



XVI SIMPOSIO
INTERNACIONAL
SELPER 2014

La Geoinformación
al Servicio de la Sociedad

Memorias



Sociedad Latinoamericana en
Percepción Remota y Sistemas
de Información Espacial
Capítulo Colombia

30
AÑOS

Medellín, Colombia
29 de Septiembre al 3 de Octubre de 2014



Aplicação do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo-SAVI para a identificação de fragmentos de Caatinga em cultivos de *Agave sisalana* perrine na Região Semiárida do Brasil

Aplicación del Índice de Vegetación Ajustado Suelo-SAVI para identificar fragmentos de Caatinga en cultivos de perrine *Agave sisalana* en la región Semiárida de Brasil

Marcus Vinicius Rios Da Silva¹, Joselisa Maria Chaves² e Soltan Galano Duverger¹
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS
Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente
(PPGM)

Caixa Postal 44036-200 – Feira de Santana - BA, Brasil
riosgeografia@gmail.com, joselisa@uefs.br, solkan1201@gmail.com

¹Mestrandos do PPGM e bolsistas Capes

²Professora do Departamento de Ciências Exatas, Área de Geociências e do PPGM/UEFS

Resumo

O uso do sensoriamento remoto tem permitido a extração de diversas informações sobre a cobertura vegetal, sendo comumente utilizados os índices de vegetação-IV aplicados no mapeamento e modelagem da cobertura vegetal. O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo-SAVI é um dos mais utilizados na identificação da vegetação em áreas semiáridas e desérticas. O objetivo deste artigo foi apresentar os testes realizados com o uso do SAVI para identificação de fragmentos de Caatinga em meio a cultivos de *Agave sisalana perrine*, na região semiárida baiana. A metodologia constou de: i) coleta em campo de 30 pontos para a representação de áreas de Caatinga e Agave; ii) correlação entre dados de campo e valores para SAVI L= 1 e L=0.5, gerados a partir da imagem de satélite Landsat OLI 8; e, iii) análise estatísticas dos dados. Como resultado observou-se que os dados de variância para as amostras de reflectância para as classes de Caatinga e Agave mostraram valores distintos, tendo uma significância menor que 0.0001, demonstrando dessa forma, que se podem classificar as áreas a partir do IV. O IV SAVI L=0.5 obteve melhor resultado, com acurácia de 98.37% dos pixels classificados, atingindo um coeficiente Kappa de 97.7%.

Palavras chaves: Sensoriamento Remoto, Sisal, Imagem Landsat OLI 8

Resumem

El uso de la teledetección ha permitido la extracción de diversa información sobre la ocupación del suelo, siendo en la vegetación comúnmente utilizado índices-IV aplicado en el mapeo y modelado de la cubierta vegetal. El índice SAVI Ajustado Suelo-Vegetación es uno de los más utilizados en la identificación de la vegetación en las zonas semi-áridas y desérticas. El propósito de este artículo es presentar las pruebas realizadas utilizando el SAVI para identificar fragmentos de Caatinga en medio de los cultivos de agave sisala perrine en la región semiárida de Bahía. La metodología consistió en: i) la recolección en terreno de 30 puntos para la representación de las áreas de Caatinga y Agave; ii) la correlación entre los datos aptados en terreno y valores SAVI para $L = 1$ y $L = 0.5$, generado a partir de la imagen de satélite Landsat OLI 8; y iii) el análisis estadístico de los datos. Como resultado se encontró que la varianza de las muestras de datos de reflectancia para las clases Agave Caatinga mostró valores distintos que tienen un significado menor que 0,0001, lo que demuestra que las áreas pueden ser clasificados en la categoría cuatro. El SAVI IV $L = 0,5$ tenía el mejor resultado con una precisión de 98,37% de los píxeles clasificados, alcanzando un coeficiente Kappa de 97,7%.

Palabras clave: Teledetección, Sisal, Landsat OLI Imagen 8

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das técnicas de sensoriamento remoto tem permitido a aquisição de diversas informações sobre a superfície terrestre, contribuindo principalmente no estudo e análise dos parâmetros biofísicos da vegetação, como Índice de Área Foliar-IAF, porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, atividade fotossintética, dando suporte às análises temporais, edáficas e fenológicas da vegetação (Vinagó et. al, 2011).

Aplicação da técnica de índices de vegetação-IV tem facilitado tais estudos. Estes, geralmente são obtidos a partir da divisão das bandas situadas na faixa do infravermelho próximo, localizado entre 760nm a 900nm, pela banda situada na faixa vermelho do visível localizada entre 630nm a 690nm, tendo por objetivo o realce das variações da

densidade da vegetação, facilitando a identificação e mapeamento de áreas vegetadas e áreas não vegetadas (Meneses, 2011).

Alguns índices têm sido desenvolvidos para caracterização dos dosséis da vegetação, a partir da variação de sua densidade e conseqüentemente dos valores biofísicos da vegetação, como os valores de reflectância (Epiphânio et. al, 1996). O IV mais utilizado é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada-NDVI (Tucker, 1979), entretanto, os resultados obtidos a partir do NDVI, sofrem variações em virtude no *background* do solo (Qi, et. al , 2000).

Desta forma, em 1988, Huete, desenvolveu o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo-SAVI (Eq. 02), que é a melhoria do NDVI a partir da aplicação da constante L, minimizando os efeitos da cor do solo nos seus resultados. A constante L varia entre 0 a 1, de acordo com a densidade da vegetação, sendo o valor 1 adotado para áreas com pouca cobertura vegetal, já áreas com cobertura intermediária é representada por $L=0,5$, áreas muito densas, geralmente adota-se a constante $L= 0.25$, quando o L é igual a 0, o SAVI é idêntico ao NDVI (Huete, 1988; Qi et. al 1994; Meneses, 2011).

O bioma Caatinga, única extensão vegetal exclusivamente brasileira, situada na região Nordeste do país, é composta de arvoretas e arbustos, frequentemente armados de espinhos, além de cactáceas, bromeliáceas e ervas estas quase todas anuais (Leal et. al, 2003). Proporcionalmente, a Caatinga é o bioma brasileiro menos protegido, com apenas 2% de suas áreas são constituídas por Unidades de Conservação.

Por sua vez, o estado da Bahia possui uma área total de Caatinga de 300.976.81 Km², representado 54% do território, porém, em virtude das ações antrópicas, esta área

gradativamente vem sendo suprimida, sendo que, entre os anos de 2002 a 2009, teve 154.785,85 K² de área desmatada (MMA, 2003).

Já o Território do Sisal, inserido na região semiárida do estado da Bahia, tem como vegetação predominante a Caatinga, porém, o cultivo da *Agave sisalana perrene*, responsável pela produção da fibra natural mais dura no mundo, utilizado entre outros na indústria automobilística, contribuiu em larga escala para o desmatamento do bioma, ocorrendo a substituição das áreas de Caatinga por campos de Agave.

Atualmente, no Território do Sisal restam apenas 20% do total de áreas de Caatinga (Evangelista, 2010). Porém, devido ao declínio do cultivo da Agave, devido a fatores, tais como, concorrência com as fibras sintéticas e os preços baixos praticados no mercado, sua produção tem entrado em declínio, ocasionando uma redução das áreas de plantio, havendo dessa forma uma reocupação das áreas de Caatinga.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo identificar e mapear através do uso de imagem de satélite Landsat 8, sensor OLI, do ano de 2014, as áreas de Caatinga e as áreas de cultivos da *Agave sisalana* no município de Valente-BA, inserido na região semiárida do Brasil, a partir da aplicação do índice de ajustado ao solo-SAVI. Para tanto, partiu-se de duas perguntas principais: Existe diferença nas reflectâncias entre as plantações de Agave e as áreas cobertas por Caatinga? Qual fator de ajuste utilizado no índice de vegetação SAVI é mais adequado para a identificação das classes de Caatinga e Agave?

2. MATERIAIS E MÉTODO

Para a realização desta pesquisa foi utilizada uma imagem Landsat 8 sensor OLI, órbita 216/ponto 68, referente a data de 10 de Maio de 2014. A imagem foi

adquirida junto ao *site* do Serviço Geológico do Governo dos Estados Unidos (USGS, 2014). É importante frisar que a imagem apresenta boa qualidade, sem a interferência de nuvens. Para o georreferenciamento das áreas de Caatinga e dos cultivos de Agave sisalana, foi utilizado GPS GARMIM. Como aplicativos de processamento de imagens foram utilizados o Envi versão 4.8 e Esri. Arcmap versão 10.1. As análises estatísticas foram realizadas no programa estatístico R.

O trabalho foi realizado no município de Valente- BA que se localiza nas coordenadas 11° 24'43''S e 39°27'43''W, e no município de São Domingos-BA que localiza-se nas coordenadas 11°30'10''S e 39°32'32''W. O trabalho de campo realizou-se em 29/ 05/ 2014. Neste, foram identificadas áreas com cobertura vegetal composta por Caatinga Arbórea Arbustiva e áreas com a presença de plantações de Agave sisalana. Os pontos foram georreferenciados com o auxílio do GNSS. Ao total foram identificados 30 pontos, sendo 15 pontos representando áreas de Caatinga e 15 representando áreas de cultivo de Agave (Tab. 01).

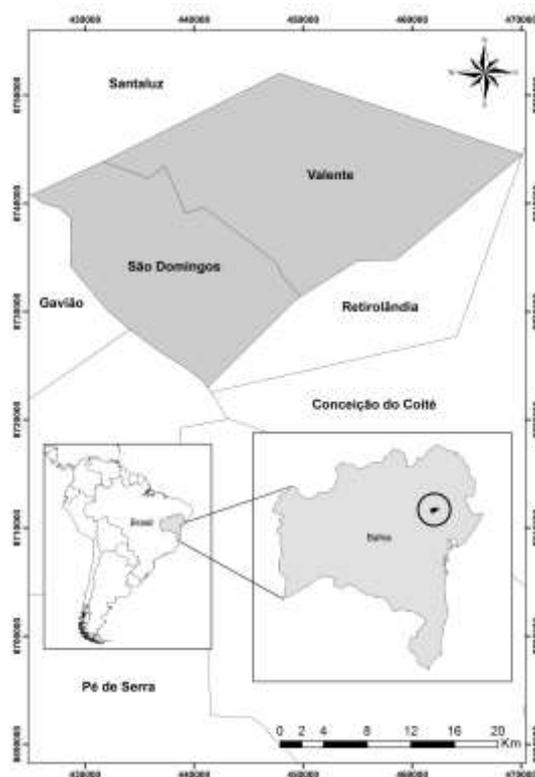


Figura 1: Mapa de localização dos municípios de Valente e São Domingos

Tabela 1: Localização dos pontos de cultivo de Agave e coberturas de Caatinga

Pontos	Coordenada X	Coordenada Y	Objetos identificados
--------	--------------	--------------	-----------------------

01	443551	8734296	Caatinga
02	444329	8735104	Caatinga
03	443781	8736986	Agave
04	443914	8737000	Agave
05	443953	8737045	Agave
06	443896	8736936	Agave
07	443936	8736921	Agave
08	443926	8736921	Agave
09	444084	8736881	Agave
10	444145	8736805	Agave
11	444154	8736749	Agave
12	444198	8736724	Caatinga
13	445108	8738914	Agave
14	444989	8738691	Agave
15	444871	8738571	Agave
16	444779	8738654	Caatinga
17	445264	8738918	Caatinga
18	445289	8738988	Agave
19	445601	8738182	Caatinga
20	445030	8735659	Caatinga
21	444873	8736329	Caatinga
22	445760	8735483	Caatinga
23	445618	8736474	Caatinga
24	445579	8736841	Caatinga
25	445645	8737196	Caatinga
26	445410	8737568	Caatinga
27	445724	8737714	Caatinga
28	444269	8738691	Caatinga
29	444151	8738786	Caatinga
30	443413	8738124	Agave

A segunda etapa da pesquisa consistiu no pré-processamento e processamento digital da imagem. Inicialmente, a imagem foi georreferenciada na projeção WGS 89, adotando-se o sistema de coordenada UTM. Em seguida, para tornar mais eficiente o processamento, a imagem foi recortada, delimitando-se apenas a área de estudo, compreendida entre as coordenadas 11°17'15.08" S e 39°39'13.19" O à 11°30'43.22"S e 39°15'3.04"O. Finalizando o pré-processamento, foi feita a correção atmosférica pelo limite inferior do histograma, empregando-se o método “*Dark Substraction*” (Meneses, 2012).

Dando continuidade, foi realizada a transformação dos números digitais da imagem para valores físicos, realizando a conversão direta para reflectância a partir da aplicação da equação (03) (Neto, 2008):

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \cdot \left[\left(\frac{L_{m\acute{a}x} - L_{m\acute{i}n}}{DN_{m\acute{a}x}} \right) \cdot x(DN) + L_{m\acute{i}n} \right]}{E_{\lambda} \cdot \cos(z) \cdot d_r} \quad \text{Eq. 03}$$

Onde, ρ_{λ} é a reflectância monocromática a ser obtida, d_r é o inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol em unidades astronômicas, z é ângulo solar zenital (graus) no momento da aquisição E_{λ} é irradiância solar média no topo da atmosfera, L é radiância espectral monocromática onde se obtém os valores mínimo e máximo para cada banda, por fim, temos DN_{max} que é o número digital máximo para cada banda (255) e DN que são os valores máximos e mínimos alcançados em cada banda.

Feita a conversão dos valores digitais para os valores físicos de reflectância, pôde obter o índice de vegetação SAVI. Para sua obtenção, foi aplicada a equação (Eq. 01).

$$SAVI = \frac{(1+L)(\rho_{nir} - \rho_{red})}{\rho_{nir} + \rho_{red} + L} \quad \text{Eq.01}$$

Onde o ρ_{nir} é o fluxo radiante no infravermelho próximo, e o ρ_{red} é o fluxo radiante na região vermelho do visível, sendo representado pelas bandas 5 e 4 no Landsat ETM 8 respectivamente. L é o fator de ajuste de correção do efeito de brilho do solo, onde este varia de acordo com a densidade da cobertura vegetal, durante aplicação

da formula, foi testado valores de ajuste entre 1 à 0.5, observando quais apresentam melhores resultados para a classificação da imagem.

Após obtenção do SAVI para os dos fatores de ajuste L=1 e L=0.5 foram coletados os valores de refletância para as áreas de Caatinga e Agave correspondentes aos índices de vegetação. Após a coleta dos valores de refletância (Tab. 02; Tab.03), foi realizado o teste para normalidade e homogeneidade das amostras e análise de variância (ANOVA) das amostras, verificando-se a diferença significativa entre as amostras Caatinga e de Agave, entre os índices testados L=1 e L=0.5, entre os índices e as classes analisadas.

Tabela 2: Valores de refletância para as classes de Caatinga e Agave e SAVI L=0.5

Nº Amostras	Classe identificada	Refletância para SAVI L 0.5	Nº Amostras	Classe identificada	Refletância para SAVI L 0.5
01	Agave	0.133538	01	Caatinga	0.260348
02	Agave	0.186117	02	Caatinga	0.235364
03	Agave	0.164621	03	Caatinga	0.235385
04	Agave	0.15263	04	Caatinga	0.209548
05	Agave	0.211633	05	Caatinga	0.26344
06	Agave	0.211633	06	Caatinga	0.280694
07	Agave	0.18459	07	Caatinga	0.207982
08	Agave	0.155034	08	Caatinga	0.184773
09	Agave	0.136906	09	Caatinga	0.21353
10	Agave	0.125756	10	Caatinga	0.202497
11	Agave	0.125756	11	Caatinga	0.235893
12	Agave	0.119815	12	Caatinga	0.260796
13	Agave	0.175326	13	Caatinga	0.216363
14	Agave	0.199188	14	Caatinga	0.265802
15	Agave	0.174783	15	Caatinga	0.305993

Tabela 3: Valores de reflectância para as classes de Caatinga e Agave e SAVI L=0.1

Nº Amostras	Classe identificada	Refletância para SAVI L 1	Nº Amostras	Classe identificada	Refletância para SAVI L 1
01	Agave	0.177417	01	Caatinga	0.345892
02	Agave	0.247301	02	Caatinga	0.312699
03	Agave	0.218756	03	Caatinga	0.312665
04	Agave	0.202806	04	Caatinga	0.278424
05	Agave	0.281190	05	Caatinga	0.349987
06	Agave	0.281195	06	Caatinga	0.372896
07	Agave	0.245218	07	Caatinga	0.276297
08	Agave	0.205945	08	Caatinga	0.245427
09	Agave	0.181868	09	Caatinga	0.283648
10	Agave	0.167049	10	Caatinga	0.269025
11	Agave	0.243824	11	Caatinga	0.313327
12	Agave	0.159201	12	Caatinga	0.346485
13	Agave	0.232961	13	Caatinga	0.287461
14	Agave	0.264582	14	Caatinga	0.353120
15	Agave	0.232253	15	Caatinga	0.230335

As duas imagens geradas referentes aos índices de vegetação testados, SAVI L =1 e SAVI L = 0.5, foram classificadas a partir do método “*Decision tree*”. As classes de Caatinga e Agave foram delimitadas a partir dos valores de reflectância dos índices de vegetação gerados. Devido à existência de sobreposição para alguns valores de reflectância entre as classes de Caatinga e Agave, estabeleceu-se para a Caatinga, os valores contidos do 1º quantil ao valor máximo encontrado para a classe. Já as áreas de Agave foram classificadas utilizando-se os valores imediatamente abaixo ao 1º quantil encontrado para a Caatinga até os valores máximos encontrados para o Agave.

Além das duas classes citadas, a partir da classificação visual, foram classificadas mais três classes utilizando-se os valores de reflectância observados

durante a classificação da imagem, sendo identificados outras três classes: água, pasto e solo exposto.

3. RESULTADOS

Os valores de reflectância encontrados para os dois índices de vegetação, SAVI L=0.5 e L=1 apresentaram valores distintos, onde os valores de SAVI L=1 foram mais elevados em relação ao SAVI L=0.5. Os valores de reflectância encontrados para a classe Agave na imagem SAVI L=0.5 (Fig. 02) variou do valor mínimo de 0.1198 ao valor máximo de 0.2116. Já a classe Caatinga para a mesma imagem variou entre valores mínimos e máximos de 0.1848 à 0.3060. Já a análise feita para a imagem SAVI L=1 (Fig. 03) foram encontrados valores mínimos e máximos que variaram de 0.1592 à 0.2812 para a classe Agave, já a classe Caatinga variou entre 0.2303 à 0.3729.

O índice de vegetação SAVI L= 0.5 teve uma sobreposição entre as classes Caatinga e Agave, onde o valor mínimo até valores próximos ao início do 2º quantil para a classe Caatinga coincidem com próximos do 3º quantil até os valores máximos para o Agave (Tab .04; Fig. 02).

Tabela 4: Estatísticas dos valores de reflectância para as classes Caatinga e Agave

(SAVI L=0.5)

Classes	Agave	Caatinga
Mínimo	0.1198	0.1848
1º Quantil	0.1352	0.2115
Mediana	0.1646	0.2354
Média	0.1638	0.2386

3° Quantil	0.1854	0.2621
Máximo	0.2116	0.3060

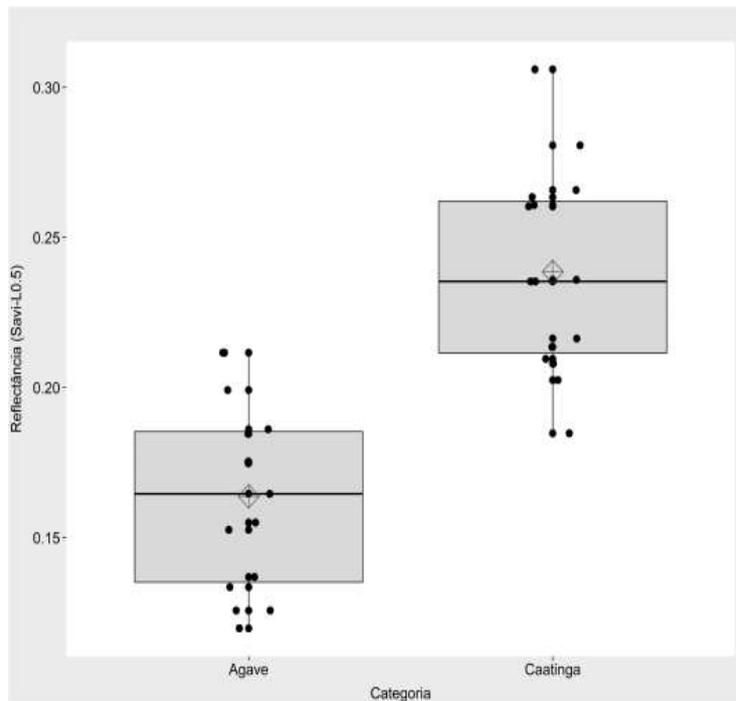


Figura 2: Box plot para análise de distribuição dos valores de reflectância para as classes de Caatinga e Agave (SAVI L=0.5)

Já o índice de vegetação SAVI L=1 teve uma sobreposição na qual o valor mínimo até valores próximos à media para a classe de Caatinga, coincidiram como os valores de Agave que variaram do seu valor máximo à valores próximos ao limie do 3° qunatil(Tab. 05; Fig 03).

Tabela 5: Estatísticas dos valores de reflectância para as classes Caatinga e Agave

(SAVI L=1)

Classes	Agave	Caatinga
Mínimo	0.1592	0.2303
1° Quantil	0.1923	0.2774
Mediana	0.2323	0.3127
Média	0.2228	0.3052
3° Quantil	0.2463	0.3462
Máximo	0.2812	0.3729

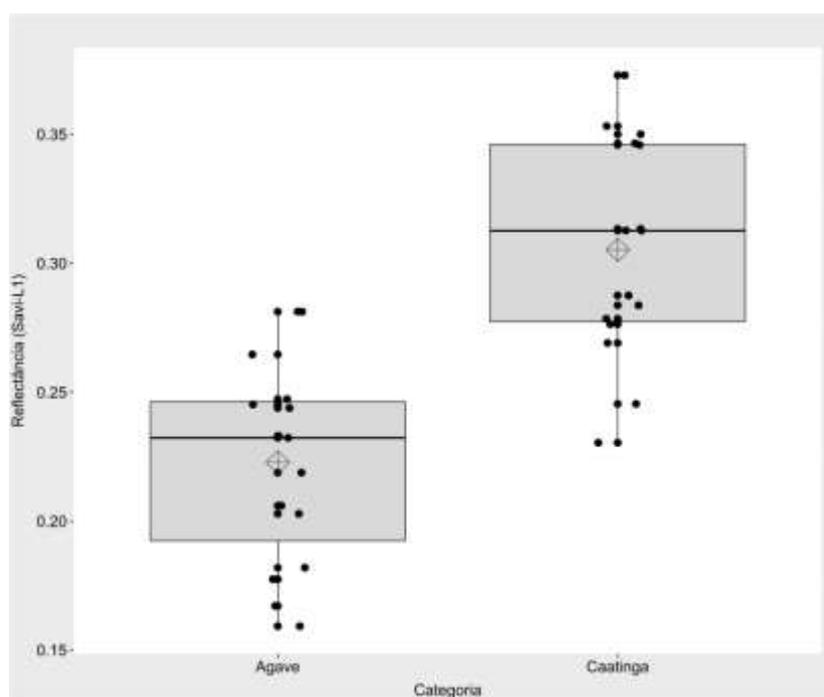


Figura 3: Box plot para análise de distribuição dos valores de reflectância para as classes de Caatinga e Agave (SAVI L=1)

A análise de variância dos grupos comprovou que existe diferença significativa entre as amostras, tanto para as classes, Caatinga e Agave, quanto entre os índices de vegetação testados, SAVI 0.5 e SAVI 1 (Tab. 04). Desta forma, pode-se identificar a cobertura vegetal e os cultivos de Agave a partir da reflectâncias dos índices de vegetação gerados na imagem de satélite Landsat 8.

Tabela 5: Análise de Variância das amostras

Classes	Significância (<i>p</i>)
Caatinga X Agave (SAVI L=0.5)	0.000001
Caatinga X Agave (SAVI L=1)	0.00001
SAVI 0.5 X SAVI 1 (Agave)	0.0001
SAVI 0.5 X SAVI 1 (Caatinga)	0.0001

A imagem classificada utilizando o fator de ajuste L=0.5 obteve uma acurácia de 98.37% dos pixels coletados, atingindo-se o coeficiente Kappa igual a 97.7 (Fig. 04). A classe de Caatinga obteve 97.41% de áreas classificada, omitindo-se 2.59%, porcentagem classificada como áreas de cultivo de Agave. A classe identificada como Agave, conseguiu 97.13% de áreas classificada, sendo a porcentagem restante, 2.87%, classificada como pasto, 2.57% e Caatinga, 0.30%.

A classificação realizada utilizando-se o fator de ajuste L=1 uma acurácia de 95.48% para os pixels classificados, conseguindo um coeficiente Kappa de 92.7%. A classe identificada como área de Caatinga obteve uma porcentagem de classificação de 98.92% dos pixels classificados, tendo 1.08% dos pixels classificados como áreas de

cultivo de Agave. Já a classe de Agave obteve 79.35% de pixels classificados pertencentes à classe, 14.67% dos pixels foi confundido com a classe pasto, o restante, 5.98% foram confundidos com áreas de Caatinga.

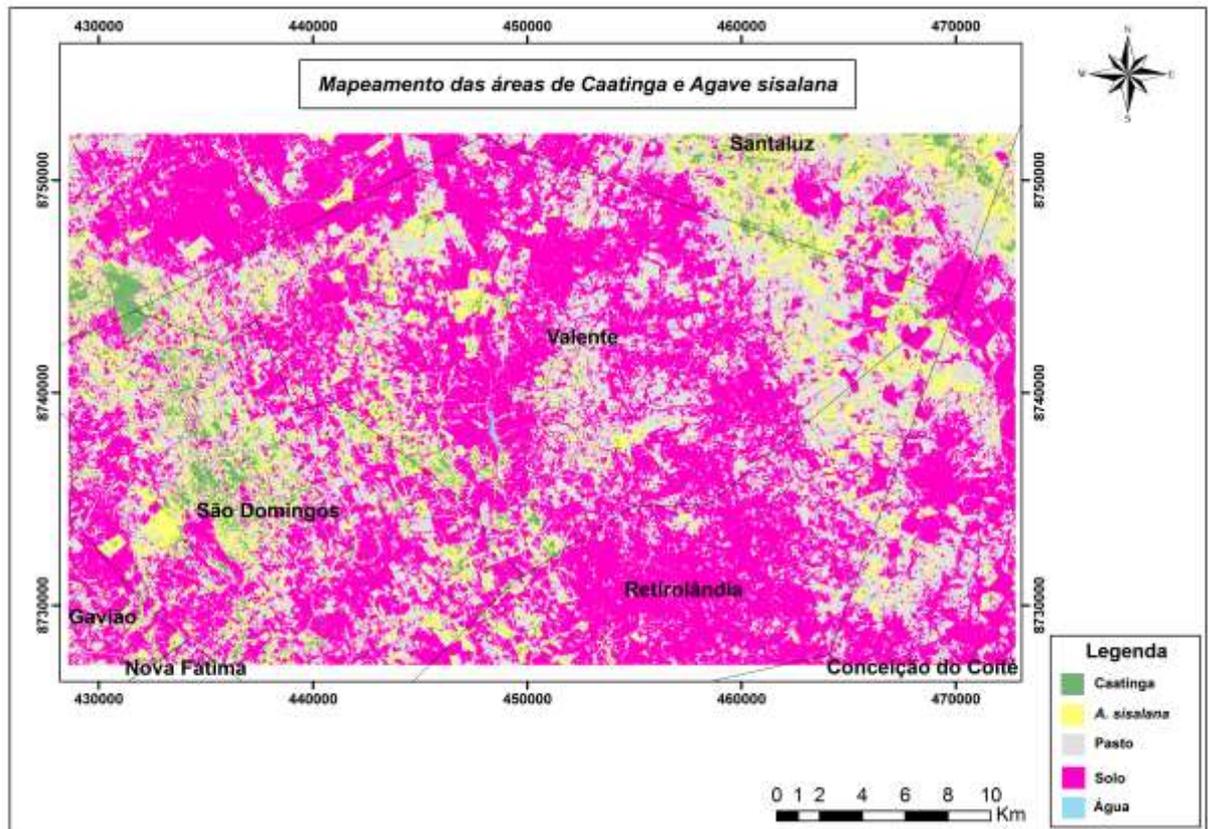


Figura 4: Mapeamento das áreas de Caatinga e Agave na região semiárida da Bahia

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises realizadas pode-se concluir que existe diferença significativa entre as reflectâncias das áreas de Caatinga e Agave para os índices de vegetação ajustado ao solo -SAVI, tanto utilizando o fator de ajuste $L=0.5$ como $L=1$, podendo-se classificar identificar e classificar através do SAVI, tanto áreas de Caatinga, como área com cultivo de Agave. Contudo, mesmo o índice de vegetação $L=1$ tendo

uma sutil superioridade na identificação das áreas de Caatinga, o SAVI L= 0.5 mostrou-se ser mais eficiente na classificação tanto das áreas de Caatinga e Agave, apresentando menor confusão entre as classes identificadas.

No entanto, apesar das diferenças significativas encontradas para as áreas de Caatinga e Agave, ficou evidente existir uma sobreposição para alguns valores de reflectância para as classes, o que pode gerar confusão durante a sua classificação, sendo necessários novos estudos para minimizar este problema.

5. REFERÊNCIAS

- Epiphânio, J. C. N; Gleriani, J.M; Formagio, A. R; Rudorff, B.F.T. (1996) Índices de Vegetação no Sensoriamento Remoto da Cultura do Feijão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, V31. n. 6 P. 445-454. Jun. 1996.
- Evangelista, A. R.S. (2010) O processo de ocupação do bioma Caatinga e suas repercussões socioambientais na Sisalândia, Universidade Federal da Bahia-UFBA Salvador – Bahia
- Huete A. R. A. (1988) Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). Remote Sensing of Environment 25:295-309
- Leal, I. R.; Tabarelli, M. & Cardoso da Silva, J. M. (2003).In: Ecologia e Conservação da Caatinga. Castelletti, H. M. Recife: Ed. Universitária da UFPE.
- Meneses, P. R; Almeida, T. D. (2012). Introdução ao Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. BRASÍLIA.
- MMA, Ministério do Meio Ambiente – IBAMA. (2010). Monitoramento dos Biomas Brasileiros – Bioma Caatinga, Brasília-DF.
- Qi J. Chehbouni A., Huete A.R., Kerr Y.H., 1994. Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI). Remote Sens Environ 48:119-126.
- Qi. J; Kerr, H.Y; Moran, M.S; Huete, A.R; Sorooshian; Bryant, R. (2000). Leaf Area Index Estimates Using Remotely Sensed Data and BRDF Models in a Semiarid Region. Remote Sensing of Environment 73:18-30

USGS. Serviço Geológico do Governo dos Estados Unidos. Acessado no dia 3 de junho de 2014 em : <http://earthexplorer.usgs.gov/>

Tucker. C.J.(1979) Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment* 8:127-150.

Viganó, H. A; Borges, E. F. Franca-Rocha, W. J. S. (2011). Análise do desempenho dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI a partir de imagem Aster. [versão eletrônica] Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, INPE p.1828