



## PRECIPITAÇÕES EXTREMAS EM ALEGRETE (RS): UM ENSAIO SOBRE SUA OCORRÊNCIA NO SÉCULO XX.

FABIO SANCHES<sup>1</sup>  
ROBERTO VERDUM<sup>2</sup>  
GILBERTO FISCH<sup>3</sup>

**Resumo:** Informações do 5º Relatório de Avaliação das Mudanças do Clima do Planeta (AR5) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) afirmam que os eventos extremos de precipitação se tornarão mais intensos e frequentes até o final do século XXI. Este trabalho objetiva identificar as frequências, absoluta e relativa, dos eventos intensos de precipitação e seu tempo de retorno, para a região de Alegrete (RS) no século XX. Foram utilizados dados pluviométricos diários dos postos da Agência Nacional de Águas (ANA) no período de 1928-2009. Os resultados indicam que os dias com chuvas entre 50 mm e 80 mm são comuns todo ano. Dias com chuvas  $\geq 100$  mm ocorrem uma vez ao ano. Dias com chuvas  $\geq 150$  mm,  $\geq 160$  mm,  $\geq 170$  mm e  $\geq 180$  mm apresentam, respectivamente, tempo de retorno de oito anos, 21 anos, 27 anos e 82 anos. Esses eventos intensos são responsáveis por parte da dinâmica da arenização em Alegrete (RS).

**Palavras-chave:** Arenização, série temporal, sudoeste do Rio Grande do Sul, mudanças climáticas.

**Abstract:** The 5th Assessment Report (AR5) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) says that extreme precipitation events will become more intense and frequent to the end of the XXI century. This study aims identify the frequency, absolute and relative, of intense precipitation events and their time of return to the region *Alegrete* (RS) in the twentieth century. Were used daily rainfall data from stations of the *Agência Nacional de Águas* (ANA) in the period 1928-2009. The results show that the rainy days with between 50mm and 80mm are common every year. Days with rainfall  $\geq 100$ mm occur once a year. Days with rainfall  $\geq 150$ mm and  $\geq 160$ mm,  $\geq 170$ mm and  $\geq 180$ mm respectively show return time of 8 years, 21 years, 27 years and 82 years. These intense events are responsible for part of the dynamics of sandization in *Alegrete* (RS).

**Keywords:** Sandization, time series, southwest of *Rio Grande do Sul*, climate change.

### 1 – Introdução

A publicação do 5º Relatório de Avaliação das Mudanças do Clima do Planeta (AR5), organizado pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), em setembro de 2013 (<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>), reforçou as evidências publicadas anteriormente (AR4) sobre as mudanças climáticas.

<sup>1</sup> Professor Adjunto na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – *campus* Erechim (RS). e-mail: fsanches.73@gmail.com.

<sup>2</sup> Professor Associado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). e-mail: verdum@ufrgs.br.

<sup>3</sup> Pesquisador do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE/DCTA). e-mail: fisch.gilberto@gmail.com



Com base em análises científicas independentes o AR5 apontou o aquecimento do sistema climático como inequívoco e que, desde a década de 1950, as mudanças observadas são sem precedentes: aquecimento da atmosfera e dos oceanos, diminuição das superfícies de gelo e neve, elevação do nível do mar e aumento nas concentrações de gases do efeito estufa (IPCC, 2013).

Um de seus destaques reside na ideia de que, com o aumento da temperatura média da superfície global, os eventos extremos de precipitação sobre os continentes em latitudes médias e regiões tropicais, muito provavelmente, se tornarão mais intensos e frequentes até o final do século XXI (IPCC, 2013).

Seguindo nessa perspectiva, Marengo (2007) acredita que as evidências de mudanças no clima poderiam afetar significativamente o planeta, de maneira muito mais rigorosa nos países menos desenvolvidos na região tropical, especialmente, em relação aos extremos climáticos. Nesse contexto, o autor afirma que o Brasil pode tornar-se vulnerável às mudanças climáticas atuais e, mais ainda, às mudanças que se projetam para o futuro, sobretudo, aquelas associadas aos eventos climáticos intensos.

Mendonça (2006) defende que os prognósticos contidos nos relatórios do IPCC consideram que as variações dos componentes do ciclo hidrológico, com destaque para a precipitação e a evapotranspiração, atuarão sobre a distribuição de água no planeta de forma diferenciada, o que levaria certas regiões a terem um incremento em seus volumes de água e, dessa forma, intensificando a ocorrência de chuvas torrenciais, enchentes, deslizamentos, movimentos de massa e processos erosivos.

Considerando a porção sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, em meio à formação campestre do bioma Pampa, existem áreas com solos arenosos e descobertos, conhecidos localmente por areais.

Análises desenvolvidas por Verdum (1997; 2004) sobre a dinâmica hidroclimática nos processos morfoesculturais na região dos areais, comprovam que as chuvas irregulares e, por vezes, torrenciais são responsáveis pela formação de ravinas e voçorocas.

Dessa forma, associando os estudos desenvolvidos por Suertegaray (1987; 2012), Suertegaray *et al.*, (2001) e Verdum (1997; 2004; 2012) é possível considerar que a dinâmica da água nesses solos (arenosos) seja a responsável pela dinâmica dos processos superficiais concentrados, os quais originam sulcos, ravinas e voçorocas, seja devido às intensas precipitações ou, seja pela participação da água junto à superfície e sub-superfície.

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho consiste na identificação da frequência (absoluta e relativa) dos eventos intensos de precipitação, bem como, o tempo de retorno desses eventos no decorrer do século XX para Alegrete (RS).



## 2 – Materiais e Método

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados dados pluviométricos diários obtidos da rede de postos da Agência Nacional de Águas (ANA), disponíveis por meio da plataforma eletrônica *Hidroweb* (<http://hidroweb.ana.gov.br>), sendo selecionadas informações dos postos de Alegrete (INMET), Alegrete (ANA), Passo Mariano Pinto, Fazenda Três Capões e Estação do Tigre (Figura 01).

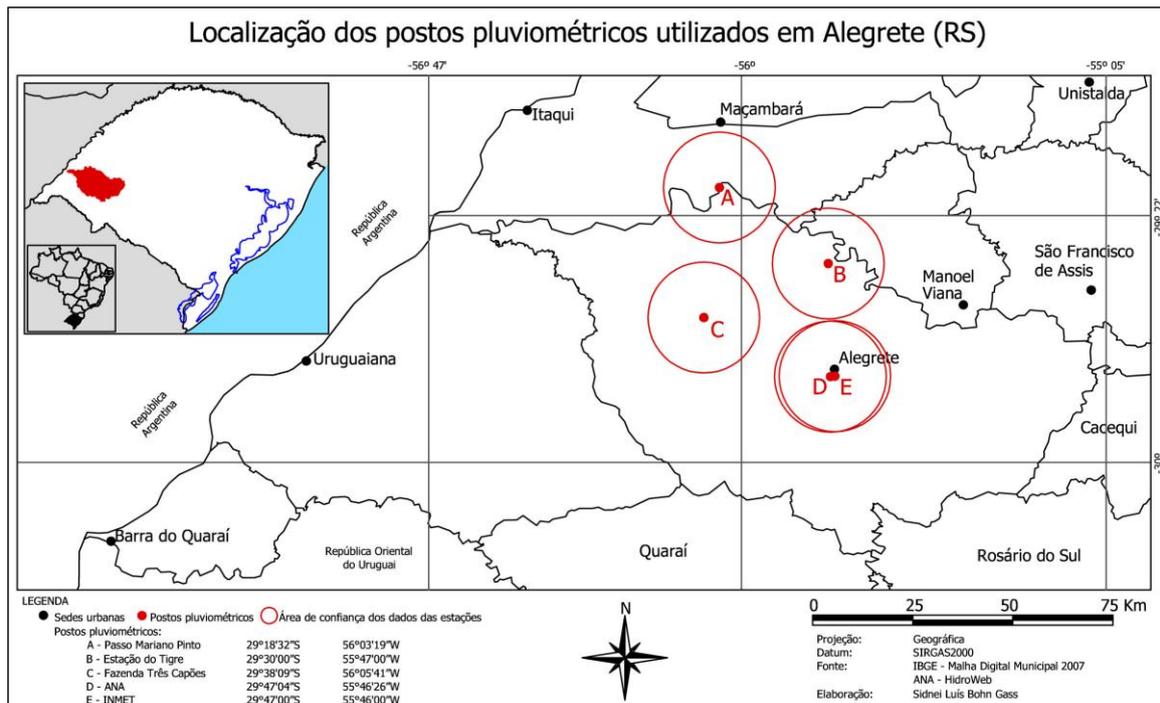


Figura 01. Localização dos postos pluviométricos utilizados em Alegrete (RS).

Fonte: Sanches (2013)

Na busca por obter uma série contínua de dados, procurou-se adotar como postos principais, inicialmente, os postos de Alegrete (INMET) e Passo Mariano Pinto por apresentarem os maiores conjuntos contínuos de dados diários.

A preparação dos dados dos respectivos postos pluviométricos, a escolha dos postos com dados mais consistentes, seu tratamento estatístico (teste de correlação linear de Pearson), preenchimento das falhas (regressão linear), análise de consistência (teste de dupla-massa) para a obtenção de uma série temporal de 82 anos de dados diários são descritos nos trabalhos de Sanches (2013) e Sanches *et al.* (2013 e 2014).

Como a literatura que aborda a dinâmica da arenização no sudoeste gaúcho destaca que os processos de escoamento superficial estão vinculados aos eventos diários de precipitação intensa (VERDUM, 1997, SUERTEGARAY *et al.*, 2001 e VERDUM, 2012), buscou-se identificar, no decorrer de toda a série de dados diários, a quantidade de dias



com precipitações  $\geq 50$  mm,  $\geq 80$  mm e  $\geq 100$  mm para análise de ocorrência no decorrer do século XX.

Dessa forma, os valores pluviométricos diários da série Alegrete (1928-2009) foram dispostos em um gráfico para análise (Figura 2). A partir dessas informações foi possível estabelecer a quantidade ( $f$ ) de eventos pluviométricos  $\geq 50$  mm,  $\geq 80$  mm,  $\geq 100$  mm,  $\geq 150$  mm,  $\geq 160$  mm,  $\geq 170$  mm e  $\geq 180$  mm.

O passo seguinte consistiu em se determinar a frequência relativa ( $fr$ ) para cada evento extremo, por meio da seguinte fórmula, como sugere Galvani (2011).

$$fr = \frac{na}{n} \quad (1)$$

A frequência relativa ( $fr$ ) corresponde ao número de vezes que o evento ocorreu ( $na$ ) em relação ao número total de elementos da série ( $n$ ). No caso dos dados de Alegrete (1928-2009), a quantidade de cada evento pluviométrico extremo em função dos 82 anos da série.

De posse de tais informações, o passo seguinte foi determinar o tempo de retorno para cada evento extremo de precipitação. Para Galvani (*ibidem*), o tempo de retorno ( $T$ ) pode ser definido como o inverso da probabilidade. O objetivo é determinar qual é o período de retorno para um evento de precipitação extrema.

$$T = \frac{1}{fr} \quad (2)$$

Dessa forma, com base na frequência (quantidade dos eventos), na frequência relativa ( $fr$ ) e no seu tempo de retorno ( $T$ ) foi possível verificar quais foram as dinâmicas desses eventos extremos no decorrer do século XX.

### 3 – Resultados e Discussão

O estudo de uma longa série temporal de precipitação como a de Alegrete (1928-2009) permite que sejam analisadas, além de suas variabilidades, tendências e padrões, a frequência com que os eventos, sobretudo, os de forte intensidade, ocorreram no decorrer do período de estudo.

Através da Figura 2 é possível se observar os dias com precipitações na série Alegrete (1928-2009) e seus totais diários. Observa-se que os eventos pluviométricos acima



de 50 mm são comuns de se encontrar no conjunto de dados analisados. Claramente, também, se observam valores pluviométricos extremos que são superiores a 100 mm, no decorrer de toda a série de dados. Entretanto, uma análise mais sistemática permite que se calcule a quantidade de eventos de precipitação extrema ( $f$ ), sua frequência relativa ( $fr$ ) e seu tempo de retorno ( $T$ ).

O conhecimento desses parâmetros permite relacionar e compreender a participação de tais eventos de pluviosidade extrema, com os processos morfogenéticos responsáveis pela dinâmica da arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul.

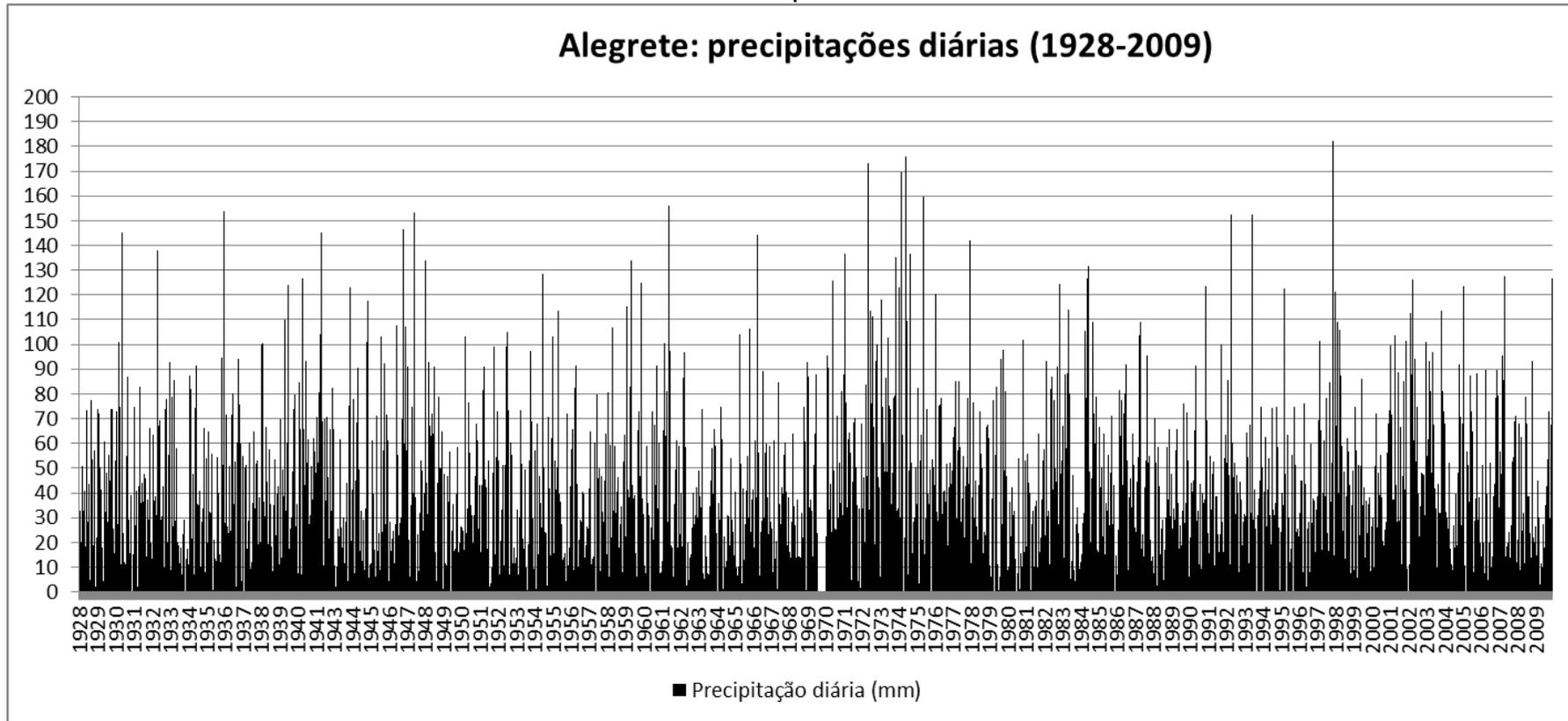


Figura 2. Gráfico com as precipitações diárias da série Alegrete (1928-2009).

Fonte: Sanches (2013)



A organização dos dados pluviométricos diários permitiu que fosse observada a quantidade (frequência) de eventos de chuva  $\geq 50$  mm,  $\geq 80$  mm,  $\geq 100$  mm,  $\geq 150$  mm,  $\geq 160$  mm,  $\geq 170$  mm e  $\geq 180$  mm na série Alegrete (1928-2009), bem como, determinada a frequência relativa ( $fr$ ) e o tempo de retorno ( $T$ ) dos mesmos (Tabela 01).

Observa-se assim, por meio da Tabela 1, que existe probabilidade ocorrer oito eventos com chuvas  $\geq 50$  mm por ano. A probabilidade de ocorrerem dias com chuvas  $\geq 80$  mm é de dois dias por ano.

Em relação aos valores diários  $\geq 100$  mm, foram encontrados 84 eventos em toda a série analisada. Dessa forma, a probabilidade de ocorrerem eventos dessa intensidade é de 100%, ou seja, ao menos um evento a cada ano, como aponta o cálculo do seu tempo de retorno.

Já eventos de maior intensidade, também, foram observados nos 82 anos da série. Precipitações  $\geq 150$  mm,  $\geq 160$  mm,  $\geq 170$  mm e  $\geq 180$  mm tiveram seu tempo de retorno calculado em função da sua probabilidade sendo eles, respectivamente, de 8, 21, 27 e 82 anos.

<b>Eventos</b>	<b>Frequência (Quant. eventos)</b>	<b>Frequência relativa (Quant. eventos/anos)</b>	<b>Tempo de retorno (anos)</b>
$\geq 50$ mm	648	7,90	0,12 (7,9 dias/ano)
$\geq 80$ mm	183	2,23	0,44 (2,3 dias/ano)
$\geq 100$ mm	84	1,02	1
$\geq 150$ mm	10	0,12	8
$\geq 160$ mm	4	0,05	21
$\geq 170$ mm	3	0,04	27
$\geq 180$ mm	1	0,01	82

Tabela 01: Cálculo da Frequência, Frequência Relativa e do Tempo de Retorno dos eventos intensos de precipitação para a série Alegrete (1928-2009).

Dessa forma, uma vez que as precipitações extremas são as responsáveis por processos de ravinamentos e voçorocamentos na dinâmica da arenização, observa-se, com base nas informações da Tabela 1, que tais eventos, sobretudo os  $\geq 100$  mm ao ano, foram comuns anualmente, durante praticamente todo o século XX.

Sendo assim, considerando os trabalhos que analisaram a dinâmica da arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul (SUERTEGARAY, 1987; 2012, SUERTEGARAY, 2001 e VERDUM, 1997; 2004; 2012), sobretudo em relação às precipitações intensas e concentradas, bem como os trabalhos que analisaram a dinâmica diária das chuvas no século XX e suas relações com as mudanças climáticas (SANCHES, 2013 e SANCHES *et al.*, 2014) é possível afirmar que as precipitações intensas, com volumes diários superiores



a 50 mm, foram (e são) responsáveis pela intensificação dos escoamento superficial, sobretudo o escoamento concentrado, o qual se destaca na dinâmica erosiva da arenização.

#### 4 – Conclusões

- A análise dos dados permitiu observar que dias com precipitações entre 50 e 80 mm foram frequentes todos os anos no período de 1928-2009;
- Eventos pluviométricos  $\geq 100$  mm ocorreram, pelo menos, uma vez por ano;
- Eventos pluviométricos  $\geq 150$  mm,  $\geq 160$  mm,  $\geq 170$  mm e  $\geq 180$  mm tiveram seu tempo de retorno conhecido no século XX sendo, respectivamente, de 8, 21, 27 e 82 anos;
- Tais eventos intensos são responsáveis, por parte, do processo de arenização em Alegrete (RS).

#### 5 – Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPERGS (Edital 04/2012 – PQ Gaúcho), ao Dr. José Marengo e a FAPESP (2008/58161-1) e ao CNPQ (MCTI/CNPQ – Universal nº 14/2012) pelo auxílio no desenvolvimento da pesquisa.

#### Referências Bibliográficas

GALVANI, E. Estatística descritiva em sala de aula. In: VENTURI, L.A.B. **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**. São Paulo: ed. Sarandi, 2011.

IPCC. Technical Summary. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013.

SANCHES, F. O. **Os Areais do sudoeste do Rio Grande do Sul: estudo sobre as chuvas no século XX e um possível cenário para o século XXI**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRGS, Porto Alegre, 2013. 188p.

SANCHES, F.O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Estudo de tendência de chuvas de longo prazo. **Revista Ambiente & Água**. V.8, n.3. Taubaté - Sep. / Dec. 2013. Disponível em <[http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/1168/pdf\\_943](http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/1168/pdf_943)>. Acesso em 10 de janeiro de 2014.

SANCHES, F.O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Tendência de Longo Prazo das Chuvas Diárias no Sudoeste do Rio Grande do Sul: os Eventos Extremos e a Arenização. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V.7, n.2. 2014.



SUERTEGARAY, D.M.A. **A Trajetória da Natureza: um estudo geomorfológico sobre os areais de Quarai - RS**. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987. 243 p.

SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. A.; VERDUM, R. (orgs). **Atlas da Arenização Sudoeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento e Secretaria da Ciência e Tecnologia Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2001. 84p. Disponível em <<http://www.ufrgs.br/areais.pampa/atlas.htm>>. Acesso em 10 de maio de 2011.

SUERTEGARAY, D.M.A. Arenização: análise morfogênica. In: SUERTEGARAY, D.M.A.; PIRES DA SILVA, L.A.; GUASSELLI, L.A. (org). **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura/Imprensa Livre, 2012.

VERDUM, R. **Approche géographique des “déserts” dans les communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana, État du Rio Grande do Sul, Brésil**. Tese de Doutorado, UFR de Géographie et Aménagement, Université de Toulouse Le Mirail, Toulouse, 1997. 211p.

VERDUM, R. Depressão periférica e planalto. Potencial ecológico e utilização social da natureza. In: VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. (orgs) **Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.

VERDUM, R. Descoberta permanente: das areias aos areais. In: SUERTEGARAY, D.M.A.; PIRES DA SILVA, L. A.; GUASSELLI, L.A. **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura/Imprensa Livre, 2012.