

A utilização de índices de vegetação em uma tentativa de mapear o uso da terra e a cobertura vegetal

Jussara Santos Rosendo ^{1,2}
Roberto Rosa ¹

¹ Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Av. João Naves de Ávila, 2121 – Campus Santa Mônica Bloco H, Uberlândia – MG, Brasil
rrosa@ufu.br

² Faculdade de Ciências Integradas do Pontal – FACIP/UFU
Rua José João Dib, 2545 – B. Progresso, CEP: 38302-000 – Ituiutaba – MG, Brasil
jussara@pontal.ufu.br

Abstract: This present work describes the utilization the vegetation index, more specifically, NDVI and SAVI, to mapping land use and vegetation, with sensor MODIS/Terra. The study was developed based on the following steps: aquisition of MODIS products and their processing; obtaining of NDVI and SAVI vegetation index; preparation of land use and land cover maps; and applying sum the vegetation index. It was verified that the NDVI and SAVI presented very similar results. The vegetation index from June showed the following categories of land use and land cover: annual crops (35.8%); pasture/coffee/Cerrado (55.7%); irrigated crops (0.5%); forest/reforestation (5.6%); and water bodies (2.4%).

Palavras-chave: NDVI, SAVI, sensor MODIS, Araguari River – MG, NDVI, SAVI, sensor MODIS, Rio Araguari - MG

1. Introdução

De acordo com Ponzoni (2001), a “aparência” da cobertura vegetal em determinado produto de Sensoriamento Remoto é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais. O que é efetivamente medido por um sensor remotamente situado, oriundo de determinada vegetação, não pode ser explicado somente pelas características intrínsecas dessa vegetação, inclui também a interferência de vários outros parâmetros e fatores tais como a fonte de radiação, o espalhamento atmosférico, as características tanto da folha quanto do dossel, os teores de umidade, a interferência da reflectância do solo, sombra, entre outros.

Para minimizar a variabilidade causada pelos fatores externos, a reflectância espectral da cobertura vegetal tem sido transformada e combinada em vários índices de vegetação, os mais comumente empregados utilizam a informação contida nas reflectâncias de dosséis referentes às regiões do vermelho e do infravermelho próximo, as quais são combinadas sob a forma de razões.

Os índices de vegetação são transformações lineares de bandas espectrais, geralmente nas faixas do vermelho (V) e infravermelho próximo (IVP) do espectro eletromagnético (EPIPHANIO et al., 1996). Ainda de acordo com o referido autor, tais índices realçam, em geral, o comportamento espectral da vegetação e se correlacionam com os parâmetros biofísicos da vegetação, como biomassa, Índice de Área Foliar (IAF), percentagem de cobertura vegetal. Incluem também elevados graus de correlação com o vigor da vegetação verde, porcentagem de cobertura do solo, atividade fotossintética e produtividade.

As faixas do vermelho e do infravermelho próximo são mais utilizadas, por conter mais de 90% da variação da resposta espectral da vegetação; portanto, estes índices realçam o comportamento espectral da vegetação, correlacionando-os com os parâmetros biofísicos da mesma (ROSA, 2007).

As técnicas de realce de imagem por meio de índices de vegetação aumentam o brilho das áreas vegetadas, melhorando a aparência da distribuição espacial de informações das imagens,

tornando-as de fácil interpretação visual e computacional. No presente trabalho, foram utilizados os índices de vegetação NDVI e SAVI. O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) detém a habilidade para minimizar efeitos topográficos ao produzir uma escala linear de medida e possui a propriedade de variar entre -1 a +1 (quanto mais próximo de 1, maior a densidade de cobertura vegetal), o 0 representa valor aproximado para ausência de vegetação, ou seja, representa superfícies não vegetadas (Equação 1).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

O *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) possui a propriedade de minimizar os efeitos do solo de fundo no sinal da vegetação ao incorporar uma constante de ajuste de solo, o fator L no denominador da equação NDVI. O fator L varia com a característica da reflectância do solo (calor e brilho) e vai variar dependendo da densidade da vegetação que se deseja analisar. Para vegetação muito baixa, é sugerido utilizar o fator L = 1.0, para vegetação intermediária L = 0,5, para altas densidades L = 0,25. A utilização do L = 0 os valores do SAVI serão idênticos ao NDVI, e para o L = 100 os valores do SAVI serão aproximados ao do PVI. A equação do SAVI é escrita da seguinte maneira (Equação 2):

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} * (1 + L) \quad (2)$$

2. Metodologia do trabalho

2.1 Materiais

2.1.1 Documentos Cartográficos:

- Folhas Topográficas na escala de 1:100.000 e 1:250.000, disponíveis no laboratório de Cartografia do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia – UFU;
- Base cartográfica em meio digital, elaborada pelo Laboratório de Geoprocessamento do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia –UFU (LAGEO);
- Imagens do sensor MODIS/Terra (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), tile h13v10, produto MOD13Q1, adquiridas via Internet no formato hdf, do site <<http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/>>.
- As datas das imagens MODIS são dadas em dias julianos, sendo assim, para a presente pesquisa, foram utilizadas as datas nos seguinte dias julianos para o ano de 2003: 161 (10/06 a 25/06); 177 (26/06 a 11/07);209 (28/07 a 12/08);257 (14/09 a 29/09);289 (16/10 a 31/10);305 (01/11 a 16/11);337 (03/12 a 16/12).Os dias julianos das imagens para o ano de 2004 são:353 (19/12 a 03/01); 033 (02/02 a 17/02);065 (05/03 a 20/03);097 (06/04 a 21/04);129 (08/05 a 23/05).Vale ressaltar que o dia juliano que indica a imagem é o primeiro dia do período da composição de 15 dias das imagens MODIS.

2.1.2 Softwares

- Idrisi, versão 32; ArcView 3.2; Modis Reprojection Tool (MRT) – permite converter as imagens MODIS originalmente no formato HDF para GEOTIFF.

2.2 Procedimentos operacionais

2.2.1 Aquisição dos produtos e manipulação das imagens

A primeira etapa foi constituída pela escolha das datas das imagens MODIS; posteriormente, foi realizado pedido e aquisição dos produtos MODIS adquiridos através do acesso ao site <<http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/>>. Conversão das imagens no *Modis Reprojection Tool* (MRT), originalmente na projeção *Integerized Sinusoidal* (formato HDF – *Hierarchical Data Format*), para a projeção geográfica e formato Geotiff e, em seguida, as imagens são importadas para o *software* Idrisi 32.

2.2.2 Trabalho de campo

Com auxílio de um GPS foram coletadas no campo as coordenadas geográficas das diferentes categorias de uso presentes na bacia que possuíssem dimensão superior a 250 m, no intuito de serem localizados os pixels puros representativos de cada categoria.

2.2.3 Elaboração dos índices de vegetação

A partir do produto MOD13Q1 (bandas vermelho e infravermelho próximo) foi possível a elaboração dos índices de vegetação NDVI e SAVI, para tal foi utilizado o VEGEINDEX do *software* Idrisi 32.

2.2.4 Elaboração dos mapas de uso da terra e cobertura vegetal

Após a elaboração e análise dos índices de vegetação foram analisadas também as tabelas com os valores dos números digitais de cada categoria de uso para definição de quais imagens seriam reclassificadas em mapas de uso da terra e cobertura vegetal. Escolhidas as melhores datas, foram realizadas várias reclassificações, os resultados podem ser comparados no item 3.

2.2.5 Somatória Cumulativa dos Índices de Vegetação

A somatória cumulativa das imagens índice de vegetação consiste em somar as 12 imagens índice de vegetação, resultando em uma única imagem (NDVI e SAVI), esta operação foi realizada no *software* Idrisi 32, módulo OVERLAY.

3. Resultados e Discussão

Em um primeiro momento foram gerados Índices de Vegetação mensais para os 12 meses da pesquisa (de dezembro de 2003 a fevereiro de 2004). Em seguida, tentou-se selecionar a melhor data para elaboração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal. Deste momento em diante, foram encontradas diversas dificuldades na elaboração dos referidos mapas em virtude da complexidade de se mapear a vegetação a partir de Índices de Vegetação, pois no período chuvoso (cerrado) muitos alvos apresentam valores elevados de IV e no período seco, ocorre o inverso, muitos alvos apresentam valores baixos, havendo assim semelhanças de valores de IV para as categorias de análise nos dois períodos mencionados.

Na tentativa de minimizar esses efeitos, foram realizados alguns testes com as imagens IV. Em laboratório, foram localizadas nos Índices de Vegetação NDVI e SAVI as coordenadas referentes às categorias de uso definidas no campo, para que fossem digitalizadas, nas imagens Índice de Vegetação MODIS, os pixels de cada categoria. Em seguida, foram identificados os valores do Índice de Vegetação NDVI e SAVI para cada categoria, nas diferentes datas (Cf. as Tabelas 1 e 2, bem como as Figuras 1 e 2). Esse procedimento foi necessário para facilitar a separação dos valores dos Índices de Vegetação em cada categoria e, a partir daí, gerar o mapa de uso da terra e cobertura vegetal.

Tabela 1. Valores dos números digitais para NDVI.

Datas	Categorias						
	Mata	Reflorestamento	Café	Cult. Irrigada	Cult. Anual*	Pastagem	Água
02/02/2004	1	1	1	0.71	0.88	0.83	0
05/03/2004	1	0.81	0.9	0.43	0.5	0.8	0
06/04/2004	1	0.78	0.71	0.92	0.63	0.66	0
08/05/2004	1	0.75	0.67	0.75	0.27	0.63	0
10/06/2003	1	1	0.69	0.76	0.47	0.63	0
26/06/2003	1	1	0.67	0.88	0.44	0.6	0
28/07/2003	0.80	0.75	0.47	0.83	0.38	0.33	0
14/09/2003	0.81	0.71	0.38	0.29	0.28	0.33	0
16/10/2003	0.87	0.78	0.57	0.76	0.6	0.57	0
01/11/2003	0.89	0.78	0.79	0.91	0.29	0.57	0
03/12/2003	0.86	0.78	0.67	0.88	0.83	0.69	0
19/12/2003	1	0.78	0.44	0.66	1	0.45	0
Σ	11.23	9.92	7.96	8.78	6.57	7.09	0

* Cultura anual não irrigada

A comparação das Figuras 1 e 2 permitem considerar que o comportamento das categorias de análise ao longo do ano foi praticamente o mesmo para os dois índices de vegetação NDVI e SAVI. O mês de fevereiro apresenta confusão nos valores da mata, reflorestamento e café. Em março, a confusão se dá entre a pastagem e o reflorestamento. No mês de abril, todas as categorias apresentam valores muito próximos, exceto a cultura irrigada e a mata, enquanto que em maio o reflorestamento e a cultura irrigada apresentam os mesmos valores assim como o café e a pastagem. Em junho, ocorre uma boa separação dos alvos, exceto a mata e o reflorestamento (26/06/2003). Em julho, a mata e o reflorestamento apresentam confusão entre si, o mesmo ocorre com café, cultura anual e pastagem. No mês de setembro, apenas a mata e o reflorestamento apresentam valores distintos. Em outubro, a confusão se dá entre o reflorestamento e a cultura irrigada e o café, a cultura anual e a pastagem, enquanto que no mês de novembro a mata e a cultura irrigada confundem-se, bem como o café e o reflorestamento. No mês de dezembro, a mata, a cultura anual e a cultura irrigada apresentam os mesmos valores, e o café e a pastagem também (3/12/2003). Dessa forma, pode-se concluir que dentre o comportamento das categorias ao longo dos meses do ano, o mês de junho é a melhor opção para diferenciar os diferentes alvos, pois nesse mês, a confusão entre os alvos é menor.

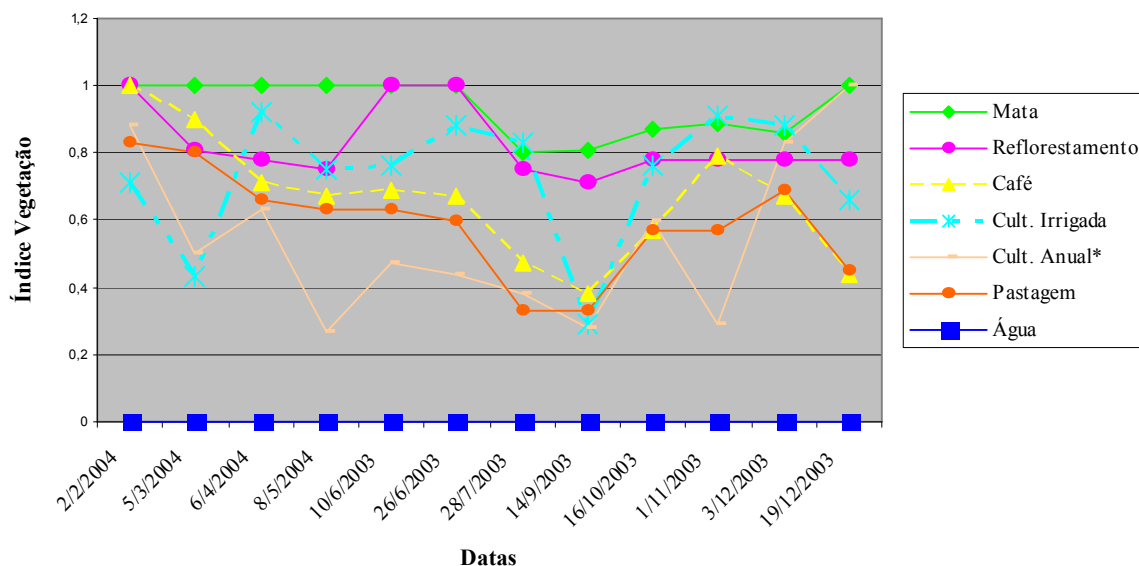


Figura 1. Valores dos números digitais para Índice de Vegetação NDVI.

É possível verificar, ainda, pela análise das Figuras 1 e 2, o comportamento das diferentes categorias ao longo do ano: o reflorestamento, por exemplo, apresenta sempre valores elevados que variam de 0.7 a 1 para o NDVI, e de 1 a 1.4 para o SAVI, demonstrando pouca variação do índice de vegetação. Conseqüentemente, há pouca perda de vigor vegetativo, significando que mesmo a vegetação sofrendo com o período de seca o índice de vegetação diminui, mas não o suficiente para confundi-lo com outras categorias. Já as culturas anuais, o café e a pastagem, apresentam comportamentos semelhantes, tendo em vista o fato de apresentarem altos valores de índice de vegetação no período chuvoso, e com o passar dos meses perderem gradualmente esse vigor (em virtude do período da colheita no caso das culturas anuais, seguida do período de seca), ocorrendo, evidentemente, uma maior variação ao longo do ano, sendo que há um pico máximo no índice de vegetação nos meses de dez/jan/fev/mar, e um pico mínimo em set/out.

Tabela 2 – Valores dos números digitais para SAVI.

Categorias							
Datas	Mata	Reflorestamento	Café	Cult. Irrigada	Cult. Anual *	Pastagem	Água
02/02/2004	1.44	1.4	1.45	1.03	1.28	1.22	0
05/03/2004	1.44	1.14	1.33	0.62	0.72	1.14	0
06/04/2004	1.22	1.1	1.03	1.35	0.9	1	0
08/05/2004	1.42	1.05	0.96	1.09	0.39	0.91	0
10/06/2003	1.42	1.4	1	1.27	0.68	0.91	0
26/06/2003	1.43	1.4	0.69	1.3	0.65	0.85	0
28/07/2003	1.14	1.06	0.68	1.23	0.55	0.55	0
14/09/2003	1.17	1	0.54	0.48	0.41	0.47	0
16/10/2003	1.27	1.1	0.83	1.1	0.87	0.82	0
01/11/2003	1.29	1.1	1.15	1.33	0.43	0.82	0
03/12/2003	1.24	1.1	0.96	1.26	1.2	0.95	0
19/12/2003	1.44	1.1	0.65	0.97	1.44	0.55	0
Σ	15.92	13.95	11.27	13.03	9.52	10.19	0

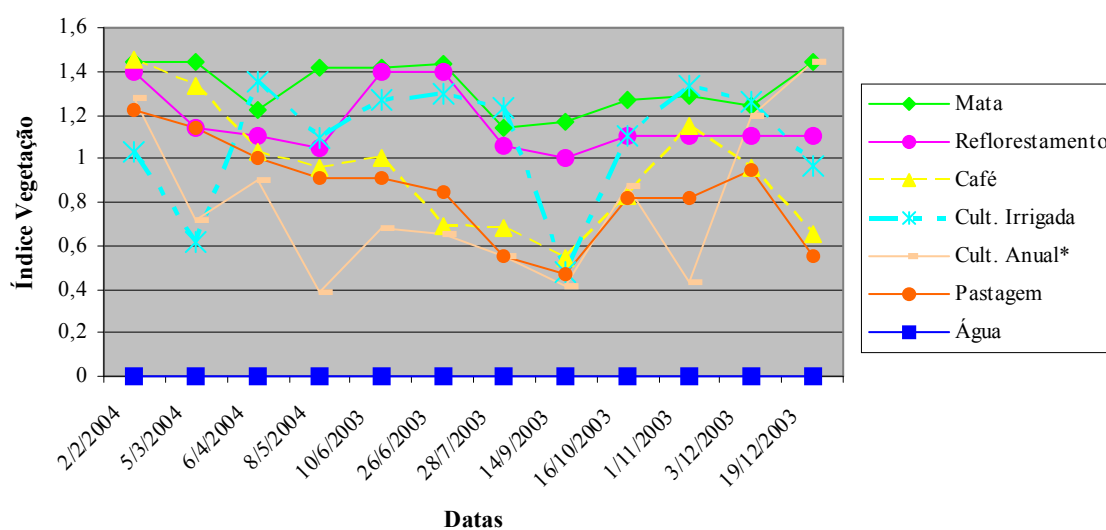


Figura 2. Valores dos números digitais para Índice de Vegetação SAVI.

A definição das classes de uso da terra e cobertura vegetal foi discriminada e identificada em função das características naturais e de ocupação da região e da escala de trabalho, que não permitiu a inserção de níveis detalhados de interpretação. Por conseguinte, em virtude da resolução espacial das imagens MODIS (250 m), não foi possível uma maior discriminação dos alvos. Esse fator impediu que algumas categorias presentes na área da bacia fossem analisadas na pesquisa. Dentre as categorias de uso de maior expressão na área da bacia, estão as categorias mata, reflorestamento, cultura anual (milho, soja, etc.), cultura irrigada, pastagem, café e corpos d' água.

Pela análise da Figura 1, verifica-se que o NDVI de junho é o que apresenta um maior potencial separador entre as categorias de uso da terra e cobertura vegetal. Em face do exposto, foi realizada uma reclassificação do NDVI na data de 26/06/2003 na tentativa de se obter um mapa de uso da terra e cobertura vegetal da bacia do Rio Araguari-MG. A partir da reclassificação, verificou-se que não foi possível separar todas as categorias desejadas. As áreas ocupadas com café confundem-se (misturam-se) com pastagem e vegetação do tipo campo cerrado/cerrado. As áreas ocupadas com mata misturam-se às de reflorestamento. Com isso, foi possível mapear as seguintes categorias: cultura anual, café/pastagem/cerrado, cultura irrigada, mata/reflorestamento e corpos d' água, conforme Figura 3.

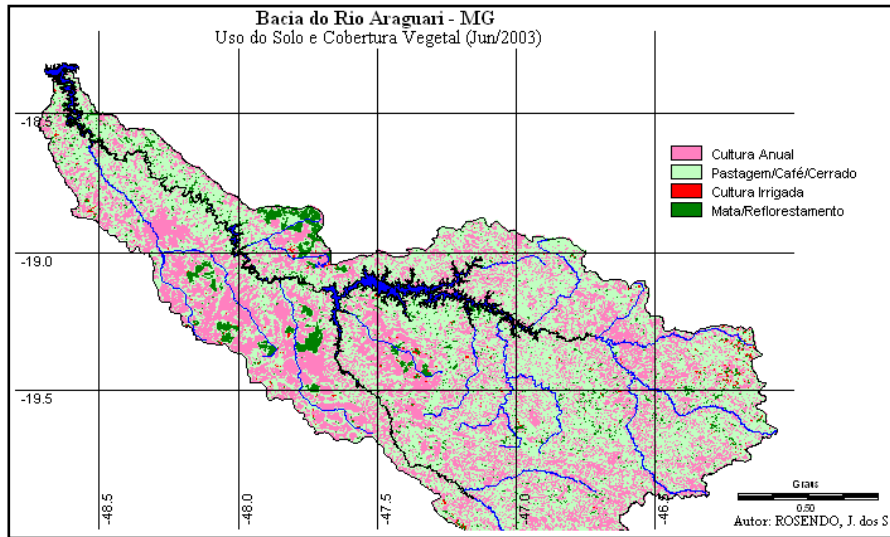


Figura 3. Mapa de uso da terra e cobertura vegetal (jun/2003).

No intuito de potencializar a separação dos alvos, foi adotada outra técnica para diferenciar cada categoria de uso. Essa técnica consiste na somatória cumulativa dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI (ou seja, a somatória das imagens Índice de Vegetação para cada mês) de modo que cada categoria apresentasse, ao final da somatória, valores distintos. Cada categoria assumiria, portanto, valores específicos que poderiam ser melhor separados (Figuras 4 e 5). Assim, o reflorestamento que ao longo do ano apresenta valores de Índice de Vegetação NDVI sempre próximos de 1, apresentou na somatória da última data valor superior a 11 no caso do NDVI e superior a 15 para o SAVI. Esses valores permitem que essa categoria dificilmente seja confundida com outros alvos.

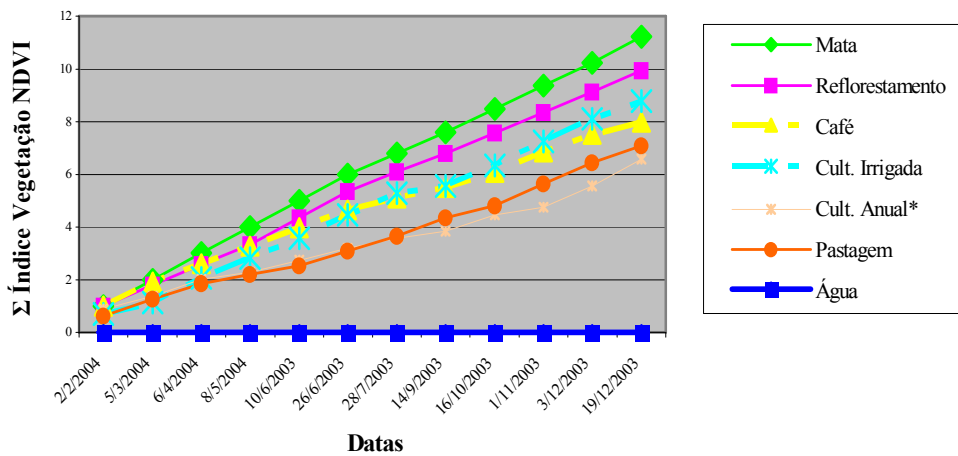


Figura 4. Somatória cumulativa do índice de vegetação NDVI.

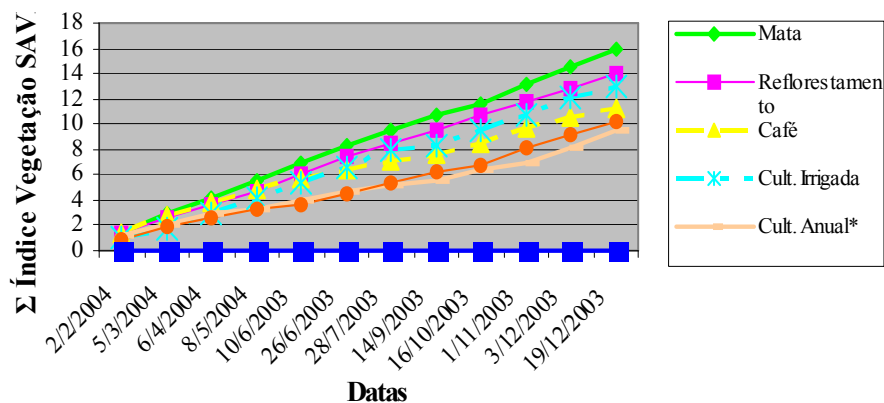


Figura 5. Somatória cumulativa do índice de vegetação SAVI.

A comparação dos gráficos que mostram apenas os valores dos números digitais para os Índices de Vegetação NDVI e SAVI (Figuras 1 e 2), com as Figuras 4 e 5 permitem afirmar que no primeiro caso ocorre uma mistura dos valores referentes ao Índice de Vegetação de cada categoria, que apresentam valores semelhantes. No segundo caso, a soma cumulativa dos valores permite que na data final (dezembro 2003) as categorias apresentem valores elevados e diferenciados para cada categoria, o que não permitiria causar confusão entre as mesmas, o que aparentemente pode ser visualizado na Figura 6.

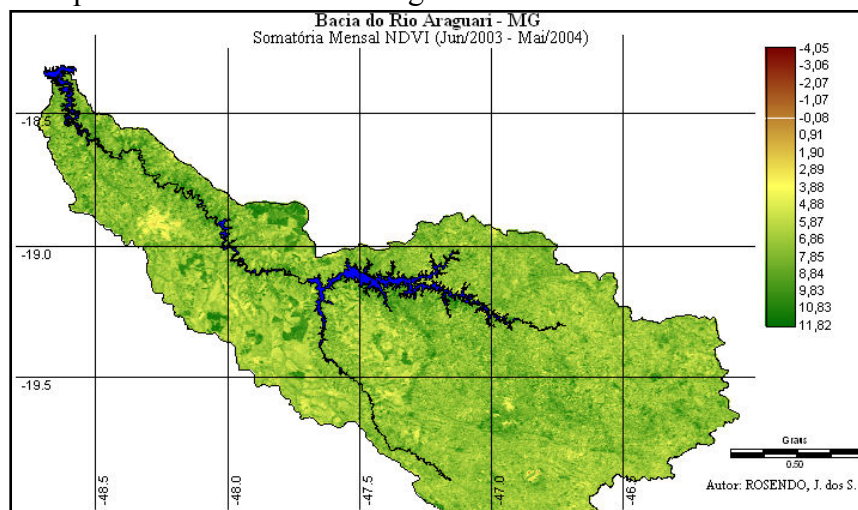


Figura 6. Somatória Mensal do Índice de Vegetação NDVI (Jun/2003 a Mai/2004).

Todavia, no momento em que foi gerado o mapa de uso da terra e cobertura vegetal a partir da somatória dos Índices de Vegetação (Figura 7), percebeu-se que essa técnica não apresentou resultados satisfatórios, tendo em vista que apesar dos gráficos apresentarem boa visualização da separação dos alvos, na reclassificação do mapa somatório dos Índices de Vegetação não foi possível separar as categorias como aparentemente era esperado. Portanto, essa técnica mostrou-se pouco apropriada para essa finalidade.

A interpretação da Figura 7 mostra que a reclassificação utilizada para compor o mapa de uso da terra a partir da somatória das imagens NDVI separou de forma confiável apenas as áreas de mata e reflorestamento (mesmo misturando essas duas categorias). Em contrapartida, foram atribuídas as áreas destinadas às culturas anuais uma porção muito grande da área da bacia, que não condiz com a realidade, ocorrendo uma supressão das áreas de pastagem em detrimento das culturas anuais.

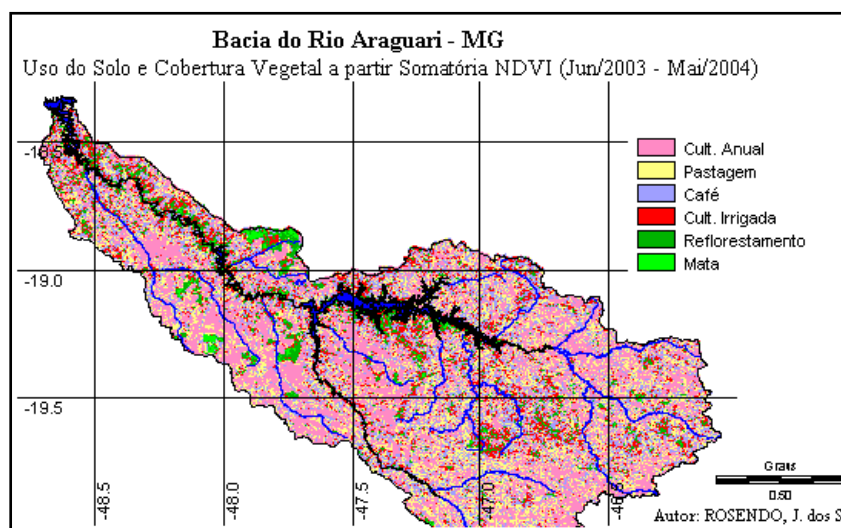


Figura 7. Uso da terra e Cobertura Vegetal a partir da Somatória do Índice de Vegetação NDVI (Jun/2003 a Mai/2004).

Portanto, o mapa de uso da terra e cobertura vegetal que apresentou melhores resultados na separação das diferentes categorias foi elaborado a partir do NDVI do mês de Junho (Figura 3). É importante destacar que o mesmo comportamento se aplica para o SAVI, não havendo diferenças significativas entre os dois índices. Na Tabela 3 são apresentadas as categorias mapeadas bem como a área ocupada por cada uma delas.

Tabela 3. Categorias de uso da terra e cobertura vegetal a partir do NDVI do mês de junho

Categorias	Áreas (Km²)	Área (%)
Mata/Reflorestamento	1131	5,6
Pastagem/Café/Cerrado	11241	55,7
Cultura Anual	7233	35,8
Cultura Irrigada	103	0,5
Água	478	2,4
Total	20186	100

4. Conclusões

Os Índices de Vegetação NDVI e SAVI utilizados na pesquisa apresentaram praticamente os mesmos resultados. Desse modo, as mesmas análises realizadas para o NDVI são válidas para o SAVI. A diferença existente entre ambos está no fato do índice SAVI apresentar uma fator de ajuste para o brilho do solo (0.5), o que modifica a escala de valores que acompanha cada índice, o NDVI variou de -1 a 1, e o SAVI variou de -1 a 1.47.

O Mapa de uso da terra e cobertura vegetal que apresentou melhores resultados na separação das diferentes categorias foi elaborado a partir do NDVI do mês de Junho (26/06/2003). É importante destacar que o mesmo comportamento se aplica para o SAVI, não havendo diferenças significativas entre os dois índices.

A somatória cumulativa dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI mensais para o período de junho/2003 a maio/2004 apresentou bons resultados com relação ao aspecto visual, todavia quando reclassificado não proporcionou resultados satisfatórios.

5. Referências Bibliográficas

Epiphânio, J. C. N.; Gleriani, J. M.; Formaggio, A. R.; Rudorff, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

Ponzoni, F. J. Comportamento Espectral da Vegetação. In: Meneses, P. R., Netto, J. S. M. (org) **Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais**. Brasília – DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, p 157-199, 2001.

Rosa, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**, Uberlândia: EDUFU, 2007.

Rosendo, J. S. R. **Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na bacia do Rio Araguari – MG – utilizando dados do sensor MODIS**. 2005. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - 2005. Também disponível em: <http://www.ig.ufu.br/pós-graduação/dissertações/2005/jussara_santos.pdf>