

Análise de áreas de arenização em Neossolos Quartzarênicos Órticos, nos estados de RS, GO, TO e PI, por meio de NDVI

Letícia Celise Ballejo de Oliveira¹

Laurindo Antonio Guasselli¹

Dirce Maria Antunes Suertegaray¹

¹Programa de Pós-Graduação em Geografia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Bento Gonçalves, 9500. Prédio 43113 -Sala 203 - Campus do Vale
CEP: 91501-900 - Porto Alegre/RS

leticelise@yahoo.com.br; laurindo.guasselli@ufrgs.br, dircesuerte@gmail.com

Abstract.

The concept arenization was initially set to the southwest of Rio Grande do Sul (Suertegaray, 1987), but in Brazil there are other subject areas in arenization process. In these areas, studies of different researchers indicate the presence of soils Neossolos Quartzarênicos Órticos (RQo), associated with processes of arenization. Therefore the paper aims to analyze areas of arenization associated with soils RQo in Rio Grande do Sul, Goiás, Tocantins and Piauí, using NDVI/MODIS images. The methodology consisted of analysis of variation monthly of NDVI values from MODIS. Three samples were selected in areas of soils RQo in each of the study areas in 2013. Was performed the averaging of pixels that made up each of the samples and plotted in graphs. The results showed differences in the behavior of NDVI values in each area. It has been found that, although areas of occurrence of the arenization process on the same soil type, one should take into account several different factors, such as the bedrock, the type of vegetation, weather, and especially the types of land use. These factors can intervene in reflectance of samples and hence in the NDVI values. It was concluded that the use of NDVI was effective with regard to the objectives of this study, allowing the seasonal monitoring and the construction of temporal profiles of the areas of arenization associated with soils RQo.

Palavras-chave: NDVI; temporal variation; arenization; neossolos quartzarênicos órticos; NDVI; variação temporal; arenização; neossolos quartzarênicos órticos.

1. Introdução

Arenização é “o processo de retrabalhamento de depósitos arenosos pouco ou não consolidados, que acarreta nessas áreas uma dificuldade de fixação da cobertura vegetal, devido à intensa mobilidade dos sedimentos pela ação das águas e dos ventos.” (Suertegaray, 1987). Os areais constituem a forma mais evidente desse processo. Consequentemente, para esta autora, arenização indica uma área de degradação, relacionada ao clima úmido, em que a diminuição do potencial biológico não desemboca, em definitivo, em condições de tipo deserto. Ao contrário, a dinâmica dos processos envolvidos nesta degradação dos solos é fundamentalmente derivada da abundância de água. Entretanto estes processos de erosão de solo, por sua vez se revelam de significância social na medida em que, nas áreas nominadas, o uso do solo é indicado, se não totalmente, pelo menos em parte, como desencadeador ou intensificador da arenização.

O conceito de arenização foi definido inicialmente para o sudoeste do Rio Grande do Sul, mas no Brasil existem outras áreas sujeitas ou em processo de arenização, como, por exemplo, sudoeste de Goiás, o sudoeste do Piauí e o leste do Tocantins. Nessas áreas, estudos de diferentes pesquisadores (Cristo, 2013; Souza et al., 2012; Scopel et al., 2012) indicam a presença de solos Neossolos Quartzarênicos Órticos (RQo), associados aos processos de erosão e ou degradação do solo.

Os Neossolos Quartzarênicos Órticos (RQo) são solos com sequência de horizontes A-C ou A, AC, C sem contato lítico dentro dos primeiros 50cm de profundidade, apresentando

textura areia ou areia franca nos horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico” (EMBRAPA, 1999).

Ainda que os areais resultem de um processo de degradação, o que é mais amplo que a degradação do solo, envolvendo um conjunto de fatores interdependentes, é primordial a relação entre RQo e os areais, pois a ocorrência de areais está associada aos solos RQo” (Souza et al., 2012, p. 576).

Assim, considera-se relevante analisar essas áreas, objetivando avaliar suas características e dinâmicas atuais, já que elas podem revelar um ponto convergente do processo de arenização, o tipo de solo RQo.

Nesse contexto o Sensoriamento Remoto apresenta uma série de abordagens para o entendimento e espacialização da dinâmica relativa aos processos de arenização (Guasselli, 2012).

Com o avanço tecnológico dos últimos anos, os sensores remotos orbitais, desenvolveram características capazes de fornecer parâmetros precisos para monitorar continuamente os elementos naturais. Um exemplo é o sensor MODIS (*MODerate resolution Imaging Spectrometer*) abordo do satélite Terra que tem se destacado como um importante recurso nos estudos da dinâmica de alvos naturais. Um dos produtos fornecidos pelo MODIS é o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*).

Diante disso esse trabalho tem como objetivo analisar áreas de arenização associadas aos solos Neossolos Quartzarênicos Órticos no Rio Grande do Sul, Goiás, Tocantins e Piauí, utilizando imagens de NDVI/MODIS.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

A análise das áreas em processo de arenização envolve municípios localizados em quatro estado brasileiros: Maçambará no Rio Grande do Sul, Serranópolis em Goiás, Mateiros no Tocantins e Gilbués no Piauí. (Figura 01)



Figura 01: Localização das áreas de estudo - Brasil.

Em todos os municípios há a ocorrência de solos do tipo RQo. Scopel et al., (2012) ao estudar, com maior detalhe e em parceria com os pesquisadores da UFRGS, os solos da região sudoeste do RS (Fig.2a) descreve-os como solos que “apresentam cores avermelhadas ou

amarelo-avermelhadas, muito salientes no P1RS (perfil 1) e no P2RS (perfil 2). Geralmente, a cor mais avermelhada deve-se ao óxido de ferro, na forma oxidada. Os solos estudados foram classificados como de textura “areia”, contendo ao redor de 90% de areia” sendo esses solos na região classificados como RQo” (Scopel et al., 2012, p.511).

É sobre este solo que se verifica o processo de erosão descrito como Arenização (Suertegaray 1987, 1998, 2012), Verdum, (1997), Suertegaray et al. (2001), para o sudoeste do RS. Este processo ainda que originalmente seja considerado como natural, apresenta em algumas áreas intensificação da erosão em decorrência do uso do solo feito através de lavouras comerciais (soja) e mais recentemente a silvicultura com eucalipto.

O processo de degradação do solo, na região sudoeste de Goiás (Fig.2b), decorre do uso inadequado do solo que já vem ocorrendo há algumas décadas. De acordo com Souza et al. (2012, p. 584), “já no início da década de 1980, quando o melhoramento técnico, induzido pelo Estado, viabilizou a produção agrícola no Cerrado, as culturas como a da soja passaram a ser produzidas nas áreas de chapadão e a pecuária intensificou-se nas depressões de solos arenosos ou “mistos”. Os baixos preços das terras arenosas tornaram-nas atrativas para investidores, especialmente, vindo de outros estados, para a implantação de pastagens e, ainda, da cana-de-açúcar, sob incentivo do Proálcool”.

Na região Nordeste do Tocantins (Fig.2c) tem-se que, do ponto de vista da formação geológica, a área faz parte da Bacia São Franciscana com a seguinte estratigrafia: Granito, datado do Cambriano sobreposto pelas camadas de calcário do Neo-Proterozóico (Grupo Bambuí) e na continuidade datando do Cretáceo, tem-se os arenitos do grupo Urucuaia. É representativa de um ambiente desértico constituído de dunas com presença de estratificação cruzada de grande porte. É composta por arenitos finos a médios, róseos, impuros, com alguns conglomeráticos, mais argilosos na base.



Figura 2. Paisagens dos areais no Brasil: (a) Maçambará - RS; (b) em Serranópolis - GO; (c) em Mateiros - TO; (d) em Gilbués - PI. Fontes: Suertegaray et al. (2001); Scopel et al. (2012); Suertegaray et al. (2012); Ivamauro Silva 2012.

A área do Sudoeste do Piauí - Gilbués (Fig.2d), cujo o material de origem do solo é oriundo da alteração de rochas sedimentares, os solos são espessos, friáveis, porosos e arenosos e pobres em matéria orgânica. Na região mais a sudoeste no limite com Maranhão tem-se a presença de solo do tipo RQo. Pesquisas realizadas consideram esta área como um dos principais núcleos de desertificação do NE brasileiro e tem centrado suas análises espaciais em relação a variabilidade do clima Sales (2003), Vieira et al. (2007); em mudanças espaço-temporais da cobertura vegetal Carvalho (2007), Carvalho (2009) e Viana et al. (2010). Entretanto, para Crepani (2009) “o Núcleo de Desertificação de Gilbués, não parece ter nenhuma relação com variações climáticas, estando relacionado exclusivamente às atividades humanas, que vêm acontecendo por centenas de ano. São caracterizadas pela alteração da cobertura vegetal que expõe um raro tipo de associação de solos, de alta fertilidade e pouca resistência à erosão, às severas condições regionais de concentração pluviométrica (alta intensidade pluviométrica) o que implica na exposição do embasamento rochoso sedimentar que, por sua vez, é responsável pela redução ou perda da fertilidade e da produtividade biológica ou econômica, sintomática da degradação de terras” Crepani (2009, p.5192).

2.2 Aquisição das Imagens MODIS

A metodologia consistiu primeiramente na aquisição das imagens do sensor MODIS, dados de NDVI. O produto MODIS selecionado foi o MOD13, imagens de 16 dias, com resolução espacial de 250m e órbita h11v9, adquiridas gratuitamente através do site da NASA (<http://reverb.echo.nasa.gov/>). Foram obtidas 23 imagens para cada município do ano de 2013, entretanto, após uma análise visual das imagens, utilizou-se um número menor de imagens por município, devido à presença de nuvens sobre nas áreas de estudo e erro na disponibilização dos arquivos, o que impedia a boa visualização.

Tabela 1. Datas das imagens NDVI/MODIS - ano 2013

Município	Datas das imagens
Maçambará - RS	01/01, 17/01, 02/02/, 06/03/, 22/03, 07/04, 23/04, 09/05, 25/05, 10/06, 26/06, 12/07, 28/07, 13/08, 29/08, 14/09, 30/09, 16/10, 01/11, 17/11, 03/12
Serranópolis - GO	01/01, 18/02, 06/03, 07/04, 23/04, 09/05, 25/05, 10/06, 26/06, 12/07, 28/07, 13/08, 30/09, 17/11, 03/12, 19/12
Mateiros - TO	02/02, 18/02, 23/04, 09/05, 25/05, 10/06, 26/06, 12/07, 28/07, 13/08/, 30/09, 16/10, 19/12
Gilbués - PI	02/02, 18/02, 22/03, 07/04, 23/04, 09/05, 25/05, 10/06, 26/06, 12/07, 28/07, 13/08, 29/08, 14/09, 16/10, 17/11, 19/12

O NDVI é um índice calculado a partir das regiões do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético. Esse índice foi desenvolvido por Rouse et al. (1973) e calculado a partir da seguinte equação:

$$NDVI = (IVP - V) / (IVP + V)$$

Onde: NDVI - Índice de Vegetação de Diferença Normalizada; IVP - Infravermelho próximo; V - Vermelho.

Os valores de NDVI variam de -1 a +1, onde normalmente superfícies com alguma vegetação apresentará um valor que irá variar de 0 a 1, já para superfícies como água e nuvens o valor geralmente irá ser menor que zero.

Baptista e Munhoz (2009, p. 1072) "ressaltam que o NDVI é um método de determinação do vigor da vegetação por meio de diferença normalizada entre o pico de reflectância no infravermelho próximo e a feição de absorção de energia eletromagnética na região do vermelho utilizada na fotossíntese”.

2.3 Amostragem e Análise dos dados

Para cada município foram selecionadas três amostras em áreas de ocorrência de solos RQo. Buscou-se selecionar amostras representativas da cobertura vegetal típica da região ou das práticas de uso do solo para analisar a dinâmica espaço-temporal da variação do NDVI em áreas de solos RQo.

No software ENVI realizou-se o cálculo da média dos pixels que compunham cada uma das amostras para as datas de imagens do ano de 2013. Esses valores foram plotados em gráficos representando a variação mensal do NDVI.

3. Resultados e Discussão

A variação de NDVI em áreas de solos RQo em Maçambará (RS), Serranópolis (GO), Mateiros (TO) e Gilbués (PI) é apresentada na Figura 3. Em Maçambará, Figura 3a, a amostra 01 apresentou os maiores valores de NDVI, variando entre 0,687 a 0,557. O que indica uma maior presença de cobertura vegetal, normalmente de campos sulinos, em relação às outras amostras. A amostra 03 foi a que apresentou os menores valores, e a menor variação ao longo do ano, variando entre 0,271 em 29/08 a 0,363 em 07/04. De modo geral, as três amostras não apresentaram uma variação de NDVI significativo ao longo do ano de 2013, não exibindo um comportamento sazonal como era esperado.

Na Figura 3b de Serranópolis, as amostras 01 e 02 apresentam um comportamento semelhante, com altos valores de NDVI até o mês de março, apresentam declínio até o mês de outubro, quando começam a aumentar, atingindo seu pico em dezembro. A amostra 03 apresenta um comportamento diferenciado, e valores maiores de maio a agosto, com dois picos de declínio em abril e setembro.

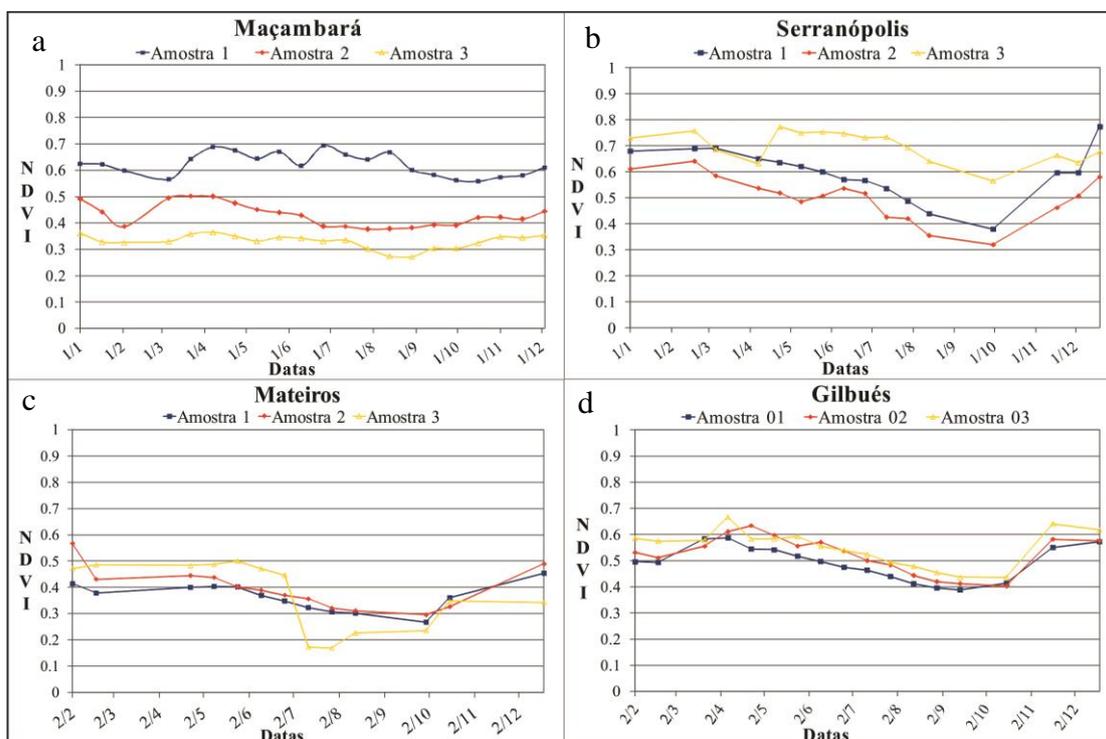


Figura 3. Gráficos da variação temporal das amostras de NDVI do ano de 2013: (a) Maçambará - RS; (b) em Serranópolis - GO; (c) em Mateiros - TO; (d) em Gilbués - PI.

Na variação de NDVI, Figura 3c, referente a Mateiros, as amostras 01 e 02 apresentam comportamento semelhante. Nos primeiros meses do ano inicia-se com valores mais altos de NDVI (0,414 e 0,567) e ao longo do ano vão diminuindo até ter seu pico mínimo em 30 de setembro (0,268 e 0,295). A partir de outubro os valores começam aumentar. A amostra 03

apresenta valores constantes – entre 0,45 a 0,5 de NDVI – até o mês de junho. A partir de julho observa-se uma queda acentuada nos valores de NDVI (0,173), permanecendo não muito elevados até os últimos meses do ano, chegando ao máximo por volta de 0,347.

Nas amostras em Gilbués, Figura 3d, as três amostras apresentam comportamento dos valores de NDVI muito semelhantes, com declínio ente setembro e outubro.

A Figura 04 apresenta as médias das três amostras para cada município em áreas de solo RQo. Esses solos têm alto percentual de areia, em geral mais de 90%, pouca capacidade de retenção de água, com alta probabilidade de deficiência hídrica e esgotamento muito rápido dos nutrientes minerais. O comportamento dos valores de NDVI apresentou diferenças nas quatro áreas, ainda que sejam áreas de ocorrência de processos de arenização/desertificação em solos RQo. Segundo Sousa et al. (2012) a idade, a gênese do processo e os principais tipos ou modelos de areais, são diversos. Assim a resposta espectral nas imagens de satélite, pode evidenciar essas diferenças associadas aos solos RQo, a partir de seus constituintes.

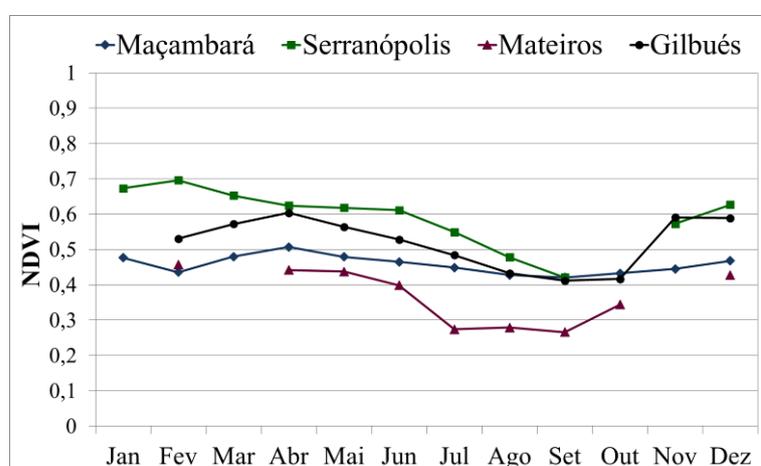


Figura 4. Gráfico das médias das amostras de NDVI das quatro áreas de estudo.

Os valores médios de NDVI em Maçambará (Figura 04) apresentaram pouca variação durante o ano e não atingiram valores muito elevados (máximo 0,5), indicando áreas com reduzida biomassa vegetal e maior influência do solo RQo. Em Maçambará, de acordo Suertegaray (1987) os areais são de origem natural, podendo ser intensificados pela atividade pastoril ou agrícola, mas não resultam apenas de intervenção antrópica. Silva (2012) ao analisar as unidades de paisagem e interpretar a sua relação com os areais do sudoeste do RS cita Marchiori (1992) e Quadros e Pillar (2002) que interpretam a origem dos campos sulinos como decorrentes de mudanças climáticas pretéritas.

Segundo Sousa et al. (2012) na região sudoeste de Goiás, os areais são formas recentes na paisagem. Não foram registrados antes por moradores mais antigos, e nem aparecem em fotografias aéreas de 1964/65/66. Assim, de acordo com os autores, entende-se que sua ocorrência está associada ao uso, especialmente com o processo de desmatamento e mecanização. No município de Serranópolis, onde a ocorrência é mais expressiva, o principal condicionante foi a exploração de áreas vegetadas, potencialmente favoráveis à formação de areais, com o plantio de cana-de-açúcar e pastagem por um ou mais ciclos, a partir da década de 1980. Os valores médios de NDVI em Serranópolis (Figura 04) foram mais elevados do que nas outras áreas, indicando maior presença de cobertura vegetal, referente a lavouras/pastagens. O seu comportamento sazonal mostra um declínio entre os meses de agosto a outubro, que pode estar relacionado ao ciclo de produção agrícola.

Os valores médios de NDVI das amostras em Mateiros (Figura 04) foram os menores, indicando que nessa área em relação às outras, há menor presença de cobertura vegetal. Na

região de Mateiros, de acordo com Cristo (2013) os solos RQo aparecem sob a vegetação de Cerrado principalmente do tipo Cerrado Senso Restrito, Campo Limpo e Campo Sujo, tendo como material de origem arenitos diversos. Esse tipo de vegetação permite a maior reflectância do solo, conseqüentemente baixando os valores do NDVI. Entretanto, observa-se que a partir do mês de junho, os valores de NDVI sofrem uma acentuada queda e permanecem baixos até setembro, girando em torno de 0,27. Essa diminuição dos valores médios do NDVI pode estar relacionada com a precipitação pluviométrica da região. Segundo Cristo (2013), na região de Mateiros ocorre uma distribuição sazonal de precipitações durante o ano, com um período seco que chega a 0 mm e ocorre entre os meses de maio a setembro. A falta de chuva por longos períodos influencia diretamente no comportamento da vegetação sendo inapropriado para o desenvolvimento da planta. Por mais que a área apresente uma cobertura vegetal rarefeita, a falta de chuva pode ocasionar a diminuição dos valores de NDVI.

Em Gilbués, os valores médios de NDVI das amostras se mantêm entre 0,6 a 0,5 até o mês de Julho, onde apresenta uma queda não muito acentuada, se mantendo por volta de 0,4 até o mês de outubro, onde começa novamente a aumentar. De acordo com Lopes et al. (2011), o município de Gilbués sofre de uma intensa degradação ambiental, sendo considerado pelas organizações nacionais e internacionais, a maior área em processo de desertificação do país. A degradação de solos no Município de Gilbués caracteriza-se pela intensa e extensa exposição do substrato rochoso sedimentar incapaz de sustentar a biodiversidade, causada pelo agudo processo de perda das camadas superiores do solo, ricas em nutrientes (Crepani, 2009). Desse modo, a queda dos valores de NDVI de julho a outubro, pode estar relacionada com a retirada da cobertura vegetal para algum tipo de uso do solo. Segundo Crepani, (2009) a degradação dos solos em Gilbués se dá pela retirada da cobertura vegetal nativa, correspondente à Savana Estépica Arborizada, por conta de alguma atividade de uso da terra (pecuária, agricultura de subsistência, lenha e carvão, garimpo de diamantes, etc.).

4. Conclusões

A análise das áreas de arenização associadas aos solos Neossolos Quartzarênicos Órticos por meio de imagens de NDVI do sensor MODIS evidenciou diferenças no comportamento temporal do NDVI entre as áreas de estudo no ano de 2013. De acordo com os resultados, pode se constatar que, apesar de serem áreas de ocorrência do processo de arenização sobre o mesmo tipo de solo, deve-se levar em conta alguns fatores distintos, como por exemplo o substrato rochoso, o tipo de vegetação, o clima e principalmente o uso do solo atuante em cada área. Esses fatores são capazes de intervirem na reflectância das amostras selecionadas e conseqüentemente nos valores de NDVI.

Assim, conclui-se que o emprego do índice NDVI mostrou-se eficaz no que se refere aos objetivos do presente trabalho, permitindo o monitoramento sazonal e a construção de perfis temporais das amostras das áreas de arenização associadas aos solos Neossolos Quartzarênicos Órticos.

Referências

Crepani, E. Núcleo de Desertificação de Gilbués observado pelo Sensoriamento Remoto e pelo Geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14. 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. Artigos, p. 5185- 5192. 25-30 abril 2009, INPE, p. 5185-5192. 2009.

Cristo, S. S. V. **Abordagem geográfica e análise do patrimônio geomorfológico em unidades de conservação da natureza:** aplicação na estação ecológica Serra Geral do Tocantins e área de entorno - estados do Tocantins e Bahia. 2013. 245p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2013

Guasselli, L.A. O mapeamento de areais a partir de sensoriamento remoto. In: Suertegaray, D. M. A.; Silva, L. A. P. da; Guasselli, L.A. (Org.). **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Editora ComPasso lugar-cultura, 2012. p. 97-123.

Lopes, L. S. O.; Santos, R. W. P.; Filho, M. A. M. Núcleo de desertificação de Gilbués (PI): causas e intervenções. **Revista Geografia (Londrina)**. V. 20, n. 2, p. 53-66, 2011.

Scopel, I.; Suertegaray, D. M. A.; Souza, M. S.; Peixinho, D. M.; Ferreira, D. M. Neossolos Quartzarênicos Órticos das áreas de areais do sudoeste do Rio Grande do Sul: características físicas e morfológicas. In: Suertegaray, D. M. A.; Silva, L. A. P. da; Guasselli, L.A. (Org.). **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Editora ComPasso lugar-cultura, 2012. p.503-542.

Silva, L. A. P. Paisagem cim areais: ecossistema testemunho, uma janela temporal. In: Suertegaray, D. M. A.; Silva, L. A. P. da; Guasselli, L.A. (Org.). **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Editora ComPasso lugar-cultura, 2012. p. 307-351.

Sousa, M. S.; Scopel, I.; Peixinho, D. M.; Martins, A. P. O processo de arenização no sudoeste de Goiás. . In: Suertegaray, D. M. A.; Silva, L. A. P. da; Guasselli, L.A. (Org.). **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Editora ComPasso lugar-cultura, 2012. p. 549-597.

Suertegaray, D. M. A.; Silva, L. A. P.; Guasselli, L.A. (Org.). **Arenização natureza socializada**. Porto Alegre: Editora ComPasso lugar-cultura e Imprensa Livre, 2012. p. 597.

Suertegaray, D. M. A.; Guasselli, L.A.; Verdum, R. **Atlas da Arenização Sudoeste do Rio Grande do Sul**. Secretaria da Coordenação e Planejamento do Estado do Rio Grande do Sul e Secretaria da Ciência e Tecnologia Governo do Estado do RS, 1.ed. Porto Alegre, 2001. 84p.

Suertegaray, D.M.A. **Deserto Grande do Sul: controvérsia**. 2ª edição. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1998. 74p.

Suertegaray, D. M. A. **A Trajetória da Natureza: um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí-RS**. 1987. 243p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 1987.

Verdum, R. 1997. **Approche géographique des déserts dans les communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana – État do Rio Grande do Sul - Brésil**. Tese de Doutorado. Université de Toulouse II - Le Mirail. U.T.H. França, 211p.