

## Sobre a gênese da arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul

*Sobre la génesis de la arenización en el suroeste de Rio Grande del Sur*

*About arenization genesis on the southwest Rio Grande do Sul*

**Dirce Maria Antunes Suertegaray**

Profa. Dra. do Dep. de Geografia/IG da UFRGS  
suerte.ez@terra.com.br

**Roberto Verдум**

Prof. Dr. do Dep. de Geografia/IG da UFRGS  
verdum@vortex.ufrgs.br

**Eri T. Bellanca**

Mestre em Geografia pela UFRGS  
suerte.ez@terra.com.br

**Rogério Soares Uagoda**

Instituto de Geociências/IGEO  
Mestrando em Geografia pela UFRGS  
uagoda@yahoo.com.br

**Resumo:** O Rio Grande do Sul na sua porção sudoeste, apresenta um conjunto de áreas sem cobertura vegetal constituindo, visualmente, extensas áreas de solo exposto (arenais). Para sintetizar a explicação deste processo, Suertegaray (1987, 1992, 1994) derivou do termo areal, o de arenização, sendo este entendido como o retrabalhamento de depósitos areníticos (pouco consolidados) ou arenosos (não consolidados), que promove, nessas áreas, dificuldade de fixar a vegetação devido à constante mobilidade dos sedimentos. O retrabalhamento desses depósitos resulta da dinâmica de chuvas torrenciais, onde os processos hídricos superficiais, particularmente o escoamento concentrado do tipo ravina ou voçoroca, expõem, transportam e depositam areia, dando origem à formação de areais que, em contato com o vento, tendem a uma constante remoção. Novos estudos permitem construir a seguinte interpretação sobre a formação de areais: uma fase inicial, associada às condições estruturais da área, no que se refere a fraturas, diaclases e depressões, instabilizando determinados locais; uma segunda fase correspondente à intensificação da dinâmica hídrica superficial e subsuperficial, facilitada pelas características estruturais subjacentes promovendo, em particular, nas médias encostas a

formação de degraus de abatimento; a terceira fase corresponderia a continuidade dos processos hídricos com intensificação de escoamento concentrado e formação de ravinas e voçorocas e, conseqüentemente, depósitos de areia, em forma de leques aluviais, em suas bases. A quarta fase implica na evolução erosiva de ravinas e voçorocas, lateralmente e a remontante, promovendo a coalescência de depósitos arenosos e originando os areais.

**Palavras-chave:** Sudoeste do estado do Rio Grande do Sul; Arenais; Desertificação; Arenização.

**Resumen:** Rio Grande do Sul en su porción suroeste, presenta un conjunto de áreas sin cobertura vegetal constituyendo, visualmente, extensas áreas de suelo expuesto (arenales). Para sintetizar la explicación de este proceso, Suertegaray (1987, 1992, 1994) derivó del término areal, lo de arenización, siendo este entendido como el retrabajo de depósitos areníticos (poco consolidados) o arenosos (no consolidados), que promueve, en esas áreas, dificultad de fijar la vegetación debido a la constante movilidad de los sedimentos. El retrabajo de esos depósitos resulta de la dinámica de lluvias torrenciales, donde los procesos hídricos superficiales concentrados del tipo surcos y cárcavas, exponen, transportan y depositan arena, dando origen a la formación de arenales que, en contacto con el viento, tienden a una constante remoción. Nuevos estudios permiten construir la siguiente interpretación sobre la formación de arenales: una fase inicial, asociada a las condiciones estructurales del área, en lo que se refiere a las fracturas y depresiones, creando inestabilidad en determinados locales; una segunda fase correspondiente a la intensificación de la dinámica hídrica superficial y sub-superficial, facilitada por las características estructurales subyacentes promoviendo, en particular, en los medios declives la formación de escalones de abatimiento; la tercera fase correspondería a la continuidad de los procesos hídricos con intensificación de la penetración concentrada y formación de cárcavas y, conseqüentemente, depósitos de arena, en forma de abanicos aluviales, en sus bases. La cuarta fase implica en la evolución erosiva de cárcavas lateralmente y remontante, promoviendo la coalescencia de depósitos arenosos y originando los arenales.

**Palabras-clave:** Suroeste del Rio Grande do Sul; Arenales; Desertificación; Arenización.

**Abstract:** Southwest portion of Rio Grande do Sul presents a group of areas without vegetable covering constituting, visually, extensive areas of exposed soil (arenals). To synthesize the explanation of this process, Suertegaray (1987, 1992, 1994) flowed the concept of arenization (sandization), which is understood as the reworking of sedimentary sands deposits (little consolidated) or sandy deposits (no consolidated), that promotes, in those areas, difficulty of growth of the vegetation due to the constant mobility of the sediments. Now studies allow to build the following interpretation about the formation of sand deposits: An initial phase, associated to the structural conditions of the area, referring to fractures, diaclases and depressions, destabilizing places; a second phase would correspond to the intensification of the superficial and subsuperficial water dynamics, facilitated by the underlying structural characteristics and promoting, especially in the medium hill slopes, the formation of steps; the third phase would correspond the continuity of the water processes with intensification of the stream flow and formation of ravines and gullies and, consequently, deposits of sand, in alluvial fans shape in their bases. The fourth phase implicates in the erosive evolution of ravines and gullies, sidelong and retrograde, promoting the adhesion of sandy deposits and originating the sand dunes (arenals).

**Keywords:** Southwest of Rio Grande do Sul; Sandization; Desertification; Sand deposits.

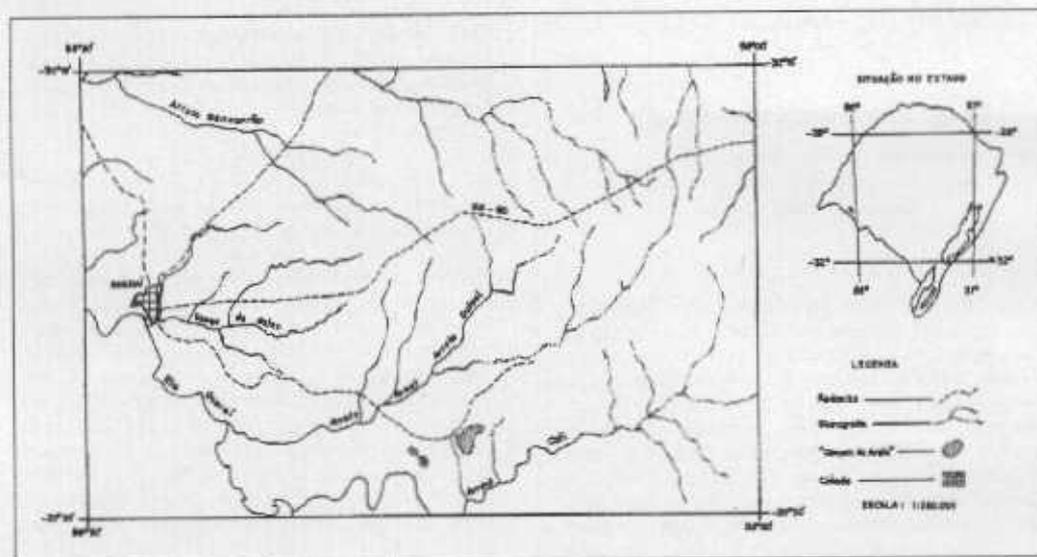
### Características da região dos areais

O Rio Grande do Sul na sua porção sudoeste, apresenta um conjunto de áreas sem cobertura vegetal constituindo, visualmente, extensas áreas de solo exposto (**areais**).

Nesta região do Estado, os areais representam algo em torno de 3,67 km<sup>2</sup> (3663,00 ha). A estas são acrescidas 1600 ha de áreas denominadas, focos de arenização. Estas áreas representam 0,26% da área total dessa região.

A Figura 1 indica a região de ocorrência desses areais no Rio grande do Sul e em mapa de maior escala a localização dos areais do município de Quaraí uma das áreas objeto de estudo. Essa região compreende o Sudoeste do Estado, mais precisamente, entre as latitudes 29° 00'S e 31° 00'S e as longitudes 54° 30'W e 58° 45'W. A área é limitada ao norte pelo rio Ibicuí, ao sul pelo rio Quaraí, a leste, pelo meridiano 54° 30' W e oeste pela calha do rio Uruguai, na fronteira com a Argentina Atinge, mais especificamente, partes dos municípios de Alegrete, Cacequi, Itaqui, Maçambará, Manuel Viana, Quaraí, Rosário do Sul, São Borja, São Francisco de Assis e Unistalda.

Figura 1: Mapa de localização do areal do Cerro de Figueira - Quaraí - RS.



Fonte: Suertegaray, 1987.

Os areais formam-se sobre unidades litológicas frágeis (depósitos arenosos), em áreas com baixas altitudes e declividades. São comuns nas médias colinas ou nas rampas em contato com escarpas de morros testemunhos. A área de ocorrência de areais, segundo Suertegaray (1987), tem como substrato o arenito da Formação Botucatu (Jurotriássico do Mesozóico), de origem eólica em ambiente desértico,

integrante da Bacia Sedimentar do Paraná. Sobre esta formação assentam-se depósitos arenosos não consolidados, originários de deposição hídrica e eólica durante o Pleistoceno e Holoceno. Estes foram denominados de unidade A (fluvial) e B (eólica) por Suertegaray (1987). É sobre estes depósitos que se encontram os areais, mais particularmente, os depósitos da unidade B, com teores mínimos de argila e matéria orgânica.

Os trabalhos iniciais relativos à interpretação do processo de formação desses areais relacionam sua origem à introdução da agricultura mecanizada, particularmente, à lavoura de soja, expandida a partir dos anos 1970, praticada em terras arrendadas, na busca de maior rentabilidade agrícola.

Suertegaray (1987), a partir de relatos históricos resgatados, demonstrou que a região de ocorrência de areais já apresentava estas formas pelo menos desde a época em que se iniciou a colonização luso-espanhola, como pode ser constatado na descrição feita por Avé-Lallemant (1858/1980) em seu relato de viagem por esta região.

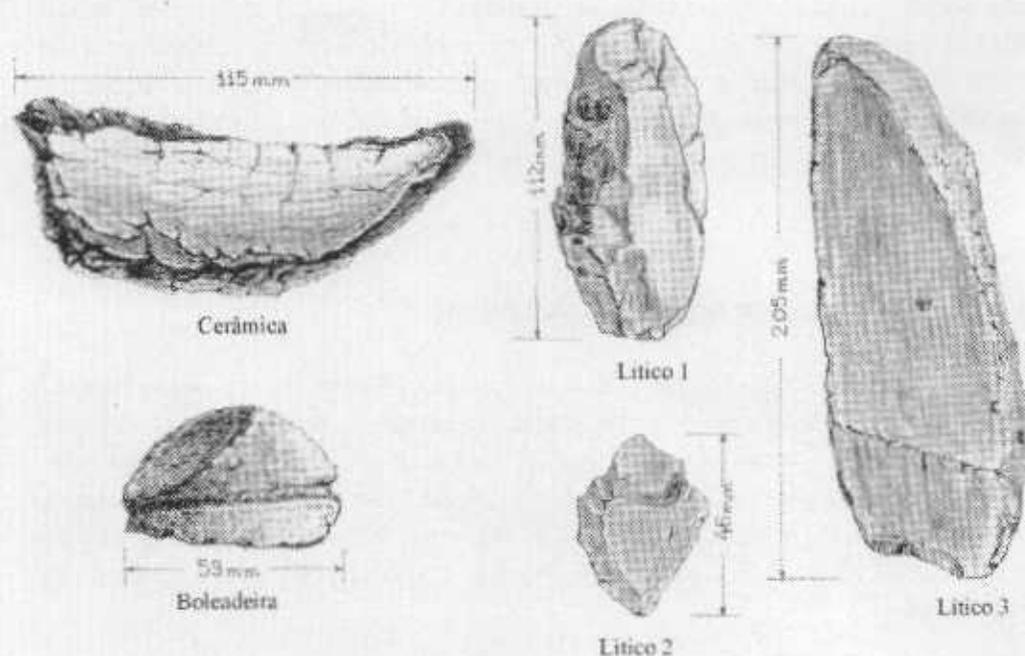
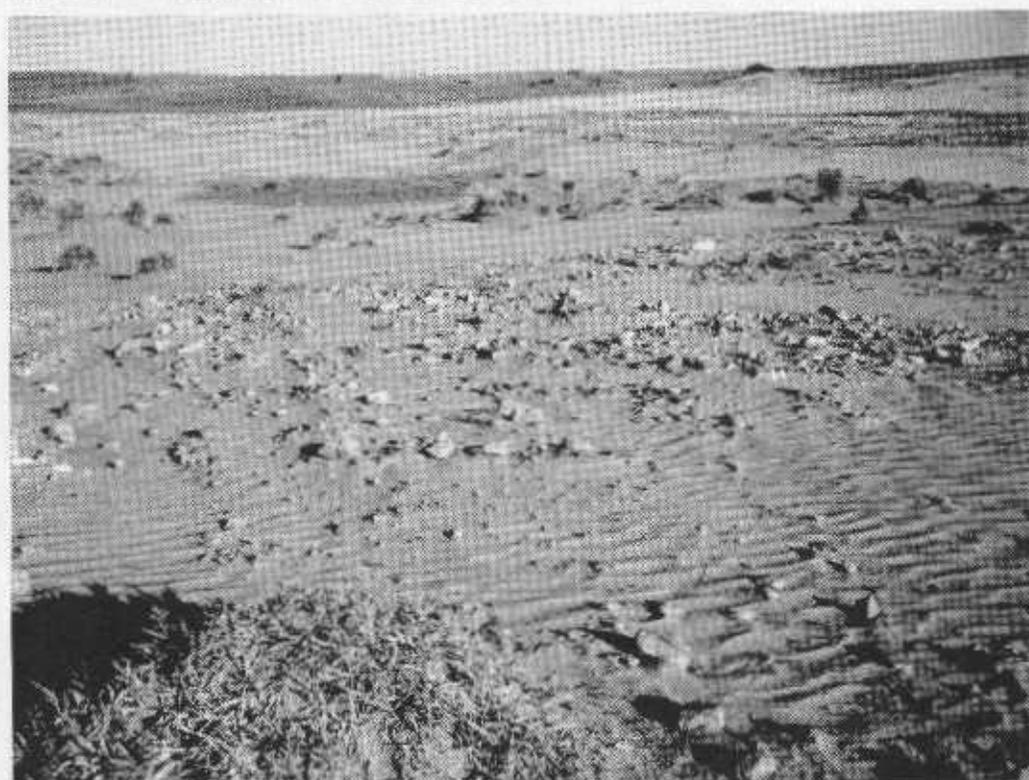
A lua pouco velada, deitava um clarão turvo sobre a região. Subitamente, em torno de nós tudo parecia branco. Crer-se-ia viajar num campo de neve. Em volta areia pura, limpa sem nenhuma vegetação, verdadeiro deserto africano embora de pouca extensão. Dava-me uma impressão particularmente melancólica. Viajávamos juntos em silêncio.

Por outro lado, dados provenientes da pesquisa arqueológica pré-histórica demonstram a existência de sítios arqueológicos instalados sobre estes areais. Estudos feitos por Bellanca (2001), por exemplo, indicam a coexistência dos povos indígenas caçadores e coletores com os areais durante o Holoceno, corroborando a tese de Milder (2000), que segundo ele, constitui-se numa relevante contribuição para o entendimento da formação dos areais dessa região.

### **Um Sítio Arqueológico nos Areais de Quaraí**

Segundo Suertegaray (1987), o areal que aloja o sítio arqueológico localiza-se a sudeste da sede urbana de Quaraí, aproximadamente a 20 km desta, próximo à BR-293 que liga Quaraí a Livramento/RS. Esta área situa-se, mais precisamente, na vertente Sul/Sudeste, localmente denominada Cerro da Figueira ou Cerro da Panela e teria sido formado entre 3500 a 2400 anos A.P., em um período em que houve ressecamento do clima. A Figura 2 mostra aspectos desse sítio arqueológico.

Figura 2: Fotografia do sítio e ilustração dos líticos.



Mentz Ribeiro e Férís (1984, p. 19) ao se referirem a esse sítio informam:

A utilização do termo complexo está fundamentado no fato de tratarem-se de sítios superficiais, nos quais existe uma possibilidade de ter havido sobreposição ou ocupação de tradições diferentes (hipótese 1). Como nos diferentes sítios aparece material com similares características (técnicas, morfológicas e matéria prima) somos levados, por outro lado, a pensar que se trata de uma única tradição cultural (hipótese 2). Complexo Areal, portanto, é definido por uma indústria com características similares à Quaraiense (Bórnida, 1964 a) com pontas-de-projétil líticas, bolas de boleadeiras e lenticulares (...). Uma outra conclusão é a de tratar-se de sítio habitação (implementos), oficina (lascas e núcleos) e, para o grupo caçador-coletor, ainda um sítio cerimonial.

Segundo Milder (2000, p. 145), nessas áreas:

A remobilização eólica das areias decapa áreas imensas onde aparecem os sítios arqueológicos. Os sítios encontram-se sempre limitados por encostas de arenito Botucatu e nunca estão ausentes as vertentes e drenagens(...). A matéria prima para os lascamentos é proveniente de seixos e blocos que formam verdadeiros pavimentos próximos aos sítios.

### **Culturas que coabitaram com o Cerro/Sítio da Figueira**

Conforme a classificação tradicional das culturas regionais, a tradição Umbu é aquela que teria habitado o areal/sítio em análise. Porém, o tema se apresenta mais complexo: as tradições são subdivididas em fases representadas pelas tipologias dos artefatos líticos, cerâmicos e mais uma variedade de interpretações capazes de situar espaço-temporalmente qualquer registro filiado à tradição em questão.

Uma característica da tradição Umbu é a presença de pontas de flecha (líticos). Na tradição Humaitá (outra tradição lítica do Sul do Brasil), representada por sítios em locais florestais, de um modo geral essas não ocorrem.

Os artefatos encontrados no Sítio da Figueira comprovam a presença de caçadores-coletores da Tradição Umbu naquele local. Mentz Ribeiro, Férís e Herberts (1994) assim descrevem o sítio de Petróglifos:

O material por nós estudado apresenta características semelhantes ao definido como tradição Umbu para o sul do Brasil, ou caçadores superiores especializados para o Uruguai. (TADDEI apud MENTZ RIBEIRO et al., 1994, p. 198)

(...) A fase mais próxima da tradição Umbu é a Uruguai, cujos sítios arqueológicos são encontrados principalmente junto ao rio que lhe empresta o nome e, também, sobre os rios Quarai e Ibicuí, todos no Sudoeste do Rio Grande do Sul. (MENTZ RIBEIRO et al., 1994, p. 198)

(...) Os tipos de assentamentos da Umbu se aproximam aos do Areal por se encontrarem próximos a pequenos cursos d'água ou banhados, fora do alcance das enchentes. (Ibidem, p. 198)

Segundo relato de Kern (1998, p. 51):

Esses grupos habitaram durante muitos milênios o planalto sul-brasileiro e suas encostas. Deviam estar estabelecidos ali já antes de 6.000 A.P., ou seja, desde a retomada do desenvolvimento das paisagens vegetais, após os períodos secos do final da última glaciação. Entretanto, há dois milênios, iniciaram uma modificação importante em seus padrões culturais. Isso ocorreu quando as técnicas de elaboração de recipientes cerâmicos, a domesticação de plantas, através da horticultura, e a construção de casas subterrâneas passaram a fazer parte das tradições culturais.

Apesar de não se referir especificamente ao areal do Sítio da Figueira, este autor subsidia o mesmo raciocínio, com a seguinte interpretação:

Muitos séculos antes da dominação colonial ibérica, os grupos Tupis e Guaranis realizaram uma intensa atividade de conquista e povoamento de uma enorme área situada no litoral leste do Brasil e em grande parte da região do Rio da Prata... por volta de 2000 AP. Isso indica a ocorrência, aparentemente, após um episódio climático seco importante... entre 3000 e 2000 AP (...). (Ibidem, p. 104)

Com base no resgate dos estudos destas culturas pré-cerâmicas que habitaram os areais do Sudoeste do Rio Grande do Sul desde o início do Holoceno, Bellanca (2001), indica que os povos caçadores - coletores passam, nesse momento histórico, a coabitar com as culturas Guaranis sendo aculturados por estes, iniciando-se aí a introdução da cerâmica pelos guaranis.

A cerâmica é relevante para a comprovação da presença destas culturas neste espaço geográfico e, principalmente, neste período de 2000 A.P. até os dias atuais, pois este período é fundamental na interpretação relativa a gênese dos areais.

Mentz Ribeiro e Féris (1984) situam, temporalmente, o Sítio da Panela (dos Petróglifos) como sendo posterior ao nascimento de Cristo. Sendo o sítio da Panela II como anterior a 2000 A. P., tudo indica que os areais já existiam antes dessas escritas.

### **A gênese da paisagem e a fonte do material lítico**

Se de um lado, o trabalho realizado por Bellanca (2001) permitiu a identificação da provável coexistência de povos caçadores - coletores com os areais, indicando sua gênese natural, por outro, a Geomorfologia nesta análise de interface, contribuiu no sentido de desvendar a origem da paisagem e da fonte do

material lítico utilizado pelos povos caçadores coletores. Com base nos estudos anteriores e nos sucessivos trabalhos de campo, associados à leitura Arqueológica/Geomorfológica, pode-se chegar à seguinte periodização:

Fase A: fase de início do desgaste da superfície de erosão terciária Superfície da Campanha, assim denominada por Ab'Saber (1969), com formação de vales e depósitos fluviais correspondendo a um período que teria iniciado a 13000 anos A.P. (final do Pleistoceno) e podendo ter atingido o ótimo climático (6000 a 4000 anos A. P.)

Fase B: Continuidade do processo de entalhamento e sedimentação fluvial favorecendo a formação de depósitos aluvionares (unidade A). Esta segundo Suertegaray (1987, p. 122) teria se formado no período que caracteriza o final do Pleistoceno e início do Holoceno até 3.500 anos A.P.

A unidade A registra ambiente de maior umidade (pleistocênica) e sugere que a unidade B seja de formação holocênica, constituída provavelmente sob clima seco. Por outro lado o registro de concreções ferruginosas delineando a superfície da duna, indica provavelmente, atenuação recente de aridez. A presença desses depósitos em diferentes altitudes, seja a 120 ou 180m fortalece a idéia de depósitos eólicos. (Ibidem, p. 44)

Representaria esta unidade:

uma fase úmida, ocorrida provavelmente no final do Pleistoceno, início do Holoceno, cujos os indicadores são os depósitos fluviais encontrados sobre as formações areníticas mesozóicas (formação Botucatu). Esta unidade poderia estar, no nosso entender, correlacionada aos horizontes mais profundos dos solos hidromórficos escuros estudados na região da campanha do Rio Grande do Sul por Bombim e Klant (1974) e decorrentes de uma deposição fluvial e/ou lacustre em clima mais úmido, relativo ao optimum pós glacial

Fase C: Início de um período de ressecamento climático com características de semi aridez ocorrido no médio Holoceno. Segundo Suertegaray este corresponde a:

uma fase de ressecamento climático, durante o Holoceno, não necessariamente mais fria que as fases glaciais, datada através de estudos elaborados por Müller, em perfis estratigráficos na campanha gaúcha em 4.000 AP., e por Bigarella (1964), Vanzolini e Ab'Saber (1968) em aproximadamente 3.500 AP., em término em torno de 2.400 AP. (Ibidem, p. 122)

Este seria caracterizado pela remoção de material grosseiro das vertentes, formação de páleo - pavimentos e depósitos de dunas de pequeno porte originadas pela dinâmica eólica local e ou regional.

Fase D: início da fase atual (maior umidade) representada pelo período mais recente com início à 2400 anos A.P. com presença residual de cobertura vegetal de gramíneas. Estas derivadas das estepes semi-áridas frias do sul do

continente, em expansão sobre a paisagem de morros e áreas rebaixadas, com presença de dunas e pavimentos detríticos. Estes por vezes apresentam-se intercalando depósitos fluviais (ambiente úmido) e depósitos eólicos (dunas) da fase semi-árida subsequente

Nessa evolução evidencia-se a formação de dunas, as quais, na atualidade, favoreceram a formação de areais, devido à remoção da cobertura vegetal, e sobre eles, conforme explica a Arqueologia, sítios arqueológicos teriam se instalado desde, pelo menos, 3.500 A.P. A presença, nestes sítios, de um volume muito grande de cascalheiras (seixos), consideradas matéria-prima para a produção de artefatos remete à questão da procedência (fonte) desses seixos.

Em observação de campo, constatamos que o processo de remoção do material arenoso (areais) descobriu um pacote sedimentar areno-argiloso que a arqueologia denomina *paleopedon* (Milder, 2000). Esta observação permitiu a seguinte interpretação:

O pacote areno-argiloso (paleopedon) equivale à unidade A já descrita em Suertegaray (1987). Como a unidade A caracteriza-se pela presença de cascalheiras intercaladas com camadas areno-argilosas em diferentes horizontes, e, como um dos sítios localiza-se, predominantemente, sobre este tipo de material, decapado por processos hídricos e eólicos, indicamos que a matéria-prima utilizada pelos caçadores-coletores estava no local. Trata-se, na interpretação geomorfológica, de um páleo-pavimento detrítico utilizado *in loco* pelos povos indígenas deste período. Observa-se, ainda, que as cascalheiras podem ser encontradas recoberto a Formação Botucatu, a exemplo do sítio dos Petróglifos, indicando, em ambos os casos, que estes páleo-pavimentos foram recobertos pela areia que originou as dunas descritas como unidade B por Suertegaray (1987). Unidade esta, onde, no presente, por remobilização hídrica e eólica, formam-se os areais. (Suertegaray, interpretação em campo, 2000)

Assim, é possível dizer que, na sua origem, os areais do Sudoeste do Rio Grande do Sul, em particular os areais do município de Quaraí, poderiam corresponder a páleo-dunas herdadas de processos de intemperismo e remoção de material proveniente da Formação Botucatu e da formação Serra Geral. Estas em processo de degradação e remobilização, sob clima atual (mais úmido), foram formadas em passado remoto em contemporaneidade com os povos caçadores-coletores, que constituíram seus territórios naquela área.

### **Os areais e o processo de desertificação/arenização**

Inicialmente, faz-se necessário conceituar desertificação e arenização, na medida em que estes processos são reconhecidos através dessas duas denominações. Para falarmos de desertificação, torna-se como referência o conceito

elaborado durante a Conferência de Nairobi (Quênia), 1977. Nesta conferência, definiu-se desertificação como a diminuição ou a destruição do potencial biológico da Terra que poderá desembocar, em definitivo, em condições do tipo desértico.

Esta conferência, além do plano de ação, elaborou um mapa mundial com a localização dos desertos e das áreas de risco à desertificação. Este risco foi classificado em alto, muito alto e moderado. Através deste mapeamento, é possível notar que, no Brasil, somente o nordeste se inclui neste processo. O Rio Grande do Sul não se apresenta como região afetada pela desertificação. As razões são claras, o Rio Grande do Sul tem sua localização geográfica em região de clima subtropical, com precipitação média anual de 1400 mm e, por consequência, está fora da zona onde o clima seco, juntamente com a ação do homem, tem sido o principal motivo da degradação.

No caso do Brasil, tomando como ponto de partida o mapa elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente e Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (1992), que localiza as áreas com risco de desertificação, é visível a não inclusão do Rio Grande do Sul neste processo. As áreas de degradação do sudoeste deste Estado são identificadas como áreas de atenção especial, isto é, apresentam forte processo de degradação ambiental derivado da ação do homem. Esta denominação foi reformulada mais recentemente.

Para sintetizar a explicação deste processo, Suertegaray (1987, 1992, 1994) derivou do termo areal, o de arenização, sendo este entendido como o processo de retrabalhamento de depósitos arenosos pouco ou não consolidados, que promove, nessas áreas, uma dificuldade de fixação da cobertura vegetal, devido à intensa mobilidade dos sedimentos pela ação das águas e dos ventos. Conseqüentemente, arenização indica uma área de degradação relacionada a clima úmido, onde a diminuição do potencial biológico não conduz, em definitivo, a condições desérticas. Ao contrário, a dinâmica dos processos envolvidos nesta degradação dos solos é, fundamentalmente, derivada da abundância de água.

Os estudos feitos na busca de interpretação da gênese dos areais, desde Suertegaray (1987), resultaram num conjunto de informações que, associadas, permitem uma explicação mais detalhada desta dinâmica. Neste sentido, construiu-se uma explicação desta dinâmica sistematizada em três etapas, como apresentadas adiante. A primeira trata de interpretar a gênese dos areais a partir de sua dinâmica natural, indicando, a partir dos estudos feitos em articulação com a História e a Arqueologia, já relatados, a antiguidade deste processo. A segunda trata da explicação da dinâmica dos areais a partir do entendimento da relação do clima com os processos hídricos na relação com o uso da terra. A terceira etapa diz respeito à relação da dinâmica geomorfológica local com a morfoestrutura, a disposição de lineamentos, os processos de intemperismo e a formação de degraus de abatimento. Esta etapa, aqui descrita como terceira, constitui no modelo explicativo da formação de areais proposta ao final deste texto, sendo considerado o desencadeamento inicial da dinâmica da arenização.

## **Formação de areais**

A formação dos areais, interpretada a partir de estudos geomorfológicos, associada à dinâmica hídrica e eólica (Suertegaray, 1987), indica que estes resultam inicialmente de processos hídricos. Estes processos, relacionados com uma topografia favorável, permitem, numa primeira fase, a formação de ravinas e voçorocas. Estas, na continuidade do processo, desenvolvem-se por erosão lateral e regressiva, conseqüentemente, alargando suas bordas. Por outro lado, à jusante destas ravinas e voçorocas, em decorrência do processo de transporte de sedimentos pela água durante episódios de chuvas torrenciais, formam-se depósitos arenosos em forma de leques. Com o tempo esses leques vão se agrupando e em conjunto dão origem a um areal. O vento que atua sobre essas areias, em todas as direções, permite a sua ampliação, por redistribuição e espalhamento.

Os areais desenvolvem-se sobre unidades litológicas frágeis (depósitos arenosos), em áreas com baixas altitudes e declividades. São comuns nas médias colinas ou nas rampas em contato com escarpas de morros testemunhos. Sobre outro aspecto, a formação de ravinas e voçorocas, processos que estão na origem dos areais, podem também ser resultado do pisoteio do gado e do uso de maquinaria pesada na atividade agrícola, originando sulcos e desencadeando condições de escoamento concentrado.

Estes dados, mais recentemente associados aos dados arqueológicos, corroboram a tese defendida por Suertegaray (1987) relativa à origem dos areais. Para a autora, estes são decorrentes da dinâmica da natureza na sua origem, ainda que a ação do homem possa intensificar este processo, como os estudos das dinâmicas atuais indicam.

O retrabalhamento desses depósitos resulta da dinâmica de chuvas torrenciais, onde os processos hídricos superficiais, particularmente o escoamento concentrado do tipo ravina ou voçoroca, expõem, transportam e depositam areia, dando origem à formação de areais que, em contato com o vento, tendem a uma constante remoção seguida de nova deposição. A perda de nutrientes e a remobilização dificultam a continuidade da pedogênese e a fixação da vegetação herbácea, resultando na expansão desses.

## **Dinâmica hídrica e a Formação de Arais**

Inicialmente, é importante desassociar da interpretação da formação dos areais os conceitos de deserto e desertificação. A análise da dinâmica hidroclimática nos leva a refletir e compreender, sobretudo, a variabilidade dos fenômenos meteorológicos e as suas relações com a arenização.

O estudo das médias interanuais realizado na área de ocorrência dos areais, (VERDUM, 1997) e (SUERTEGARAY, GUASSELLI e VERDUM, 2001), revela

um regime pluviométrico com distribuição irregular. O aprofundamento dessa análise, a partir das precipitações mensais e diárias, evidenciou a alternância de meses, episódios secos e chuvosos. Identifica-se, então, a variabilidade do clima no sudoeste do Rio Grande do Sul, tanto pelos períodos de longas secas atmosféricas como pelos longos períodos de saturação hídrica.

Assim, o aprofundamento do estudo sobre essa dinâmica meteorológica é fundamental, uma vez que os trabalhos na temática sobre a arenização tendem a considerar o regime pluviométrico regional como sendo homogêneo, isto é: com chuvas bem distribuídas durante o ano. A irregularidade das precipitações e, conseqüentemente das vazões dos cursos d'água, é ocultada quando se utilizam os dados das médias mensais anuais.

Com o intuito de aprofundar a conexão entre as condições climáticas e processos erosivos/ deposicionais relacionados à arenização, elaborou-se um estudo da variabilidade dos totais *pluviométricos mensais* na estação Ponte do Miracatu, município de São Francisco de Assis/RS, no período entre 1971 e 1992. Verifica-se a intensidade da ocorrência de eventuais meses secos e de episódios chuvosos, além de indicar a relação entre a variabilidade pluviométrica e os períodos de diminuição no nível dos cursos d'água e os de recarga dos reservatórios subterrâneos.

Quanto a análise dos processos erosivos/deposicionais, os dados de *precipitações diárias* são representativos para a compreensão da realidade desses processos. Nesta escala temporal, pode-se distinguir a freqüência de chuvas e a importância de chuvas fracas ou ineficazes, daquelas responsáveis pelas fases de saturação e escoamento superficial direto da água no solo. A freqüência das chuvas ineficazes na região (até 3mm/dia) representa em torno de 15% do total das precipitações, sendo que os episódios chuvosos (mais de 20mm/dia) representam em torno de 38% do total de precipitações diárias. Verifica-se, também, que é altamente provável a ocorrência de precipitações diárias de 110mm a cada ano, não importando o mês. Observa-se a concentração de risco de fortes precipitações diárias na primavera, outono e no mês de julho, no inverno. As conseqüências dessa dinâmica pluviométrica são o desencadeamento das fases de saturação do solo e o escoamento superficial direto, constituindo-se nos principais agentes na geração de ravinas e voçorocas, ambos diretamente associados à gênese dos areais.

Em relação ao estudo da dinâmica hidroclimática e a arenização, cabe ainda destacar a compreensão do desenvolvimento do ciclo da água na sua fase terrestre, realizado na bacia hidrográfica do arroio Miracatu - RS, (VERDUM, 1997). Inicialmente, vale destacar que, por mais que se possa comparar os processos observados em campo como sendo semelhantes aos das regiões de climas secos (escoamento concentrado e deflação), a importância dos volumes d'água que entram na bacia hidrográfica (em torno de 1.837 mm/ano) e que saem do sistema (em torno de 669 mm/ano de evapotranspiração e 1168 mm/ano de vazão), demonstram que a área de estudo não tem características de um deserto

O cálculo do volume das reservas subterrâneas mostra a importância do escoamento subterrâneo na alimentação da rede hidrográfica da bacia hidrográfica, durante, principalmente, as fases de seca atmosférica. O volume de água contido nos aquíferos em rochas sedimentares e vulcânicas assegura um débito de estiagem sempre superior a 4 m<sup>3</sup>/s, isto é, 0,9mm/dia (VERDUM, 1997).

Através da compreensão do funcionamento do hidro-sistema, observa-se que os processos de esvaziamento dos lençóis d'água e o escoamento concentrado são a resposta da estrutura do hidro-sistema à variabilidade da dinâmica atmosférica (secas e episódios chuvosos). A partir do estudo da relação entre os eventos atmosféricos de forte intensidade e as cheias, constata-se que as estações primaveris (entre setembro e novembro) e os outonais (entre março e julho) são aquelas onde há maior probabilidade de ocorrer os fenômenos de cheias. Estes são acompanhados de recargas rápidas dos reservatórios solo e lençóis freáticos. Assim, as precipitações concentradas em uma sucessão de dias de chuvas caem sobre a superfície, onde os reservatórios subterrâneos já estão saturados. A análise realizada evidencia não só a importância dos lençóis subterrâneos na alimentação da rede hidrográfica, assim como, a relação entre os eventos atmosféricos de grande intensidade e as cheias, que revelam as fases de escoamento concentrado como sendo bruscas e potentes. Estas fases são eficazes para provocarem os processos morfogenéticos sobre o meio, cuja fragilidade lito-pedológica já foi destacada anteriormente, sendo que, observa-se sobre a superfície os traços da erosão e dos depósitos associados, os areais.

### **Sobre os condicionantes estruturais e o escoamento das águas subsuperficiais**

Mais recentemente, a continuidade das pesquisas, no sentido de ampliar o conhecimento sobre a dinâmica da arenização, levou-nos a investigação de uma forma muito presente nas áreas com ocorrência de areais, e mesmo em outras sem essas características. Estas formas denominadas em Uagoda (2005, p. 28) de degraus de abatimento constituíram o foco da análise, sendo o objetivo *"encontrar um condicionamento estrutural para o escoamento subsuperficial com conseqüente ocorrência da forma denudacional reconhecida como degrau de abatimento"*. A revisão da literatura mostrou que este condicionamento é possível, principalmente em áreas de cabeceira de drenagem, onde padrões de relevo que possuem pouca declividade condicionam um escoamento quase sempre vertical, percolando falhas do substrato rochoso.

As análises permitem dizer que paralelos ou perpendiculares a estes lineamentos encontra-se uma sucessão de descontinuidades, falhamentos ou fraturas sub-verticais. Verificou-se a existência destes lineamentos na área estudada, a partir da análise de imagens digitais de satélites orbitais e da confecção de

perfis geológicos-geomorfológicos. Em campo, observou-se que zonas de fraturas são localizadas próximo às áreas de ocorrência dos degraus de abatimento. Da mesma forma, verificou-se certa relação entre os lineamentos e a distribuição de áreas mais ou menos susceptíveis à ocorrência de processos erosivos.

Feito este reconhecimento, estas áreas foram estudadas a partir da coleta de testemunhos de materiais de cobertura superficial, submetidos às análises sedimentológicas. Uma análise mais detalhada foi feita para amostras coletadas nas cabeceiras de drenagem do Arroio Puitã, em área de ocorrência de areais.

### **Cabeceiras de drenagem do Arroio Puitã**

A orientação dos lineamentos tectônicos na área que abrange a bacia do Arroio Puitã área objeto deste estudo mais especificamente é principalmente NE-SW, sendo conformados pelo arco de Rio Grande. Através do processamento digital de imagens constatou-se que as áreas próximas aos lineamentos tectônicos oferecem uma resposta espectral que indica maior incidência de óxidos de ferro nos materiais da cobertura superficial. Estas respostas espectrais coincidem com as informações obtidas na análise sedimentológica, tanto na macroscopia, quanto na granulometria d testemunho selecionado para testage, (T1).

A análise sedimentológica foi elaborada a partir de dois testemunhos, o denominado T1 a montante da feição de cabeceira fluvial, denominada degrau de abatimento, em área predominantemente arenosa o T2 à jusante do referido degrau de abatimento em área de cobertura areno - argilosa conforme indicado pela análise de imagens.

A análise macroscópica revelou que as coberturas superficiais correspondentes na imagem as áreas de maior ocorrência de ferro são mais friáveis e mais homogêneas do que as amostras coletadas em áreas onde a imagem demonstra maior ocorrência de argilominerais (acinzentados, agregados, resistentes e heterogêneos (com camadas de matéria orgânica e ferro concrecionado). Submetidas à análise granulométrica, estas características foram comprovadas nas amostras. Considerando-se apenas o teor do elemento agregador argila, este é menor nas áreas onde a resposta espectral informa riqueza em óxidos de ferro e proporcionalmente maior nas demais.

O estudo dos comportamentos internos dos testemunhos leva a duas considerações. A primeira é relativa às concreções ferruginosas de tamanho cascalho. Elas são encontradas na base do testemunho à montante, em área, na imagem, indicada com grande presença de argilo-minerais e desaparecem na coluna a jusante. A segunda é quanto à diminuição dos percentuais do elemento agregador (tamanho argila) dos testemunhos montantes para os testemunhos

As análises indicam a possibilidade de associarmos distribuição de lineamentos e fluxo superficial e sub superficial de água. Isto nos leva a inferir que o fluxo sub superficial é vertical e condicionado por descontinuidades de um substrato rochoso irregular.

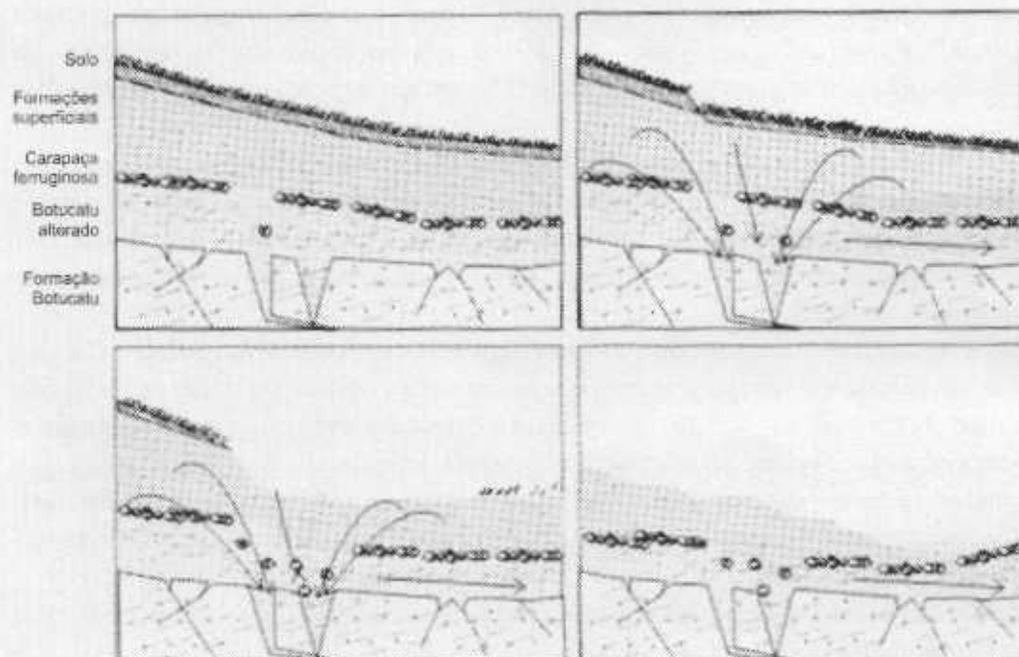
Este escoamento subsuperficial condiciona o carreamento do elemento agregador, argila. Após os elementos cimentadores serem carreados, o *esqueleto* também o é, aumentando a erodibilidade do terreno.

A partir destas informações foram construídos esquemas explicativos, para a gênese e evolução esperada da forma denudacional - *degrau de abatimento* - para a área estudada.

O esquema (Figura 3) demonstra a gênese dos degraus de abatimento, a partir dos resultados obtidos e seu desenvolvimento esperado, a partir de um esforço de abstração.

Figura 3: Esquema representativo da gênese dos degraus de abatimento e formação de arciais (4 fases).

#### Esquema 1 - Arroio Puitã



Fonte: Uagoda, 2005.

Através desta análise, pode-se visualizar o substrato rochoso irregular que concentra o fluxo subsuperficial, causando carreamento de elementos agregadores do *esqueleto* quartzoso e o abatimento do relevo em forma de degrau. Na continuidade, em particular para a bacia do Arroio Puitã, área de estudo mais por

### Considerações finais

Novos estudos, em particular o trabalho de Uagoda (2005) que revela uma dinâmica associada à condicionantes estruturais, permitem construir, agora de forma mais ampliada, a seguinte interpretação sobre a formação de *areais*.

Inicia-se por uma fase de esculturação do relevo controlada pelos lineamentos estruturais da área, no que se refere às fraturas, diáclases e depressões, capazes de instabilizar determinados locais e originar feições degradacionais cuja evolução seria facilitada pela intensificação da dinâmica hídrica superficial e subsuperficial, instalada preferencialmente ao longo dessas estruturais subjacentes, promovendo, nas médias encostas, a formação de degraus de abatimento (UAGODA, 2005).

A segunda fase corresponderia à intensificação de escoamento concentrado superficial e subsuperficial promovendo a formação de ravinas e voçorocas e, conseqüentemente, os depósitos de areia a jusante, em forma de leques. Avalia-se que, para a expansão dos areais, a dinâmica atmosférica local e a variabilidade das chuvas (VERDUM, 1997) são dinâmicas significativas para a geração dos areais. Essas tendem a ser o motor de desencadeamento da arenização, na medida em que as chuvas torrenciais em determinadas épocas, sob condições de fragilidade de cobertura vegetal, tendem a intensificar o escoamento subsuperficial e superficial. Cabe dizer, ainda, que, associada a essa dinâmica, em algumas áreas onde ocorrem areais, a atividade humana, sulcando o solo, tende a acelerar o processo.

A terceira fase implica na evolução erosiva de ravinas e voçorocas lateralmente e remontante, promovendo a coalescência de depósitos arenosos e originando os areais. Estes, constituindo-se de superfícies arenosas, estão sujeitos a ação dos ventos, o que origina a possibilidade de sua expansão (SUERTEGARAY, 1987). Observa-se que esta expansão está limitada ao aporte de material do substrato em mobilidade. Por conseqüência, no limite, os areais poderão se transformar em áreas de afloramento rochoso, como já ocorre em alguns casos, em parcelas interiorizadas desses areais, (SUERTEGARAY, 1987). Constitui, portanto, um processo complexo de degradação dos solos, quando considerada a sua real potencialidade de uso.

### Referências

AB'SABER, A. N. Participação de Superfícies Aplainadas nas Paisagens do Rio Grande do Sul *Geomorfologia* Nº 11 Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 19769, p. 1-17.

AVÉ-LALLEMAN, R. *Viagem pela Província do Rio Grande do Sul (1858)*. Belo Horizonte: Editora Itatiaia. São Paulo: EDUSP. P 417

- BELLANCA, E. T. *Uma contribuição para a explicação da gênese dos areais do Sudoeste do Rio Grande do Sul*. 2001. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. p. 87.
- KERN, A. A. Cultura Material e Páleo-paisagens: limites e possibilidades de um modelo. *Revista do CEPA*, Santa Cruz do Sul, v. 23, n. 29, p. 49-102, jan./jun. 1999.
- KERN, A. A. Páleo-paisagens e Povoamento Pré-Histórico do Rio Grande do Sul. *Estudos Ibero-Americanos*, II, 1982, Porto Alegre, 8(2): p. 153-208.
- KERN, A. A. *Antecedentes Indígenas. Síntese Riograndense, 1617*. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1998.
- MENTZ RIBEIRO, P. A.; SOLOVITY FERIS, J.; HERBERTS, A. L. Levantamentos Arqueológicos da região do Areal, Quaraí-RS. Arqueologia no Uruguai: 120 años despues. *Congreso Nacional de Arqueologia Uruguaya*, 8 Maldonado, 1994, p. 193-201.
- MENTZ RIBEIRO, P. A.; SOLOVITY FERIS, J. Sítios com petróglifos na Campanha do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista do CEPA*, Santa Cruz do Sul, v. 11, n. 13, março de 1984, p. 7-25.
- MILDER, S. E. S. *Arqueologia do Sudoeste do Rio Grande do Sul: uma perspectiva geoarqueológica*. 2000. Tese de Doutorado. Museu de Arqueologia e Etnologia, FFCLH, Universidade de São Paulo, São Paulo. 174 f.
- SCHMITZ, P. I. O povoamento pleistocênico do Brasil. *Revista de Arqueologia Americana*, n. 1, Instituto Panamericano de Geografia e História, México, 1990, p. 33-68.
- SUERTEGARAY, D. M. A. *A Trajetória da Natureza: um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí-RS*. 1987. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 243 f. Il. Mapas.
- SUERTEGARAY, D. M. A. *Deserto Grande do Sul: controvérsia*. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1998. p. 74.
- 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 de Ciência e Tecnologia, Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2001. p. 85.
- UAGODA, R. E. S. *Degráus de abatimento: estudo comparativo em cabeceiras de drenagem: bacia hidrográfica do Arroio Puitã e bacia hidrográfica das nascentes do Rio das Antas/RS*. 2004. Trabalho de Conclusão do Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 93 f.
- VERDUM, R. *Approche géographique des déserts dans les communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana – État do Rio Grande do Sul – Brésil*. 1997. Tese de Doutorado. Université de Toulouse II - Le Mirail. U.T.H. França. 211 f.