

**Identificação de Focos de
Arenização no Município de
Manuel Viana, RS, por Meio do
Modelo Linear de Mistura
Espectral**



ISSN 1678-2518

Agosto, 2017

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 201

Identificação de Focos de Arenização no Município de Manuel Viana, RS, por Meio do Modelo Linear de Mistura Espectral

Adalberto Koiti Miura
Mauro Ricardo Roxo Nóbrega
José Maria Filippini Alba
Henrique Noguez da Cunha
Luciana Venzke Pranke

Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392, Km 78

Caixa postal 403, CEP 96010-971 - Pelotas/RS

Fone: (53) 3275-8100

www.embrapa.br/clima-temperado

www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê de Publicações da Unidade Responsável

Presidente: *Ana Cristina Richter Krolow*

Vice-Presidente: *e Enio Egon Sosinski Junior*

Secretária-Executiva: *Bárbara Chevallier Cosenza*

Membros: *Ana Luiza Barragana Viegas, Apes Falcão Perera, Daniel Marques Aquini, Eliana da Rosa Freire Quincozes, Marilaine Schaun Pelufê*

Revisão de texto: *Ana Luiza Viegas*

Normalização bibliográfica: *Marilaine Schaun Pelufê*

Editoração eletrônica: *Rosana Bosenbecker (estagiária)*

Foto de capa: *Leticia Penno*

1ª edição

Obra digitalizada (2017)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Clima Temperado

-
- 119 Identificação de focos de arenização no município de Manuel Viana, (RS), por meio do modelo linear de mistura espectral / Adalberto Koiti Miura... [et al.]. - Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017.
24 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Clima Temperado, ISSN 1678-2518 ; 201)

1. Sensoriamento remoto. 2. Sistema de informação geográfica. 3. Arenização. 4. Manoel Viana – RS.
I. Miura, Adalberto Koiti. II. Série.

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	15
Conclusões	18
Referências	19

Identificação de Focos de Arenização no Município de Manuel Viana, RS, por Meio do Modelo Linear de Mistura Espectral

Adalberto Koiti Miura¹

Mauro Ricardo Roxo Nóbrega²

José Maria Filippini Alba³

Henrique Noguez da Cunha⁴

Luciana Venzke Pranke⁵

Resumo

O presente estudo visa demonstrar a aplicabilidade do modelo linear de mistura espectral na detecção de focos de arenização em imagens de sensores remotos, especificamente o Landsat5TM. Neste sentido, aplicou-se técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento sobre dados matriciais e vetoriais do município de Manoel Viana (RS), que conhecidamente apresenta áreas arenizadas. Foram detectadas cerca de 611 ha de áreas sob o efeito do processo de arenização, com alguns focos bastante significativos, obtendo-se uma exatidão global de 83% e índice de Kappa 0,635. A incorporação de imagens oriundas da transformação por componentes principais, e do modelo linear de mistura espectral foram especialmente vantajosas para distinção das áreas arenizadas.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Modelo Linear de Mistura Espectral, Arenização, Manoel Viana (RS).

¹ Bacharel em Biologia, Doutor em Sensoriamento Remoto, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

² Tecnólogo Ambiental, mestrando do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, UFRGS, Porto Alegre, RS.

³ Bacharel em Química, Doutor em Geoquímica, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

⁴ Acadêmico de Geografia, UFPel, estagiário da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

⁵ Geógrafa, extensionista da Emater, Piratini, RS.

Use of Spectral Linear Mixing Model for Identification of Sandy Patches in Manuel Vianna, RS (Brazil)

Abstract

The aim of this study was demonstrate the applicability of linear spectral mixture model to detect outbreaks of sandy patch process with remote sensors imagery, more specifically with Landsat 5 TM. To that extent, some remote sensing and geoprocessing techniques were applied over raster and vector data of the Municipality of Manoel Viana (RS), which it is acknowledged as sandy areas holder. Around of 611 ha of municipality territory were identified under effect of sandy patch process, with some quite significant outbreaks. For the final map classification, was obtained an overall accuracy of 83% and Kappa index of 0,635. The incorporation of images derived from the principal component transformation and the linear spectral mixing model were particularly advantageous to distinguish the sandy areas.

Index terms: Remote Sensing, Linear Spectral Mixing Model, Sandy Patch Process, Manoel Viana (RS)

Introdução

No Estado do Rio Grande do Sul as atividades agropecuárias contribuem grandemente para as receitas estaduais, entretanto, estas mesmas atividades, quando desenvolvidas de maneira irresponsável são precursoras da degradação ambiental. No Sudoeste do estado, na ecorregião do Bioma Pampa, ocorrem focos naturais de areais (SUERTEGARAY, 1987), no entanto, o manejo inadequado de lavouras e da pecuária tem promovido perda da cobertura vegetal protetora do solo e provocado ou intensificado a arenização nestas áreas (SUERTEGARAY, 2010).

A origem dos areais está associada a processos naturais e ligados à ocorrência de escoamento superficial concentrado sobre regiões pouco vegetadas, de clima úmido. Estes fatores provocariam então, o surgimento de ravinas e voçorocas com o conseqüente depósito de material à jusante.

Manoel Viana, tem se destacado como o município com maior percentual de área arenizada do Rio Grande do Sul (SURTERGARAY, 1993), possivelmente pelo intensivo uso agropecuário das terras, que contribuem com 46,7% do PIB municipal (FEE, 2012).

As geotecnologias como sensoriamento remoto e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm se tornado uma ferramenta rotineira para o levantamento, qualificação e monitoramento de áreas arenizadas ou desertificadas, seja em áreas naturais, rurais ou até mesmo no contexto periurbano (SUERTEGARAY et al., 2001a; SUERTEGARAY et al., 2001b; GEIST; LAMBIN, 2004; NAVONE et al., 2006). Algumas técnicas avançadas de sensoriamento remoto podem conferir um maior incremento na discriminação de alvos na superfície terrestre, como exemplo, citam-se os índices de vegetação, a transformação por componentes principais e o modelo linear de mistura espectral.

Os índices de vegetação são procedimentos principalmente utilizados na detecção e avaliação da condição de cobertura vegetal, em virtude das interações do espectro eletromagnético, nas diferentes bandas espectrais, com os componentes celulares da vegetação e com o solo.

A transformação por componentes principais, em seu turno, são frequentemente aplicadas para diminuição da dimensionalidade dos dados, da redundância (correlação) espectral e para a visualização de informações não disponíveis em outras bandas. Entretanto os resultados desta técnica são de difícil interpretação, pois são dependentes de características intrínsecas da cena e da época analisada.

O modelo linear de mistura espectral assume que o espectro eletromagnético (spectrum) mensurado por um sensor remoto é a combinação de todos os espectros (spectra) refletidos ou irradiados por todos os alvos componentes registrados em um pixel, em função de sua resolução espacial e de seu campo de visada (SHIMABUKURO; SMITH, 1991; BATESON; CURTISS, 1996; ROBERTS et al., 1998). Desta forma a radiância observada em um determinado ponto depende das propriedades físico-químicas dos objetos compreendidos pelo pixel, das interferências atmosféricas e das características fabris do sensor (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007).

A Embrapa Agrobiologia (Seropédica, RJ) lidera o projeto *“Recuperação de áreas degradadas voltadas para áreas de preservação permanente, reserva legal, áreas severamente impactadas uso alternativo com espécies florestais”*, que tem ações de pesquisa no Estado do RS sob responsabilidade do Laboratório de Planejamento Ambiental, da Embrapa Clima Temperado (Pelotas, RS) para apontar as áreas vulneráveis à degradação no estado.

Neste sentido, este estudo busca identificar os focos de arenização e as áreas degradadas por redução e perda da cobertura vegetal no Município de Manoel Viana, com o uso de técnicas de sensoriamento

remoto e SIG, evidenciando as áreas mais susceptíveis à formação de areais, subsidiando discussões sobre o tema e contribuindo assim para a conservação ambiental.

Materiais e Métodos

O Município de Manoel Viana localiza-sena fronteira oeste do Rio Grande Sul, delimitado pelas coordenadas $29^{\circ}11'40''S$, $55^{\circ}51'10''W$ e $29^{\circ}39'55''S$, $55^{\circ}19'47''W$ (Figura 1), tendo como lindeiros os municípios de Alegrete, Maçambará, Itaqui e São Francisco de Assis. Sua área total é de $1.390,7\text{ km}^2$, sendo interceptado ao sul pelo Rio Ibicuí (IBGE, 2012).

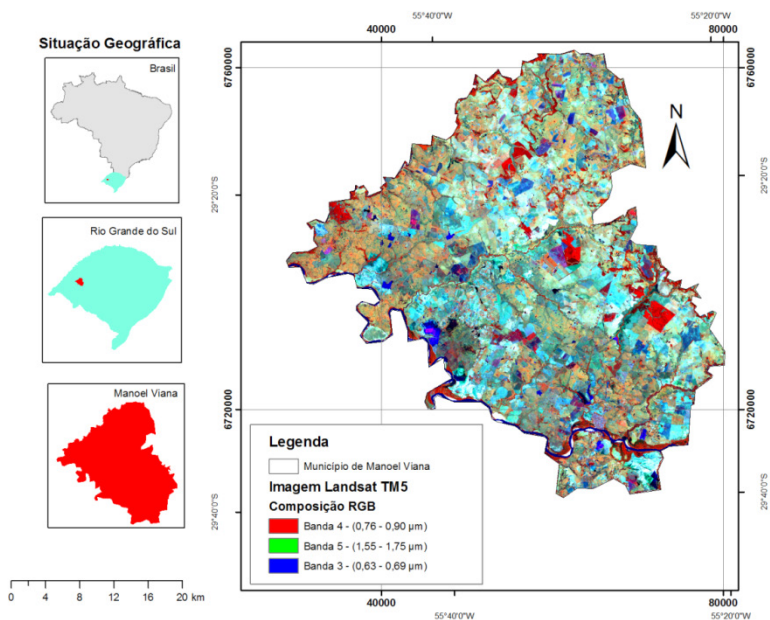


Figura 1. Situação geográfica do Município de Manoel VianaRS. Composição colorida RGB em falsa cor, 453 em 17/10/2011. Pode se observar a vegetação em vermelho áreas de campo (formações herbáceas) em laranja, a água em azul escuro e áreas sem cobertura vegetal em celeste e branco.

Para esta pesquisa utilizou-se uma cena ortorretificada do sensor TM, a bordo do Landsat 5, correspondente à órbita ponto 224/080, de 17 de outubro de 2011, com resolução espacial de 30 m, proveniente do acervo do USGS Global Visualization Viewer- GLOVIS (USGS, 2012).

O processamento digital de imagens e os procedimentos de geoprocessamento foram conduzidos por meio dos *softwares* ERDAS Imagine® 8.7 (LEICA, 2003) e ArcGis 9.3 (ESRI, 2008).

Inicialmente foi feita uma correção atmosférica com base na subtração do pixel escuro (CHAVEZ, 1988), com intuito de minimizar os efeitos de espalhamento, absorção e refração da energia eletromagnética, principalmente nas bandas da faixa do visível. Em seguida, o conjunto de imagens foi transformado em valores de reflectância por meio de uma transformação radiométrica (CHANDER et al., 2009).

Adicionalmente foi calculado o índice de vegetação da diferença normalizada - NDVI (ROUSE et al., 1973), conforme a equação 1.

$$NDVI = \left(\frac{\rho_{(IVP)} - \rho_{(vermelho)}}{\rho_{(IVP)} + \rho_{(vermelho)}} \right) (1)$$

Onde: $\rho_{(IVP)}$ = reflectância na banda do infravermelho próximo, centrado em 0,83 μm no Landsat5 $\rho_{(vermelho)}$; = reflectância na banda do vermelho, centrado em 0,66 μm .

Sequencialmente obteve-se as imagens-fração (solo, vegetação e sombra) através do modelo linear de mistura espectral (SHIMABUKURO; SMITH, 1991; ADAMS et al., 1993). Esta técnica parte do princípio que diferentes alvos estão integrados dentro do campo de visada (fov) do sensor remoto e que um pixel de imagem pode apresentar diferentes percentuais destes mesmos alvos, referentes à equação 2.

$$r_i = \sum_{j=1}^n (a_{(ij)} x_j) + e_{(i)} \quad (2)$$

Onde:

r_i = reflectância de um pixel observada na banda i , composto por um ou mais componentes; $j = 1, 2, 3, \dots, n$ (número de componentes); a_{ij} = reflectância do componente na banda espectral i , x_j = proporção do componente j (*endmember*) dentro do pixel; e_i = erro para a banda i (contribuição residual não considerada pelo conjunto de *endmembers*; $i = 1, 2, 3, \dots, n$ (número de bandas espectrais)).

Esta mistura pode ser desfeita em uma relação linear na qual os principais elementos contidos na imagem são separados em imagens-fração, as quais contêm a proporção dos elementos da imagens de origem, cuja soma destas deve ser igual a 1, conforme expresso na equação 3 (HOLBEN; SHIMABUKURO, 1993; SHIMABUKURO et al., 1998). Cabe salientar que são geradas tantas imagens quantos forem os componentes puros identificados no modelo (VASCONCELOS; NOVO, 2004).

$$0 \leq x_j \leq 1 \quad \text{e} \quad \sum_{j=1}^n x_j = 1$$

A seleção dos *endmembers* (componentes puros), para cada data, foi realizada segundo o método proposto por Bateson e Curtiss (1996), o qual trata sobre a seleção manual de *endmembers*. Este procedimento foi coadjuvado pela análise por componentes principais, com ênfase nos componentes de primeira e segunda ordem, conforme indicações de Boardman (1993). Para este estudo considerou-se como principais *endmembers* o solo, a vegetação e a sombra/água.

As imagens de NDVIs das quatro datas consideradas neste trabalho foram reunidas em arquivo único e submetido à transformação por componentes principais para reduzir a dimensionalidade dos dados, concentrando as informações comuns na primeira componente (SCHOWENGERDT, 2007; FUNG; LEDREW, 1987; MUCHONEY; HAACK, 1994), resultando em melhor separabilidade dos focos de arenização. Este procedimento foi repetido para cada uma das imagens fração obtidas.

Para identificar os focos de arenização procedeu-se a uma classificação supervisionada máxima verossimilhança, na qual amostras de treinamento dos alvos areal, não areal e sedimentos aluviais foram utilizadas como critérios de decisão e de formação de grupos para a classificação (MIURA et al., 2009). Posteriormente, foi aplicado um filtro de moda, tamanho 3x3, com o propósito de reduzir o efeito *saltandpepper* da classificação resultante (GOLDBERG et al., 1975 citado por SCHOWENGERDT, 2007).

Na sequência a classe dos focos de arenização foi vetorizada e incorporada ao ambiente SIG, juntamente com os planos de informação (PI) de limite do município (IBGE, 2004), hidrografia e rede viária (HASENACK; WEBER, 2010).

No SIG foi feita uma análise geográfica, do tipo relacionamento topológico, na qual foram considerados todos os focos de arenização que estivessem contidos no polígono municipal de Manoel Viana e que não estivessem sobrepostos pelo buffer de 50m do PI hidrografia⁶, contudo áreas inferiores a 900m² – 1.000m² foram descartadas por serem consideradas pequenas, cujas dimensões são próximas à área representada pelo pixel do sensor TM do Landsat 5. Por fim, foram gerados os PIs correspondentes às áreas dos focos de arenização, o que permitiu a quantificação e a qualificação dos mesmos.

⁶ Este procedimento foi adotado para excluir as formações de banco de areia junto aos rios, formados em virtude de processos de assoreamento.

Resultados e Discussão

A metodologia utilizada permitiu identificar e mapear os focos de arenização em Manoel Viana. Estas áreas estão dispersas pelo município, entretanto, pode se observar que os maiores pontos ocorrem em torno da área central, distante do perímetro urbano.

O NDVI segundo Tucker et al. (1986) e Teillet et al. (1997) está relacionado com o vigor vegetacional, permitindo identificar o contraste das áreas vegetadas e não vegetadas, característica bastante desejável na discriminação das áreas em processo de arenização.

Como as áreas em processo de arenização na região são caracterizadas pela ausência de cobertura vegetal, a detecção destas áreas foi otimizada com o uso das técnicas como, índice de vegetação NDVI (Figura 2a), Modelo Linear de Mistura Espectral (Figuras 2b, 2c e 2d) e Transformação por Componentes Principais (Figura 3), que intensificaram a detecção do vigor vegetacional e a discriminação das áreas arenizadas das demais classes de uso e cobertura do solo.

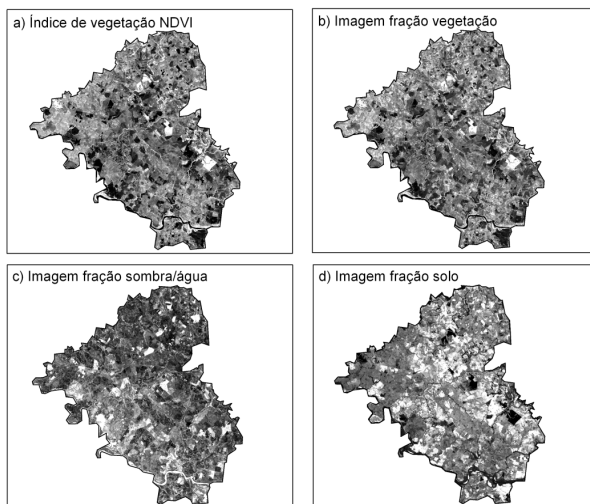


Figura 2. O NDVI e as imagens fração vegetação, sombra/água, e solo em Manuel Viana, RS, 2001.

O Modelo Linear de Mistura Espectral também tem sido utilizado com sucesso no mapeamento de areais no sudoeste de Goiás, por Sousa et al. (2007), na identificação de cicatrizes de queimadas na Amazônia, como o relatado por Lima et al. (2009) e por Ravaglia et al. (2010), quando o método foi aplicado na avaliação de pastagens degradadas no Pantanal.

Na composição RGB das imagens fração solo, vegetação e NDVI (Figura 2), pode-se identificar feições em vermelho, representando as áreas sem cobertura vegetal (estradas, áreas de pousio, arenização, etc.), em verdes, associados à vegetação e as em tons azuis e negras relativas a de corpos hídricos.

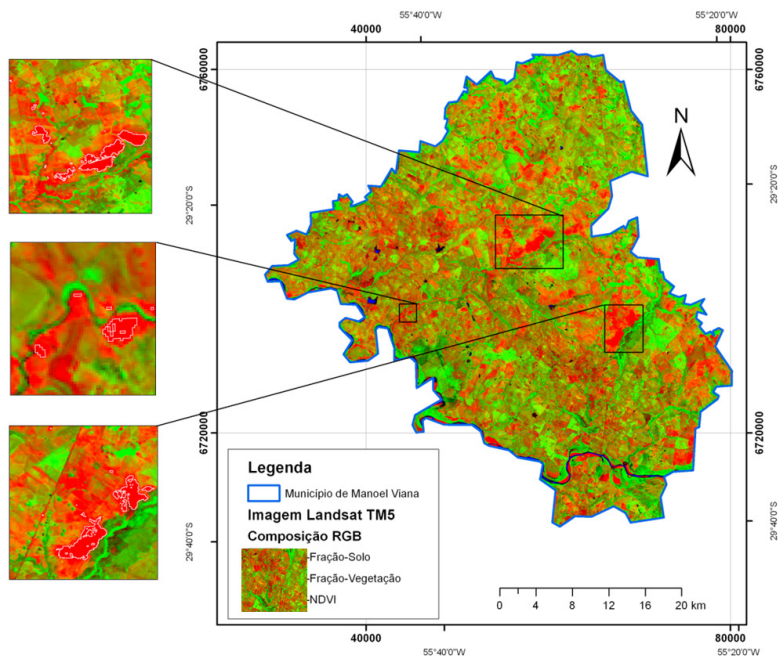


Figura 2. Mapa de áreas degradadas com destaque aos focos de arenização em Manoel Viana, em 2011.

Partindo-se do pressuposto apresentado foi feita a classificação das imagens fração e do NDVI (Figura 3) que conseguiu identificar com maior precisão os focos de arenização. Esta classe totalizou uma área de 610,83 ha de arenização. A classificação obteve uma exatidão global de 85,43% e um Kappa igual a 0,645, o qual segundo Landis e Koch (1977) indica uma concordância substancial entre a amostra de pixels e o resultado observado na classificação. Contudo, apesar dos pixels de areais serem corretamente classificados, houve um erro de comissionamento (14,47%), envolvendo principalmente sedimentos aluviais, estradas e solos agrícolas em preparo. Porém, ao considerar que estes substratos compartilham alguma porcentagem de material arenoso e que os processos envolvidos em sua gênese denotam diferentes graus de antropização, fica mais fácil compreender as causas do erro/desvio desta classificação.

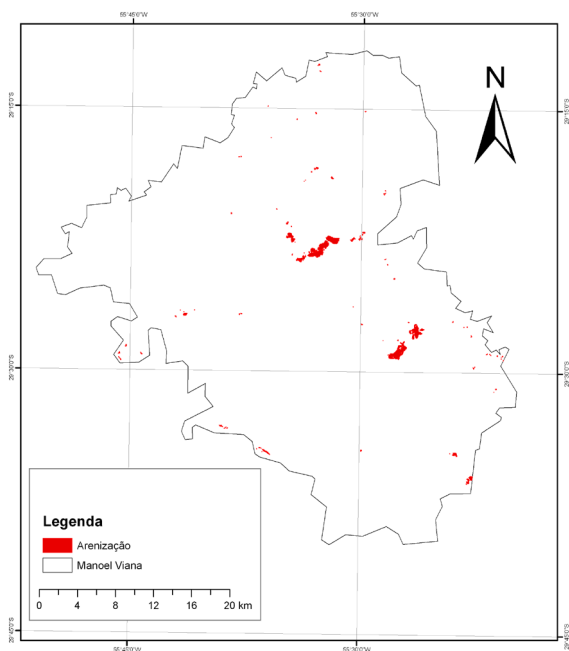


Figura 3. Mapa de áreas arenizadas de Manoel Viana em, 2011.

Conclusões

O município de Manoel Viana possui 610,83 ha de áreas sob efeitos do processo de arenização. Alguns focos são significativos e encontram-se disseminados em todo o território municipal, o que representa uma virtual ameaça de ampliação destas áreas caso medidas corretivas e preventivas não sejam tomadas. Principalmente, ao se considerar que a economia municipal é dependente das atividades agropecuárias da região, responsável por 46,7% de seu PIB.

A incorporação de imagens oriundas da transformação por componentes principais, e do modelo linear de mistura espectral foram especialmente vantajosas para distinção das áreas arenizadas.

Trabalhos pioneiros no estado para a identificação das áreas de arenização (SUERTEGARAY et al., 1993; SUERTEGARAY et al., 2001a; SUERTEGARAY et al., 2001b; ANDRADES FILHO, 2005) utilizaram abordagens metodológicas mais simples (classificação não supervisionada, fatiamento, análise visual, etc.) em virtude dos conhecimentos e tecnologias disponíveis na época. Face ao atual estado da arte das geotecnologias, é possível a atualização e o constante monitoramento destas áreas frágeis sob o risco de arenização, com uma melhor eficiência e rapidez.

Como continuidade, recomenda-se a realização de uma etapa de campo com o propósito de reambulação, permitindo um refinamento da classificação e possibilitando uma melhor avaliação de sua acurácia, principalmente em virtude dos resultados promissores apresentados por este trabalho.

Referências

ADAMS, J. B.; SMITH, M. O.; GILLESPIE, A. R. Imaging spectroscopy: Interpretation based on spectral mixture analysis. In: PIETERS, C. N.; ENGLERT, P. A. J. (Ed.). **Remote geochemical analysis**: Elemental mineralogical composition. New York: Cambridge University Press, 1993. p. 145-166.

ANDRADES FILHO, C. de O.; SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. A. Atualização do mapeamento e quantificação dos areais do sudoeste do RS, através de imagens Landsat TM. In: SIG-SUL 2005 - Simpósio Integrado de Geotecnologias do Conesul, 6, Canoas, 2005. **Anais...** Canoas: UNILASSALE, 2005. p.1-8.

BATESON, A.; CURTISS, B. A method for manual endmember selection and spectral unmixing. **Remote Sensing of Environment**, v. 55, n. 3, p. 229-243, 1996.

BOARDMAN, J. M. Automated spectral unmixing of AVIRIS data using convex geometry concepts. In: ANNUAL JPL AIRBORNE GEOSCIENCE WORKSHOP, 4., 1993, Pasadena, CA. **Summaries...** Pasadena, 1993. v.1, p.11-14. (JPL Publication 93-96).

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. Summary of Current

Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, n. 5, p. 893–903, 2009.

CHAVEZ JR, P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, n. 9, p. 459-479, set. 1988.

ESRI - ENVIROMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS Desktop 9.3 Redlands (CA)**, 2008.1 CD-ROM.

FEE - FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. **Manuel Viana**. Disponível em: <http://www.fee.tche.br/sitefee/eng/content/resumo/pg_municipios_detalhe.php?municipio=Manoel+Viana>. Acesso em: 17 nov. 2012.

FUNG, T.; LEDREW, E. Application of principal components analysis to change detection. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.53, n.12, p. 1649-1658, 1987. Disponível em: <http://eserv.asprs.org/PERS/1987journal/dec/1987_dec_1649-1658.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2013.

GEIST, J. H.; LAMBIM, E. F. Dynamic casual patterns of desertification. **BioScience**, v. 54, n. 9, p. 817-829, 2004.

HASENACK, H.; WEBER, E. (Org.). **Base cartográfica vetorial continua do Rio Grande do Sul** – escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS/Centro de Ecologia, 2010.1 DVD-ROM (Série Geoprocessamento, 3).

HOLBEN, B. N.; SHIMABUKURO, Y. E. Linear Mixing Model applied to coarse spatial resolution data from multispectral satellite sensors. **International Journal of Remote Sensing**, v. 14, n.11, p. 2231-2240, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codmun=431175>>. Acesso em: 17 nov. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).
Malha municipal digital do Brasil. Situação em 2001. v.2. Projeção
Policôniaca. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.1 CD-ROM.

LANDIS, J. R.; KOCH, G G. The measurement of observer agreement
for categorical data. **Biometrics**, n.33, p.159-174,1977.

LEICA, GEOSYSTEMS GIS & MAPPING. **Erdas Imagine 8.7**. Atlanta:
Leica Geosystems GIS & Mapping, 2003. 1 CD-ROM.

LIMA, A.; SHIMABUKURO, Y. E.; ADAMI, M.; FREITAS, R. M. D.;
ARAGÃO, L. E. O. C.; FORMAGGIO, A. R.; LOMBARDI, R. Mapeamento
de cicatrizes de queimadas na Amazônia brasileira a partir da
aplicação do modelo linear de mistura espectral em imagens do
sensor MODIS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO
REMOTO (SBSR), 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos:
INPE, 2009. p. 5925-5932. Disponível em: <[http://bibdigital.sid.inpe.br/
rep/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.14.49](http://bibdigital.sid.inpe.br/rep/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.14.49)>. Acesso em: 17 nov. 2012.

MIRANDA, E. E. de; COUTINHO, A. C. (Coord.). **Brasil visto do espaço**.
Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em:
<<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 1 abr. 2016.

MIURA, A. K.; MIURA, G. M.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y.
E. Detecção de mudanças no uso das terras no município de Pelotas
(RS, Brasil) no período de 1985 a 2007, por meio de processamento
digital de imagens. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO
REMOTO (SBSR), 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos:
INPE, 2009. p. 5997-6004. Disponível em: <[http://marte.dpi.inpe.br/col/
dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.21.36.34/doc/59976004.pdf](http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.21.36.34/doc/59976004.pdf)>. Acesso
em: 17 nov. 2012.

MUCHONEY, D. M.; HAACK, B. N. Change detection for monitoring
forest defoliation. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**,
v. 60, n. 10, p. 1243-1251, 1994.

NAVONE, S.; BARGIELA, M.; MAGGI, A.; MOVIA, C. Indicadores biofísicos de desertificación en el noroeste argentino: desarrollo metodológico. In: ABRAHAM, E.M.; BEEKMAN, G.B. (Ed.). **Indicadores de la desertificación para América del Sur**. Mendoza: LaDyOT; IADIZA; CONICET, 2006. p. 103-111.

PEIXE, A. S. M.; TORRES, M. F. A. Degradação ambiental em fragmento de mata atlântica: reserva ecológica do jardim botânico do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 2011. Disponível em: <www.ufpe.br/rbgfe>.

PONZONI, F. J; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007.

RAVAGLLA, A. G; SIL, L. C.; SANTOS, S. A.; SHIMABUKURO, Y. E.; PELLEGRIN, L. A; SORIANO, B. M.; SILVA, G. A. Uso de um modelo linear de mistura espectral e índice de vegetação na avaliação de pastagens em degradação no Pantanal. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 5, 2010, Corumbá. **Anais...**

ROBERTS, D. A.; GARDNER, M.; CHURCH, R.; USTIN, S.; SCHEER, G.; GREEN, R.O. Mapping Chaparral in the Santa Monica Mountains Using Multiple Endmember Spectral Mixture Models. **Remote Sensing of Environment**, v.65, n.3, p.267-279, 1998.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: ERTS-1 SYMPOSIUM, 3., Washington, DC. **Proceedings...** Washington: NASA, 1973. p. 309-317.

SCHOWENGERDT, R. A. **Remote sensing: models and methods for image processing**. 3rd ed. San Diego: Academic Press, 2007. 515 p.

SHIMABUKURO, Y. E.; BATISTA, G. T.; MELLO, E. M. K.; MOREIRA, J. C. DUARTE, V. Using shade fraction image segmentation to evaluate deforestation in Landsat Thematic Mapper of the Amazon Region.

International Journal of Remote Sensing, v. 19, n. 3, p. 535-541, 1998.

SHIMABUKURO, Y. E.; SMITH, J.A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, p. 16-20, 1991.

SOUSA, M. S.; LOPES, L. M.; FERREIRA-JUNIOR, L. G.; SCOPEL, I.; BORGES, R. O. Avaliação das imagens CBERS/CCD para o mapeamento de areais no Sudoeste de Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 27, n. 2, p. 115-136, 2007.

SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. A.; VERDUM, R. (Org.). **Atlas da Arenização**: sudoeste do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento do Governo do estado do Rio Grande do Sul, 2001. 1. v. Mapas. 84 p.

SUERTEGARAY, D. M. A. **A trajetória da natureza**: um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí/RS. 1987. 243f. Tese (Doutorado em Geografia Física com ênfase em Geomorfologia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SUERTEGARAY, D. M. A.; MOURA, N. S. V.; NUNES, J. O. R. São Francisco de Assis e Alegrete: uma análise geomorfológica da ocorrência de areais. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 3., 1989, Nova Friburgo. **Anais...** p. 384-397.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia física e geografia humana: uma questão de método. **GEOgraphia**, v. 12, n. 23, 2010.

SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. A.; MARTINS, G; ANDRADES FILHO, C.; VERDUM, R.; BASSO, L. A.; MEDEIROS, R. M. V.; BELLANCA, E. T.; BERTÊ, A. M. A. Projeto Arenização no Rio Grande do Sul, Brasil: gênese, dinâmica e espacialização. **Revista Bibliográfica de Geografia e Ciências Sociais**, n.287, 2001. Disponível em: <www.ub.edu/geocrit/b3w-287.htm>. Acesso em: 07 dez. 2012.

SUERTEGARAY, D.M.A.; GUASSELLI, L.A.; MARTINS, G; ANDRADES FILHO, C. Atualização do mapeamento dos areais do sudoeste do RS, através de imagens Landsat TM. In: SIMPÓSIO INTEGRADO DE GEOTECNOLOGIAS DO CONE SUL, 2005, Canoas. **Anais...** Canoas: UNILASALLE, 2005. v. 1. p.1-8.

SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. A.; MARTINS, G. Mapeamento e calculo de área dos areais (SW do RS) através de imagens Landsat TM 5 para fins de monitoramento. **SBRM**,7, 1993. **Anais**.

TEILLET, P. M.; STAENZ, K.; WILLIAM, D. J. Effects of spectral, spatial, and radiometric characteristics on remote sensing vegetation indices of forested regions. **Remote Sensing of Environment**, v. 61, n. 1, p. 139-149, 1997.

THE INCOMING spectral reflectance from different objects to a sensor system. 2013. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Incoming_spectral_reflectance_from_different_objects_to_a_sensor_system.svg>. Acesso em: 1 abr. 2016.

TUCKER, C. J.; SELLERS, P. J. Satellite remote sensing of primary production. **International Journal of Remote Sensing**, v. 7, n. 11, p. 1395-1416, 1986.

USGS. **Global Visualization Viewer (GLOVIS)**. Disponível em: <<http://glovis.usgs.gov>>. Acesso em: 20 jul. 2012.

VASCONCELOS, C. H.; NOVO, E. M. L. M. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí-PA. **Acta Amazônica**, v. 34, n. 3, p. 487-493, 2004.

Embrapa

Clima Temperado

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 11360