o Mato Grosso perdeu 26.101,59 km<sup>2</sup>, ou seja, 7,74% da classe temática Vegetação Natural Florestal Primária de 2004 a 2014. Porém, nesse período, o desflorestamento apresentou uma grande redução de 91,14%, relacionada às ações do governo e da sociedade civil no combate ao desmatamento na Amazônia, como o PPCDAm [13] e a Moratória da Soja [14].

A classe temática Vegetação Natural Florestal Secundária obteve um ganho de 13.748,43 km<sup>2</sup>, correspondente a 75,44% de áreas onde houve corte raso da floresta detectado pelo monitoramento do Prodes, que se encontram em processo de regeneração.

Nesse período de 10 anos ocorreu um aumento extremamente significativo da classe temática Cultura Agrícola Temporária, que é constituída por grandes cultivos da agricultura anual empresarial de grãos (soja, milho, arroz, feijão, sorgo) e fibras (algodão), sendo a que mais cresceu em termos relativos e absolutos. Em 2004, essa classe temática estava presente em 2,88% do território do estado e passou para 7,24% em 2014, ganhando 22.714,67 km<sup>2</sup> em área, o que representou um crescimento de 151,08%. Essa enorme expansão concentra-se nos polos de produção agrícola localizados nas mesorregiões Norte e Nordeste do Mato Grosso, com destaque para os municípios de Sorriso, Sapezal, Primavera do Leste, Lucas do Rio Verde, Nova Mutum, Campo Novo dos Parecis, Querência e Sinop.

A classe temática Pastagem Cultivada Arbustiva perdeu espaço no Mato Grosso no período analisado, passando de 4,78% em 2004 para 3,36% em 2014, ou seja, uma redução de 7.383,91 km<sup>2</sup>, correspondente a 29,65%. Já a classe temática Pastagem Cultivada Herbácea ganhou 6.833,88 km<sup>2</sup>, passando de 20,86% para 22,17%, um acréscimo de 6,28% de 2004 a 2014.

O crescimento na produção agrícola normalmente está associado à incorporação de áreas anteriormente destinadas a pecuária. Para um melhor entendimento dos processos da dinâmica entre as classes temáticas, foi gerada uma matriz de transições a partir do sistema de geoinformações Web, que cruza os resultados dos mapeamentos de 2004 e 2014, mostrada na Figura 3. A diagonal principal apresenta as áreas que se mantiveram constantes entre os mapeamentos, o que corresponde a 81,17%, enquanto que os valores fora da diagonal principal apresentam as transições entre as classes temáticas no período de 10 anos, representando 18,83% do total das áreas.

	Vegetação Natural Florestal Primária	Vegetação Natural Florestal Secundária	Silvicultura	Pastagem Cultivada Arbustiva	Pastagem Cultivada Herbácea	Cultura Agrícola Perene	Cultura Agrícola Semipereña	Cultura Agrícola Temporária	Mineração	Urbanizada	Outros	Não Observado	Desflorestamento No Ano	Não Floresta	Corpo D'água
Vegetação Natural Florestal Primária	216887.33	4924.59	4.21	3517.07	12793.81	0.02	17.57	2976.79	25.41	12.77	243.62	507.83	1077.91	33788.92	
Vegetação Natural Florestal Secundária	11592.35	14.96	1469.28	3774.41	-	58.81	1183.86	23.81	14.75	181.87	111.49	-	-	18223.93	
Silvicultura	-	-	48.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.11	
Pastagem Cultivada Arbustiva	-	7094.57	42.56	4011.06	11235.03	0.26	47.51	1789.65	29.17	24.64	432.84	214.32	-	24901.15	
Pastagem Cultivada Herbácea	-	6344.90	89.20	7355.19	83243.83	0.16	562.93	12777.65	94.43	196.91	645.96	473.51	-	108725.90	
Cultura Agrícola Perene	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cultura Agrícola Semipereña	-	12.48	0.02	25.60	151.17	-	1198.48	152.30	0.81	0.57	-	6.95	-	1547.53	
Cultura Agrícola Temporária	-	117.23	1.26	11.80	453.78	-	9.27	14416.55	0.17	13.69	1.93	8.85	-	10314.54	
Mineração	-	29.47	-	18.26	34.14	-	1.87	170.75	5.97	8.30	1.95	-	-	292.20	
Urbanizada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	356.24	-	0.14	-	366.38	
Outros	-	118.24	0.11	57.30	182.47	-	1.19	26.48	6.16	2.24	118.03	1.18	-	513.50	
Não Observado	-	327.48	-	186.84	909.97	-	25.78	751.01	4.64	6.21	38.75	38.11	-	2238.80	
Desflorestamento No Ano	-	1741.22	2.35	864.90	5476.77	-	5.92	3494.14	6.93	9.61	65.33	97.11	-	12127.22	
TOTAL	310987.33	31972.35	202.87	17517.23	115559.78	0.43	1807.22	37498.21	388.28	633.31	1738.64	1459.65	1077.91	32192.23	

Figura 3. Matriz de transições entre as classes temáticas de uso e cobertura da terra no Mato Grosso entre os anos 2004 e 2014.

Pela Figura 3 é possível verificar que a classe temática Pastagem Cultivada Herbácea ocupava em 2014 12.793,81 km<sup>2</sup>, que eram da classe temática Vegetação Natural Florestal Primária em 2004. Apesar do tempo decorrido entre esses mapeamentos ser de 10 anos, é possível afirmar com base no histórico de ocupação do Mato Grosso, que esta dinâmica é predominante no estado, representando 13,01% do total.

Também é possível constatar que a maior parte das novas áreas da classe temática Cultura Agrícola Temporária em 2014, 12.777,65 km<sup>2</sup> estão presentes em áreas que eram da classe temática Pastagem Cultivada Herbácea em 2004, igualmente considerada uma dinâmica característica do Mato Grosso, correspondente a 13,01% do total.

Do total de área da classe temática Pastagem Cultivada Herbácea em 2014, 11.235,03 km<sup>2</sup> faziam parte da classe temática Pastagem Cultivada Arbustiva em 2004, o que corresponde a 11,44% do total da dinâmica, indicando a consolidação de áreas de produção da pecuária.

No entanto, não é possível dizer que tais transições tenham ocorrido de forma direta entre uma classe temática para outra ao longo do tempo. Para embasar esta discussão, a Figura 4 apresenta o diagrama de Sankey multitemporal gerado pelo sistema de geoinformações Web, que possibilita uma análise detalhada das transições de uso e cobertura da terra considerando outros mapeamentos no período.

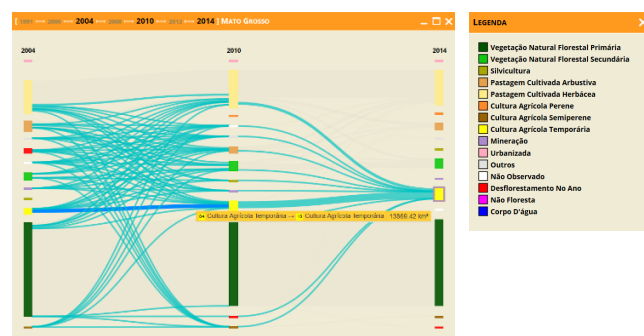


Figura 4. Diagrama de transições de Sankey gerado para os anos 2004, 2010 e 2014 no Mato Grosso e ativada a classe temática Cultura Agrícola Temporária no ano de 2014.

A Figura 4 mostra que foram selecionados os anos 2004, 2010 e 2014 da análise no Mato Grosso e ativada a classe temática Cultura Agrícola Temporária no ano de 2014. Posicionando-se o cursor sobre as linhas, pode-se observar os valores das transições. As linhas realçadas na coloração ciano representam a conversão de áreas em Cultura Agrícola Temporária. O maior fluxo em direção a esta classe temática em 2014 é originário da própria classe temática em 2004 e em 2010, indicando que 13.869,42 km<sup>2</sup> da área é mantida no período de 10 anos, o que está relacionado à intensificação da agricultura nos polos de produção já consolidados.

Além disso, pode-se verificar que o outro fluxo mais expressivo é proveniente da classe temática Pastagem Cultivada Herbácea em 2004, em que 6.931,02 km<sup>2</sup> são mantidos em 2010 e 9.994,18 km<sup>2</sup> são convertidos para a classe temática Cultura Agrícola Temporária em 2014, revelando que essa transição é uma das dinâmicas características do Mato Grosso, o que promove o aumento das áreas agrícolas associado à conversão de áreas antes destinadas à pecuária.

#### 4. CONCLUSÕES

Por meio de ferramentas computacionais do GeoPortal TerraClass, foi possível gerar informações de maneira rápida sobre o uso e cobertura da terra e suas transições no estado de Mato Grosso, no período de 2004 a 2014.

A classe temática que mais ganhou espaço foi a Cultura Agrícola Temporária, com 22.714,67 km<sup>2</sup>, representando um crescimento de 151,08%, onde 12.777,68 km<sup>2</sup> ocuparam áreas da classe temática Pastagem Cultivada Herbácea, evidenciando o processo de transição do sistema de produção da pecuária para o sistema de produção agrícola no estado.

Apesar do Mato Grosso ter perdido 26.101,59 km<sup>2</sup> da Vegetação Natural Florestal Primária nesse período de 10 anos, principalmente para Pastagem Cultivada Herbácea, os desflorestamentos apresentaram uma redução bastante significativa de 91,14%, que está relacionada às ações no combate ao desmatamento na Amazônia. Além disso, a Vegetação Natural Florestal Secundária obteve um ganho de 13.748,43 km<sup>2</sup>, correspondente a 75,44% de áreas que se encontram em processo de regeneração.

Os resultados mostraram o potencial de análise proporcionado pelo sistema de geoinformações Web no apoio à gestão territorial, principalmente com a inovação do diagrama de transições de Sankey multitemporal.

O GeoPortal também irá disponibilizar em breve os mapeamentos do ano 1991 e 2000 do TerraClass Amazônia.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] Fearnside, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazonica*, v. 36, n. 3, p. 395-400, 2006.
- [2] Becker, B. K. Geopolítica da Amazônia. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 19, n. 53, p. 71-86, 2005.
- [3] Lambin, E. F.; Geist, H. J. *Land-Use and Land-Cover Change: local processes and global impacts*. Springer Science & Business Media, 2006.
- [4] Coutinho, A. C.; Almeida, C. A.; Venturieri, A.; Esquerdo, J. C. D. M.; Silva, M. *Uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal: TerraClass 2008*. 1. ed. v. 1. 108p. Brasília-DF, Belém-PA: Embrapa, INPE, 2013.
- [5] Almeida, C. A.; Coutinho, A. C.; Esquerdo, J. C. D. M.; Adami, M.; Venturieri, A.; Diniz, C. G.; Dessay, N.; Durieux, L.; Gomes, A. R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. *Acta Amazonica*, v. 46, n. 3, p. 291-302, 2016.
- [6] INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). *PRODES*. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>. Acesso em: 4 jul. 2017.
- [7] Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária); INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). *GeoPortal TerraClass*. Disponível em: <<https://www.terraclass.gov.br>>. Acesso em: 12 nov. 2018.
- [8] INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). *Taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal Brasileira (AMZ)*. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/dashboard/prodes-rates.html>>. Acesso em: 28 jun. 2018.
- [9] Chiovetto, M. O. T. *Desenvolvimento rural no Mato Grosso e seus biomas*. 245 p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2014.
- [10] Santos, J. L. dos; Antunes, J. F. G.; Esquerdo, J. C. D. M.; Coutinho, A. C.; Maziero, L. P. Otimização de um banco de dados geográficos utilizando PostGIS. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. *Anais...*, São José dos Campos/SP. Anais... São José dos Campos/SP: INPE, 2017.
- [11] Schmidt, M. The Sankey diagram in energy and material flow management: Part I: History. *Journal of Industrial Ecology*, v. 12, n. 1, p. 82-94, 2008.
- [12] Bostock, M. *Data-Driven Documents*. Disponível em: <<https://d3js.org>>. Acesso em: 4 jul. 2018.
- [13] MMA (Ministério do Meio Ambiente). *Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm): 3ª fase (2012-2015) pelo uso sustentável e conservação da Floresta*. Grupo Permanente de Trabalho Interministerial. 174 p. Brasília: MMA, 2013.
- [14] Rudorff, B. F. T.; Adami, M.; Aguiar, D. A.; Moreira, M. A.; Mello, M. P.; Fabiani, L.; Amaral, D. F.; Pires, B. M. The Soy Moratorium in the Amazon Biome Monitored by Remote Sensing Images. *Remote Sensing*, n. 3, v. 1, p. 185-202, 2011.