



**DISCRIMINAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM PECUÁRIA POR MEIO DE EVI-2
DERIVADO DO SENSOR WORLDVIEW-2**

Samantha Vanessa Rodrigues **Alvarenga**¹; Sandra Furlan **Nogueira**²; Gustavo **Bayma-Silva**³;
Carlos Fernando **Quartaroli**⁴; Daniel de Castro **Victoria**⁵

Nº 15507

RESUMO - A pecuária no Brasil tem grande importância para o PIB nacional, sendo o país um dos maiores produtores do setor. O sensoriamento remoto, por sua vez, tem-se mostrado uma ferramenta cada vez mais viável para o monitoramento e a qualificação das pastagens brasileiras. O objetivo deste trabalho foi testar o potencial de discriminação do índice de vegetação Enhanced Vegetation Index-2 (EVI-2), derivado de uma imagem de alta resolução WorldView-2, na avaliação de 11 tipos de sistemas de produção em pecuária, com diferentes níveis de manejo e quatro espécies de capim, independente do sistema de produção. Os resultados mostraram discriminação entre os sistemas intensivos (irrigados e fertilizados) e extensivos, bem como entre os capins *Panicum maximum* e a mistura *Brachiaria brizantha* – *Brachiaria decumbens*. As técnicas avaliadas são promissoras na diferenciação de sistemas pecuários mais intensivos, considerados mais sustentáveis, dos sistemas tradicionais extensivos, com tendência à degradação.

Palavras-chaves: Índice de vegetação, Pastagem, Sensoriamento remoto.

ABSTRACT- The livestock has been a very important sector in national GDP, as its economic performance allows Brazil to play a major role worldwide in this sector. Over the years, remote sensing has provided a great mean to study various ecosystems of the earth including pasturelands. Remote sensing has been used as a tool to monitor and qualify pastures. This study assed the potential of vegetation index Enhanced Vegetation Index-2 (EVI-2), derived from a high resolution image WorldView-2, to i) discriminate eleven types of livestock production systems, with different levels of management, and to ii) discriminate four species of grass, regardless of production system. Kruskal-Wallis ANOVA test was performed to evaluate the significant difference of EVI-2 at different production systems and species of grass. Results showed discrimination between intensive irrigated and extensive systems, as well between *Panicum maximum* and *Brachiaria brizantha* – *Brachiaria decumbens*.

Key-words: vegetation index, remote sensing, pasture

¹ Autora, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Geografia, UNICAMP, Campinas, SP; samanthaalvarenga@gmail.com

² Orientadora, Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP; sandra.nogueira@embrapa.br

³ Colaborador, Analista da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP; gustavo.bayma@embrapa.br

⁴ Colaborador, Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP; carlos.quartaroli@embrapa.br

⁵ Colaborador, Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP; daniel.victoria@embrapa.br



1 INTRODUÇÃO

A pecuária tem grande importância para o PIB nacional, sendo o Brasil um dos maiores produtores do setor. O país destaca-se por possuir o maior rebanho comercial do mundo, ser o maior exportador de carne bovina, o segundo maior produtor de carne e o sexto maior produtor de leite (BRASIL, 2015). Desta forma, torna-se necessário o aprimoramento de técnicas que auxiliem o monitoramento de seus sistemas de produção e que gerem indicadores sobre sua sustentabilidade.

O sensoriamento remoto tem-se mostrado uma ferramenta cada vez mais viável para a classificação dos diferentes usos e coberturas do solo. Sensores como o WorldView-2 possuem alta resolução espacial (5 m) e radiométrica (11 bits), características essas que permitem que áreas diminutas sejam analisadas com eficiência. Somado a isso, têm-se os índices de vegetação, medidas radiométricas que permitem explorar as propriedades espectrais das plantas em que se analisa a atividade da vegetação verde, como área foliar, teor de clorofila e biomassa (JENSEN, 2009). Neste trabalho, o índice de vegetação utilizado foi o *Enhanced Vegetation Index-2* (EVI-2), que é um indicador de crescimento das plantas, pois está associado à biomassa vegetal.

Alguns trabalhos utilizaram o EVI-2 nesse contexto, como o trabalho de Bayma-Silva et al. (2014) que avaliou estatisticamente o EVI-2 na discriminação de pastagens plantadas e pastagens naturais em ambiente de transição Pantanal-Cerrado. Os resultados indicaram que em 66% e 80% das imagens de EVI-2 as áreas de pastagens plantadas foram discriminadas das áreas de pastagens naturais, nas estações chuvosa e seca respectivamente. Rosa et al. (2015) demonstraram que o método de classificação MaxVer, aplicado à série multitemporal de imagens EVI-2, conjuntamente com a filtragem *Minimal Noise Fraction* (MNF), mostrou-se eficiente no mapeamento de pastagens plantadas na transição Pantanal-Cerrado, fato comprovado pela exatidão global média de 75%. Alvarenga et al. (2015) discriminaram diferentes sistemas de preparo do solo para plantio de soja. Através de valores de EVI-2, obtidos a partir da imagem WorldView-2, foi possível diferenciar dois sistemas de preparo de solo no cultivo da soja: o sistema de plantio direto e o sistema de preparo convencional (gradagem pesada + gradagem leve).

Na pecuária, a avaliação do desempenho de diferentes sistemas de produção é essencial para o entendimento de sua produtividade. O sistema intensivo (e.g. pastejo rotacionado), por exemplo, é um manejo que, ao alternar períodos de pastejo e períodos de descanso, controla a frequência de desfolha das plantas, tornando a cobertura vegetal mais uniforme. O sistema extensivo, por outro lado, não apresenta tal controle, tendendo a ser menos produtivo.

Assim, esse trabalho tem por objetivo testar o potencial de discriminação do índice de vegetação EVI-2, derivado de uma imagem de alta resolução WorldView-2, na avaliação de: i) 11 tipos de sistemas de produção em pecuária, com diferentes níveis de manejo; e ii) quatro espécies de capim, independente do sistema de produção.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os sistemas de produção avaliados estão distribuídos em cinco áreas experimentais localizadas na Fazenda Canchim, propriedade da Embrapa Pecuária Sudeste, no município de São Carlos, SP (Figura 1 – Tabela 1). A área localiza-se no bioma Cerrado, com precipitação anual de 1362 mm, temperatura anual média de 21,5 °C e clima Cwa ou clima subtropical úmido (Köppen).

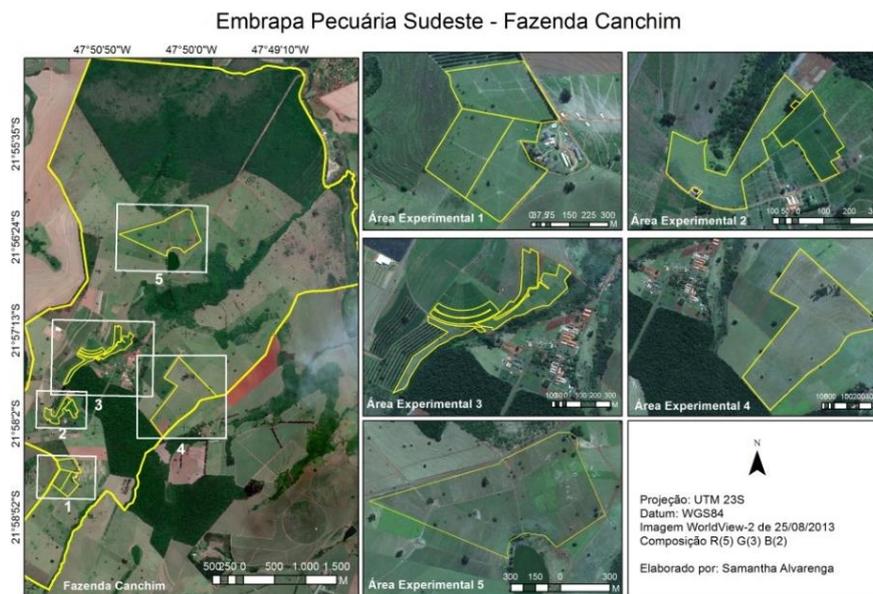


Figura 1. Área de estudo (Fazenda Canchim) e áreas experimentais em produção pecuária.

Tabela 1. Descrição das áreas experimentais e sistemas de produção em pecuária avaliados.

Áreas	Sistema de produção	Tipo de animais	Lotação animal	Aptidão animal	Tipo de manejo	Espécie de capim dominante	Dose de N (kg/ha)
1	1.1 Integração lavoura-pecuária	bovinos	média	corte	pastejo rotacionado	<i>Brachiaria brizantha</i>	203
	1.2 Extensivo	bovinos	baixa	corte	pastejo contínuo	<i>Brachiaria decumbens</i>	0
	1.3 Intensivo	bovinos	baixa	corte	pastejo rotacionado	<i>Brachiaria brizantha</i>	0
2	2.1 Degradado	vacas	baixa	leite	pastejo contínuo	<i>Brachiaria decumbens</i>	0
	2.2 Intensivo irrigado	vacas	alta	leite	pastejo rotacionado	<i>Panicum maximum</i>	>100
3	3.1 Degradado	bovinos	baixa	corte	pastejo contínuo	<i>B. decumbens;</i> <i>B. brizantha</i>	0
	3.2 Intensivo irrigado	bovinos	alta	corte	pastejo rotacionado	<i>Panicum maximum</i>	500 a 700
	3.3 Intensivo recuperado	bovinos	média	corte	pastejo rotacionado	<i>Brachiaria decumbens;</i> <i>Brachiaria brizantha</i>	150 a 250
	3.4 Intensivo de sequeiro	bovinos	alta	corte	pastejo rotacionado	<i>Panicum maximum</i>	400 a 500
4	Extensivo	bovinos	baixa	corte	pastejo contínuo	<i>Brachiaria decumbens</i>	0
5	Intensivo	bovinos	alta	corte	pastejo rotacionado	<i>Brachiaria brizantha</i>	<100



A imagem utilizada nesse trabalho foi obtida a partir do sensor orbital WorldView-2. A imagem possui oito bandas espectrais, sendo elas: azul costal (400 a 450 nm), azul (450 a 510 nm), verde (510 a 280 nm), amarelo (585 a 625 nm), vermelha (630 a 690 nm), borda vermelha (705 a 745 nm), infravermelho próximo (770 a 895 nm) e o infravermelho próximo 2 (860 a 1040 nm) (DIGITALGLOBE, 2014). A imagem é do dia 25 de agosto de 2013, época de seca do clima local.

O EVI-2 se diferencia do EVI por não utilizar a banda azul em sua equação. Esta é a banda que sofre maior interferência atmosférica por se tratar de comprimentos de onda muito baixos (de 450 a 510 nm), melhorando assim o resultado do índice. Este índice de vegetação é associado à quantidade de biomassa, e não só ameniza as interferências da atmosfera como do solo também. O *software* ENVI foi utilizado para a extração dos índices através da ferramenta *band math*.

A equação do índice é:

$$\text{EVI-2: } 2,5 \times \frac{N-R}{N+2,4R+1} \quad (1)$$

Onde N é a banda do infravermelho e R a banda vermelha.

A escolha da população amostral foi realizada no *software* ArcGIS através da definição de pontos aleatórios em cada sistema de produção. Para tanto foi criado um *buffer* interno de três metros para minimizar os efeitos de borda. Foram desconsiderados os pontos gerados sobre árvores, solo exposto em decorrência das trilhas do gado, edificações ou qualquer alvo que não fosse pastagem.

Utilizando o *software* *Statística* (STATSOFT, 2015), aplicou-se o teste não paramétrico Kruskal-Wallis ANOVA nos grupos amostrais. Com os *p-values* do teste Kruskal-Wallis e a soma dos *ranks*, os diferentes sistemas de produção e espécies de capim foram comparados com relação ao atributo EVI-2.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação às análises estatísticas realizadas, observou-se que os testes Kruskal-Wallis ANOVA foram significativos (*p-value* <0,0001) e que, portanto, os conjuntos de dados a partir dos grupos de sistemas de produção apresentaram-se como grupos de amostras independentes em relação ao índice EVI-2. Verificou-se também, através das médias dos ranks, que os sistemas de produção irrigados apresentaram os valores mais elevados e o sistema de produção extensivo com baixa lotação, área experimental 4, valor mais baixo (Tabela 2).



Tabela 2. Estatística descritiva (mediana, média, desvio padrão e erro padrão) e teste não-paramétrico Kruskal-Wallis ANOVA (Rankings – Soma e Média).

Sistemas de produção	No. amostras	Mediana	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Rankings	
						Soma	Média
Integração Lavoura-Pecuária (ILP1)	286	0,90	0,90	0,11	0,01	307046	1074
Extensivo com baixa lotação (EXT_BL1)	272	0,93	0,93	0,10	0,01	331772	1220
Intensivo (INT1)	269	0,97	0,95	0,14	0,01	360075	1339
Extensivo degradado com baixa lotação (EXTDEGR_BL2)	278	1,08	1,05	0,19	0,01	468365	1685
Intensivo irrigado com alta lotação (INTIRR_AL2)	266	1,65	1,67	0,19	0,01	733536	2758
Extensivo degradado com baixa lotação (EXTDEGR_BL3)	245	0,85	0,81	0,15	0,01	194390	793
Intensivo irrigado com alta lotação (INTIRR_AL_3)	293	1,57	1,61	0,26	0,02	768564	2623
Intensivo recuperado com média lotação (INTREC_ML3)	287	1,20	1,19	0,19	0,01	582622	2030
Intensivo de sequeiro com alta lotação (INTS_AL3)	345	1,17	1,15	0,22	0,01	659053	1910
Extensivo com baixa lotação (EXT_BL4)	247	0,67	0,66	0,11	0,01	69598	282
Intensivo com alta lotação (INT_AL5)	264	0,80	0,78	0,17	0,01	183860	696

Legenda: 1,2,3,4,5: áreas experimentais distintas.

Pode ser observado que os maiores valores de média e mediana são os sistemas de tratamento associados com irrigação (INTIRR_AL2 e INTIRR_AL3), com valores de média e mediana de 1,67 e 1,61 e 1,65 e 1,57, respectivamente. Por outro lado, os menores valores foram os sistemas associados à pecuária extensiva (EXTDEGR_BL3 e EXT_BL4) e um sistema intensivo, com alta lotação e baixo nível de fertilização (INT_AL5). Na figura 2 é apresentado o boxplot dos valores médios de EVI-2 dos sistemas de produção.

Através da análise discriminante (Tabela 3), apenas os pares ILP1 e EXT_BL1, EXT_BL1 e INT1, INT1 e EXTGEDR_BL2, EXTDEGR_BL2 e INTS_AL3, INTIRR_AL2 e INTIRR_AL3, EXTDEGR_BL3 e INT_AL5, INTREC_ML3 e INTS_AL3 não se diferenciaram.

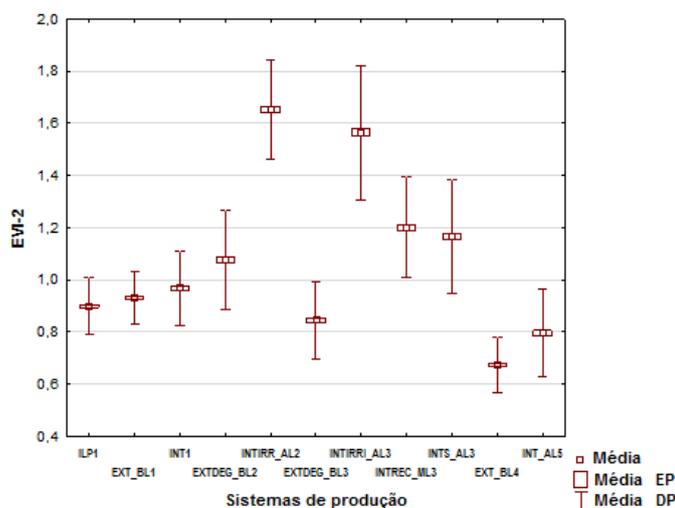


Figura 2. Boxplot dos valores de EVI-2 nos diferentes sistemas de produção em pecuária. Sendo: ILP: Integração Lavoura-Pecuária; EXT_BL: Extensivo com baixa lotação; INT: Intensivo; EXTDEGR_BL: Extensivo degradado com baixa lotação; INTIRR_AL: Intensivo irrigado com alta lotação; INTREC_ML: Intensivo recuperado com média lotação; INTS_AL: Intensivo de sequeiro com alta lotação. 1,2,3,4,5: áreas experimentais distintas.



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2015
10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

Para Balsalobre (2003), a irrigação das pastagens reduz ou elimina os efeitos de estresse hídrico das plantas, fazendo a produtividade do pasto aumentar, além de ser muito importante em épocas de deficiência hídrica (sobretudo em um clima Cwa, em que os invernos são secos). Assim, os efeitos da irrigação são evidenciados pelos altos índices de vegetação nos sistemas irrigados.

Tabela 3. Valor p ajustado do teste de *rankings* (Kruskal Wallis ANOVA, 95% de confiança) para os sistemas de produção pecuária em relação ao índice EVI-2.

EVI-2	ILP1	EXT_BL1	INT1	EXTDEGR_BL2	INTIRR_AL2	EXTDEGR_BL3	INTIRR_AL3	INTREC_ML3	INTS_AL3	EXT_BL4	INT_AL5
ILP1		ns	0,022	0,000	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
EXT_BL1	ns		ns	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
INT1	0,022	ns		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
EXTDEGR_BL2	0,000	0,000	ns		0,000	0,000	0,000	0,000	ns	0,000	0,000
INTIRR_AL2	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	ns	0,000	0,000	0,000	0,000
EXTDEGR_BL3	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	ns
INTIRR_AL3	0,000	0,000	0,000	0,000	ns	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000
INTREC_ML3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		ns	0,000	0,000
INTS_AL3	0,000	0,000	0,000	ns	0,000	0,000	0,000	ns		0,000	0,000
EXT_BL4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
INT_AL5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	ns	0,000	0,000	0,000	0,000	

Legenda: ns - não significativo; demais valores significativos a 5% ou 1%. ILP: Integração Lavoura-Pecuária; EXT_BL: Extensivo com baixa lotação; INT: Intensivo; EXTDEGR_BL: Extensivo degradado com baixa lotação; INTIRR_AL: Intensivo irrigado com alta lotação; INTREC_ML: Intensivo recuperado com média lotação; INTS_AL: Intensivo de sequeiro com alta lotação. 1,2,3,4,5: áreas experimentais distintas.

Aplicou-se também o teste Kruskal-Wallis ANOVA para os grupos de espécies de capim e os resultados foram significativos (*p-values* <0,0001) em relação ao índice EVI-2. Verificou-se também, através das médias dos ranks, que o *Panicum maximum* apresentou os valores mais elevados e a *Brachiaria decumbens*, valor mais baixo (Tabela 4).

A Tabela 5 apresenta a variância entre as espécies de capim, independente dos sistemas de produção, confirmando a discriminação dos sistemas mistos Bb-Bd e de Pm. Para a melhor visualização da comparação dos resultados foi gerado o boxplot dos valores (Figura 3).

Tabela 4. Estatística descritiva (mediana, média, desvio padrão e erro padrão) e teste não-paramétrico Kruskal-Wallis ANOVA (Rankings – Soma e Média).

Espécies de capim	No. amostras	Mediana	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Rankings	
						Soma	Média
<i>Brachiaria brizantha</i>	555	0,92	0,93	0,13	0,006	667121	1202
<i>Brachiaria decumbens</i>	797	0,91	0,90	0,22	0,008	869735	1091
<i>B. brizantha/B. decumbens</i>	532	0,99	1,04	0,25	0,011	777011	1461
<i>Panicum maximum</i>	1168	1,32	1,29	0,39	0,011	2345012	2008

Tabela 5. Valor p ajustado do teste de *rankings* (Kruskal Wallis ANOVA, 95% de confiança) para os sistemas de preparo do solo em relação ao índice EVI-2.

EVI-2	<i>Brachiaria brizantha</i>	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>B. brizantha/B. decumbens</i>	<i>Panicum maximum</i>
<i>Brachiaria brizantha</i>		ns		0,000
<i>Brachiaria decumbens</i>	ns			0,000
<i>B. brizantha/B. decumbens</i>	0,000	0,000		0,000
<i>Panicum maximum</i>	0,000	0,000	0,000	

Legenda: ns - não significativo; demais valores significativos a 5% ou 1%.

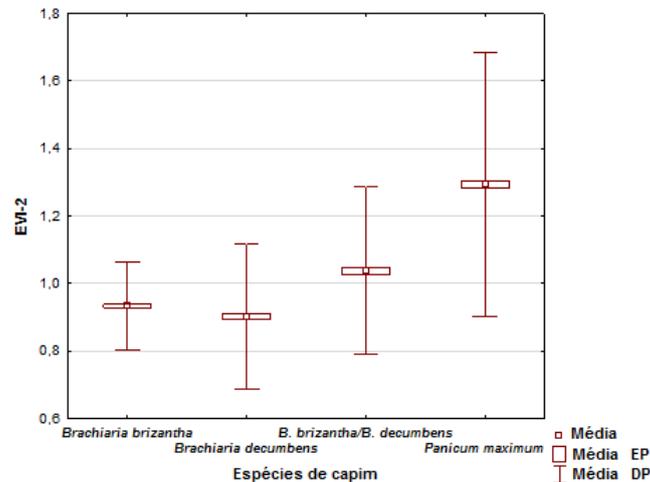


Figura 3. Boxplot dos valores de EVI-2 nas espécies de capim dos sistemas de produção em pecuária.

O *Panicum maximum* tem maior eficiência em sistemas rotacionados e isso, de acordo com Valentim (2001), é consequência de sua morfogênese. A espécie *Panicum maximum* também apresenta maior potencial produtivo em solos profundos, bem drenados e que tenham em média boa fertilidade. Em virtude dessas características, os sistemas com essa espécie receberam fertilização nitrogenada (Tabela 1) e, portanto, tem o valor médio de EVI-2 mais elevado (Figura 3).

4 CONCLUSÃO

Através do EVI-2, gerado a partir da imagem de alta resolução WorldView-2, foi possível diferenciar os sistemas de produção intensivos (fertilizados e irrigados) dos sistemas extensivos e degradados. O manejo animal, por sua vez, interfere na discriminação pois assemelha sistemas intensivos (sem irrigação) com alta lotação a sistemas extensivos com baixa e média lotação. O método utilizado também foi eficiente na discriminação entre *Panicum maximum* e a mistura *Brachiaria brizantha* / *Brachiaria decumbens*. As técnicas em sensoriamento remoto avaliadas neste trabalho são promissoras na diferenciação de sistemas pecuários mais intensivos, considerados mais sustentáveis, dos sistemas tradicionais extensivos, com tendência à degradação.

5 AGRADECIMENTOS

A autora agradece ao CNPQ pela bolsa concedida e ao projeto “Geotecnologias Aplicadas à Dinâmica de Gases de Efeito Estufa na Agropecuária Brasileira – GeoPecus”.



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2015
10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, S. V. R.; NOGUEIRA, S. F.; SILVA, G. B. S. da; VICENTE, L. E.; GREGO, C. R.; FRANCHINI, J. C. Discriminação de sistemas de preparo do solo para plantio de soja por meio de EVI-2 aplicados a dados do sensor WorldView-2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 2701-2707.

BALSALOBRE, M. A. A.; SANTOS, P. M.; MAYA, F. L. A.; PENATI, M. A.; CORSI, M. Pastagens Irrigadas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 265-296.

BAYMA-SILVA, G.; ROSA, C. M.; VICENTE, L. E.; NOGUEIRA, S. F.; VICTORIA, D. de C.; LOEBMANN, D. G. dos S. W.; ANDRADE, R. G. Discriminação de áreas de pastagens plantadas por meio de séries temporais EVI-2. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 5., 2014, Campo Grande, MS. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2014. p. 739-747. 1 CD-ROM.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. **Plano Mais Pecuária**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/Publicacao_v2.pdf>. Acesso em: 15. jun. 2015.

DIGITALGLOBE. **Constellation WorldView-2 Feature Classification**. 2014. Disponível em: <<http://www.digitalglobe.com>>. Acesso em: 15.jun.2015.

JENSEN, J. R. Sensoriamento remoto da vegetação. In: JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. p. 357-410. cap. 11.

ROSA, C. M.; SILVA, G. B. S. da; VICENTE, L. E.; NOGUEIRA, S. F.; VICTORIA, D. de C.; ANDRADE, R. G.; LOEBMANN, D. G. dos S. W. Discriminação de pastagem plantada por meio da classificação supervisionada das séries multitemporais de EVI-2 na transição Pantanal-Cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 3463-3469.

STATSOFT. **STATISTICA (data analysis software system), version 12**. Disponível em: <www.statsoft.com>. Acesso em: 15 jun. 2015.

VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. da C.; MOREIRA, P.; JANK, L.; SALES, M. F. L. **Capim massai (*Panicum maximum* jacq.): nova forrageira para a diversificação das pastagens no Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 16 p. (Embrapa Acre. Circular Técnica, 41).