

FEIÇÕES DE CARSTE SOBRE A FORMAÇÃO SERRA GERAL NA REGIÃO DE VACARIA, RS, E LAGES, SC

Carlos Leite Maciel Filho

Dr. em Geologia – UFSM
carlos.macielfilho@gmail.com

Andrea Valli Nummer

Dr.^a em Engenharia Civil/Geotecnia – UFSM
a.nummer@gmail.com

José Luiz Silvério da Silva

Dr. em Geociências – UFSM
silverioufsm@gmail.com

Dionísio Saccol Sangoi

Mestre em Geografia – Instituto Tecnológico SIMEPAR
dionisiosangoi@gmail.com

Leônidas Descovi Filho

Doutorando em Geografia – UFSC
leonprs@gmail.com

RESUMO

Na bacia do Rio Pelotas, situada na divisa entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, através de levantamentos de campo foram identificadas e descritas dolinas, uvalas, lapiaz, cavernas e poljés em rochas vulcânicas ácidas da Formação Serra Geral. Buscou-se discutir a sua gênese a fim de classificá-las como carste desenvolvido sobre rochas ígneas. Estas feições foram mapeadas por fotografias aéreas e principalmente pelo Google Earth Pro e estão localizadas em duas unidades geomorfológicas - Planalto dos Campos Gerais e Planalto Dissecado Rio Iguazu - Rio Uruguai -, situadas sobre riolitos ou riodacitos e vitrófiros pertencentes à Formação Serra Geral, fácies Esmeralda, Caxias e Paranapanema. Foi verificada uma associação com as fraturas de direção NW e NE e suas interseções. Entre as hipóteses para explicar esse fenômeno está a dissolução dos vitrófiros. As dolinas e uvalas são permanente ou temporariamente inundadas e alimentam o aquífero fraturado que mantém as fontes fornecedoras de água para os rios e a população local.

Palavras-chave: Carste. Vitrófiros. Planalto vulcânico.

KARST FEATURES IN THE SERRA GERAL FORMATION IN THE VACARIA-RS AND LAGES-SC REGIONS, IN Brazil

ABSTRACT

In the watershed of the Pelotas River, situated in the states of Santa Catarina and Rio Grande do Sul, in Brazil, by means of fieldwork dolines, uvalas, lapiaz, caves and poljes in acidic volcanic rocks of the Serra Geral Formation looking discuss its genesis in order to classify them as karst in igneous rocks. Those terms have been discussed along the development of the text. These features, which were mapped by aerial photographs and chiefly by Google Earth Pro, are located in two geomorphological unities: the General Fields Plateau (Planalto dos Campos Gerais) and Iguazu River Dissected Plateau (Planalto Dissecado Rio Iguazu) – in the Uruguay River – situated upon riolites, riodacits and vitrofirs belonging to the Serra Geral Formation, facies Esmeralda, Caxias and Paranapanema. It was verified the association with the fractures

Recebido em 18/02/2013

Aprovado para publicação em 27/01/2014

with sense of movement towards NW and NE as well as their intersections. Among the hypotheses to explain this phenomenon comes the dissolution of vitrofirs. The dolines and uvalas are permanently or temporarily flooded and feed the fractured aquifer that keeps the sources that provide water for the rivers and local population.

Keywords: Karst. Vitrofirs. Volcanic Plateau.

INTRODUÇÃO

Originalmente, as formas de relevo cárstico são específicas de rochas calcárias como resultado do processo de dissolução do carbonato de cálcio, componente dessas rochas. No entanto, rochas com natureza diferente, como metamórficas, ígneas e até mesmo outras sedimentares, também podem apresentar processos de dissolução e/ou erosão interna e evolução morfológica semelhantes as rochas calcárias.

As principais feições de relevo cárstico tradicional são as dolinas, uvalas, poljes e lapiás. As dolinas são depressões circulares ou elípticas fechadas que podem atingir de poucos metros a centenas de metros de profundidade por várias centenas de metros de diâmetro. Seu processo inicial de formação está ligado à circulação da água em zonas de descontinuidades estruturais por onde começa o ataque químico (dissolução) e físico (remoção de materiais). Em terrenos que favorecem os fluxos superficiais de água, a tendência é que ocorra a união de duas ou mais dolinas, originando uma depressão com formato mais alongado denominada de uvala, indicando a evolução morfológica do carste (PILÓ, 2000; BIGARELLA, 2003).

Os Poljés correspondem a grandes depressões fechadas com paredes abruptas, fundo plano rochoso e resultam da dissolução de extensas áreas com rochas calcárias, tendo sua origem ligada a fatores estruturais da rocha, como falhas, fraturas, horizontalidade de camadas, além de fatores relacionados aos processos corrosão (PILÓ, 2000). Lapiás, conforme Bigarella et al. (1994) são microformas que entalham a superfície das rochas solúveis e correspondem as caneluras ou sulcos superficiais nas rochas calcárias, podendo estar recobertas por uma camada de solo (*Bodenkarren*) ou aflorar a céu aberto (*Karren*).

Pouco se tem publicado sobre carste em rochas não carbonáticas. Entre os autores que o fazem, podem ser citados: Maciel Filho *et al* (1993) e Gontan e Maciel Filho (1998) sobre estas feições em rochas vulcânicas ácidas no município de São Martinho da Serra, pertencente à borda da Bacia Sedimentar do Paraná no Estado do Rio Grande do Sul; Maciel Filho *et al* (1994) e Cabral *et al.* (2005), em rochas sedimentares clásticas, no município de Cacequi/RS; Ávila *et al* (2010), em arenitos no Distrito de São Valentim, município de Santa Maria/RS.

Para indicar feições tipicamente cársticas em ambientes que não se enquadram ao carste propriamente dito, principalmente em termos litológicos, autores como Popolizio (1984) e Cabral (2004), acrescentam a partícula gramatical “pseudo” aos termos que definem as formas cársticas na sua originalidade. A literatura científica brasileira passou a trazer nas publicações termos como “pseudo-carste”, “pseudo-dolinas”, “pseudo-uvalas”, “tipo carste”, entre outros, para designar formas tipicamente cársticas, presentes em regiões de litologias não calcárias como arenitos, quartzitos, basaltos e riólitos.

Halliday (2004) define *pseudokarst* como paisagens com morfologias semelhantes ao *karst* e/ou que possam ter uma predominância de drenagem sub-superficial através de vazios ou condutos, mas com ausência de elementos de evolução de longo prazo por solução ou erosão física.

O termo pseudo-carste foi utilizado, por muitos anos e por diferentes autores, para definir relevos tipo cárstico presentes em rochas não carbonáticas, com origem associada a fatores como o derretimento de gelo em geleiras, dissolução em rochas levando à formação de dutos subterrâneos que, ao entrar em colapso, podem formar depressões superficiais; drenagem subterrânea em rochas areníticas que provocam a dissolução ou erosão interna dos silicatos, a qual é relacionada ao processo natural de alteração das rochas; processos de colapsividade dos solos em sedimentos recentes, entre outros.

Guareschi e Nummer (2010) apresentam uma revisão dos conceitos de carste em rochas não

calcárias e concluem que a tendência atual é nomear tais formas de relevo com base na nomenclatura cárstica original, destacando, porém, a rocha em que tais feições ocorrem como, por exemplo, dolinas em rochas vulcânicas. Esta nomenclatura parece ser coerente e, por isso, é adotada neste artigo.

O objetivo deste artigo é descrever as forma de relevo que se assemelham ao carste encontradas em rochas vulcânicas ácidas da Formação Serra Geral na região de Vacaria-RS e Lages-SC, pertencentes a Bacia do rio Pelotas-RS e discutir a sua gênese a fim de classificá-las como carste em rochas ígneas. A preservação destas feições auxiliará na recarga dos aquíferos da região (GONTAN e MACIEL FILHO, 1998; SILVA, 2008).

A importância do estudo dessas feições geomorfológicas prende-se ao fato de formarem pequenas bacias de acumulação temporária ou permanente de água que alimentam os aquíferos, além de apresentarem as condições necessárias para o estabelecimento de uma vegetação típica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O reconhecimento de campo foi levado a efeito em duas etapas: em julho e em agosto de 2009. Nessas ocasiões, as feições geomorfológicas foram reconhecidas, descritas, fotografadas e localizadas pelo *Global Position System/GPS*, em sistema de Coordenada Universal Transversa de Mercator/UTM, quando podiam ser resumidas a um ponto ou anotadas as suas ocorrências em grandes extensões.

O levantamento geológico e geomorfológico, buscou encontrar possíveis correlações entre as feições, os contatos litológicos de rochas ácidas/básicas, a presença de vitrófios e o padrão de fraturas e diáclases.

Para localização das dolinas e formas associadas, foi utilizada, inicialmente, a interpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas em escala 1:60.000. Como, no entanto, muitas dessas formas são pequenas e difíceis de serem identificadas, foi usada também imagem do *Google Earth Pro* (ano 2009), que apresenta faixas de ótima resolução (composições coloridas de imagens QuickBird) e faixas de baixa resolução (composições coloridas de imagens SPOT). Nas primeiras, a identificação tornou-se bastante segura, principalmente depois do reconhecimento de campo e da localização desses pontos na imagem *Google*. Já nas faixas de baixa resolução, a identificação é menos segura, podendo ficar de fora muitas feições que deveriam ser mapeadas. A área onde não há representação destas dolinas no mapa (porção leste) não significa que elas não existam, mas que as imagens do *Google Earth* são de baixa definição, o que dificulta a sua visualização.

Esta mesma coleção de fotografias aéreas serviu, além disso, para o mapeamento das fraturas de origem tectônica procurando avaliar a sua associação com as dolinas.

3 RESULTADOS

Inúmeras feições de carste como dolinas, uvalas, foram encontradas na área da Bacia do rio Pelotas-RS, principalmente na sua porção de alto curso como pode ser visto na Figura 1 que abrange parte ou o todo dos municípios de Vacaria, Bom Jesus, no Rio Grande do Sul, e Lages e São Joaquim, em Santa Catarina.

Esta área encontra-se no Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, Região Geomorfológica Planalto das Araucárias, ocupando duas unidades, a Unidade Geomorfológica Planalto dos Campos Gerais e a Unidade Geomorfológica Planalto Dissecado Rio Iguaçu - Rio Uruguai. A descrição geomorfológica do local encontra-se, de modo muito adequado, em Justus *et al* (1986) que se referem às dolinas e uvalas como *dales*

A maior parte desta bacia encontra-se sobre rochas da Formação Serra Geral, havendo ainda pequenas ocorrências das Formações Botucatu e Rio do Rasto. No estado de Santa Catarina, conforme mapeamento do RADAM-Brasil (2005), a Formação Serra Geral permanece indivisível. Já no estado do Rio Grande do Sul, a CPRM (2008) subdividiu a Formação Serra Geral em sete fácies, das quais ocorrem, na bacia, do rio Pelotas somente as Fácies Esmeralda, Caxias, Paranapanema e Gramado (Figura 2).

Figura 1 – Localização da Bacia hidrográfica do rio Pelotas e das feições de carste mapeadas.

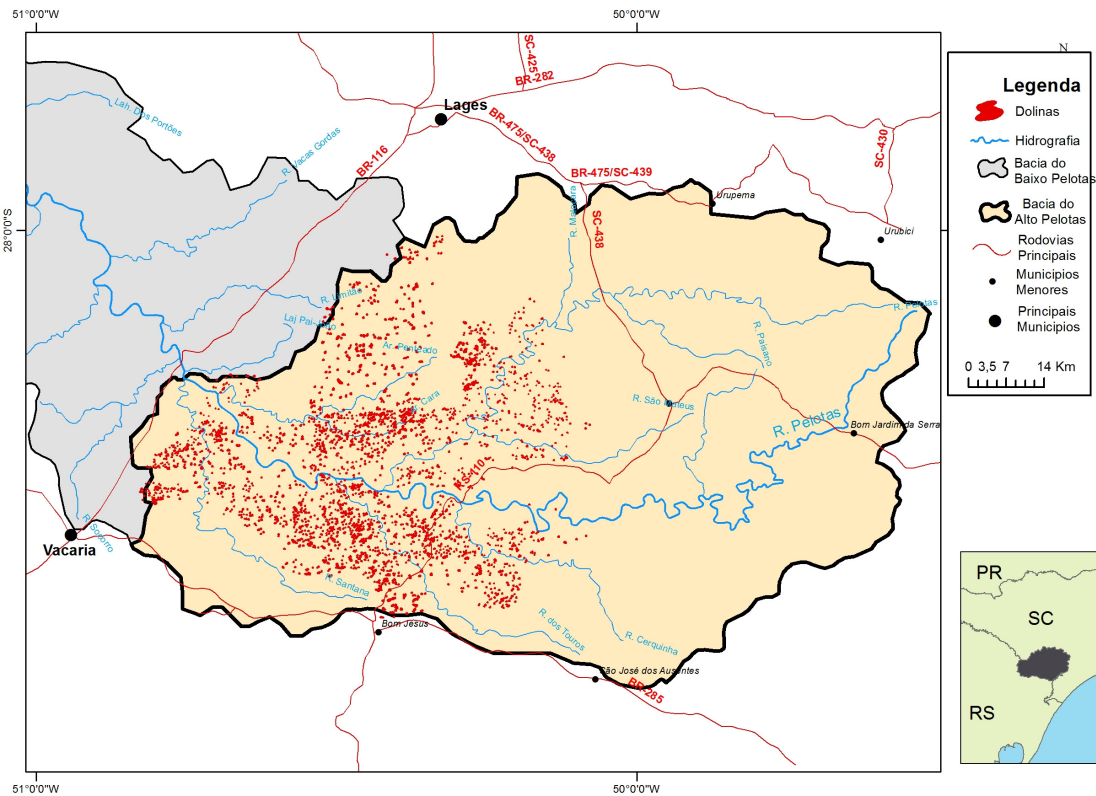
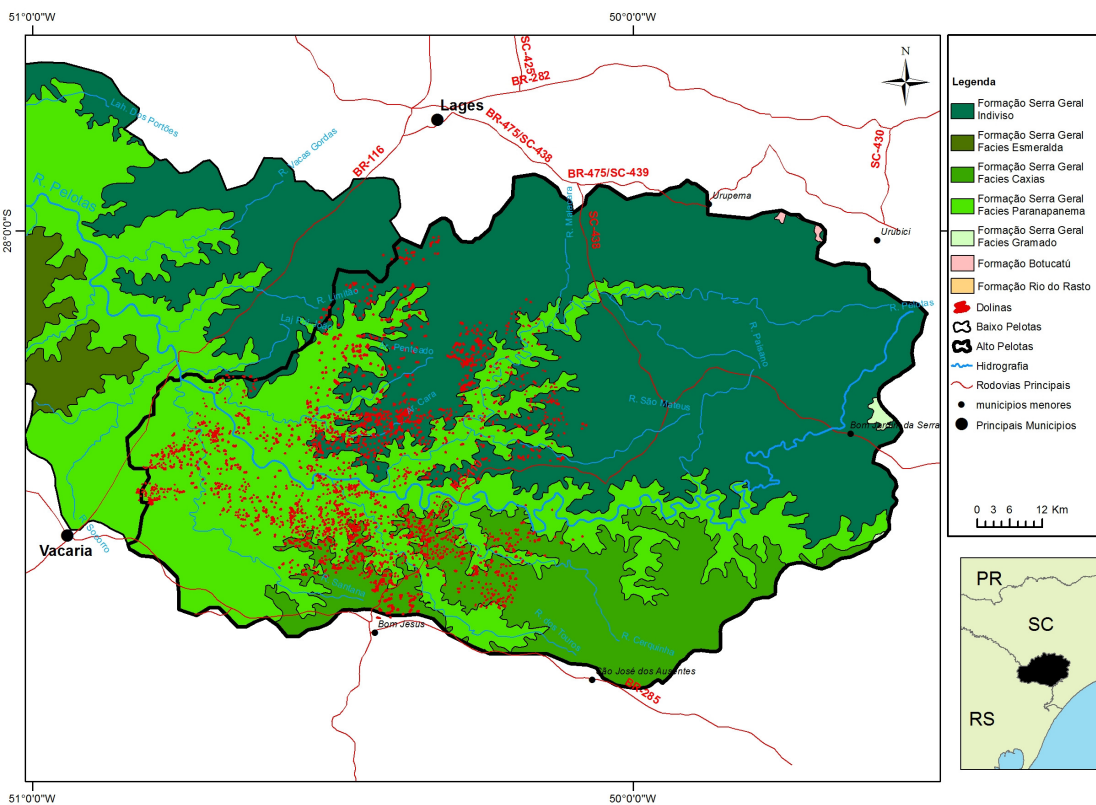


Figura 2 – Geologia da Bacia do rio Pelotas.



Fonte: RADAM-Brasil (2005) e CPRM (2008).

A Fácies Esmeralda é composta de basaltos microgranulares com vesículas preenchidas por vidro, celadonita e, às vezes, cobre nativo e predomina no oeste da área. A Fácies Paranapanema localizada na porção centro-sul da área é composta por basaltos finos a médios com horizontes vesiculares. A Fácies Caxias, situada ao sul da área, é formada por riodacitos com disjunção tabular e raras vesículas, com centro de derrame maciço, com estruturas de fluxo laminar e autobrechas no topo e horizontes vitrófiros na base. As feições de carste ocorrem sobre a Formação Serra Geral indivisa (apresentada desta forma para o Estado de Santa Catarina) e sobre as outras três Fácies mencionadas acima. A Fácies Gramado é pouco expressiva em área nesta bacia e por isso não foi detalhada.

Em relação a hidrogeologia da área, estudos realizados pela CPRM (2005), assinalam a ocorrência de um Sistema Aquífero Serra Geral, constituído por duas unidades (Serra Geral I e Serra Geral II), em função de sua capacidade específica (vazão dividida pelo rebaixamento do nível de água no poço, medida em $m^3/h/m$).

O pacote de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral é muito espesso e praticamente horizontal, portanto, sem tectônica dúctil, mas com muitas fraturas e descontinuidades do tipo disjunções verticais e horizontais. Tal como os calcários, a rocha em si é impermeável, porém, as fraturas conferem uma permeabilidade ao maciço e podem armazenar água, funcionando como aquífero fraturado (COSTA 2008).

Outro caminho para percolação e armazenamento de água é a zona de contato entre derrames, em que é comum existir rocha vesicular alterada (topo dos derrames com espaços vazios oriundas de bolhas de ar do magma); brechas vulcânicas (blocos de rochas misturados a areias e argilas); vitrófiros (rochas vulcânicas com textura vítrea); disjunções horizontais (fraturas originadas do resfriamento da lava) e camadas de arenito entre os derrames (arenitos intertrapeados). Estes últimos não foram encontrados na região do alto curso do Rio Pelotas, porém ocorrem na borda da Bacia do Paraná, na região de Toropi, Quaraí, Itaqui, Lajeado/RS (CAMPONOGARA *et al.* (2006), SILVÉRIO DA SILVA (2009) e BRASIL/CPRM/SIAGAS (2010).

Nas zonas de contatos entre derrames, pelo fato das rochas serem mais alteráveis aparecem as fontes, como resultado de um fluxo de água horizontal que chega à superfície. Já no meio do derrame, o fluxo de água é predominantemente vertical associado a presença das disjunções (fraturas) que predominam neste sentido. A alimentação desse aquífero complexo dá-se através do solo que geralmente é pouco espesso e argiloso e pelas depressões do tipo dolinas ou uvalas.

3.1 Feições de Carste

Em campo, as dolinas foram encontradas em locais onde a geomorfologia do Planalto é destacada por um plano horizontal que deve corresponder a um nível de derrame, e se estende de um lado e outro do Rio Pelotas, o qual está encaixado em um profundo vale ou garganta em rocha vulcânica ácida.

Observando as dolinas, em fotografias aéreas em escala 1: 60.000, pode-se perceber que a maioria delas está associada a lineamentos ou zonas destes, tanto de direção NW ($N40^\circ$ a $60^\circ W$) quanto NE ($N20^\circ$ - $70^\circ E$) e são comuns como nascentes de cursos d'água de pequena ordem. Na Figura 3, pode-se observar que as dolinas, assinaladas como círculos, na maioria das vezes encontram-se associadas a fraturas.

A dolina representada na imagem da Figura 4 é arredondada e está preenchida por água. Em vários locais próximos a ela aflora o maciço rochoso com fraturas espaçadas em mais de um metro e, em alguns pontos, em 24 cm e até 20 cm.

Ao redor dessa área alagada, as vertentes convergem para esse círculo, com uma inclinação de 5° ou menos. Destacam-se dois pontos diametralmente opostos, num deles, em direção ao vale do rio, há um desaguadouro; no outro, afloramentos rochosos de cerca de 0,5 m de altura, em forma de anfiteatro, sendo esta área recoberta por vegetação arbórea. Há também poças de água, aparentemente, em nível levemente superior (centímetros) ao da lagoa, dado que pode significar uma alimentação de água provinda da vertente. A Figura 5 ilustra uma dolina encaixada, em área em que o terreno é mais acidentado e próximo a ocorrências de vitrófiros.

Figura 3 - Par de Fotografias aéreas em escala 1:60.000, onde aparecem as dolinas associadas aos lineamentos. Foto-Imagem em coordenadas UTM.

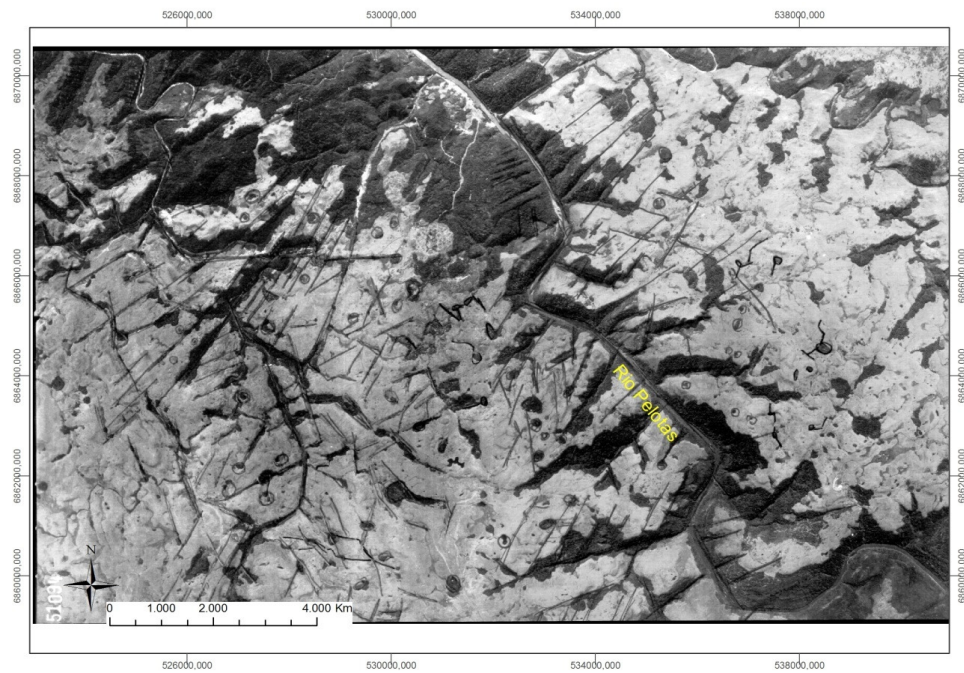


Figura 4 - Imagem de uma dolina próxima ao rio Pelotas.



Foto: C.Maciel. 21/07/2009.

Figura 5 - Dolina encaixada no terreno, em área onde o terreno é mais acidentado e próximo a ocorrências de vitrófiros.



Foto: C.Maciel.26/08/2009.

Esta dolina próxima ao rio está intacta. No desaguadouro, a água corre sobre o maciço rochoso, com uma vazão insignificante, um “fio” d’água, num período de pouca chuva. Nessas depressões, a água acumulada pode evaporar, transbordar lateralmente pelos desaguadouros e/ou infiltrar através de juntas e diáclases abertas *ou mesmo através de zonas vesiculares*. A especialmente no inverno no sul do país, ou mesmo pela alimentação das vertentes laterais em infiltração é lenta e, por isso, ocorrem os transbordamentos em épocas de chuva, volume maior que a infiltração.

O desaguadouro é um elemento comum às dolinas observadas. Frequentemente, este local recebe um barramento (taipa) executado com baixo custo pelos proprietários da terra e que permite o represamento de água num nível maior, formando um pequeno lago em forma de círculo ou semicírculo com diâmetros que variam numa faixa de mais de uma dezena a duas dezenas de metros ou pouco mais (Figura 6).

Figura 6 - Fotografia de uma uvala com barramento ao fundo para uso na agropecuária.



Foto: Vinicius Duarte Guareschi. Janeiro/2013.

As uvalas, formadas pela coalescência de uma ou mais dolinas cobrem uma área maior e permitem ver as formas arredondadas das dolinas coalescentes. Entre uma e outra dolina formadoras dessas uvalas, observam-se, muitas vezes, afloramentos rochosos. Na região, foram encontradas depressões que são composições de formas circulares, o que caracteriza uma uvala (Figura 7), mostrando alinhamento segundo uma direção preferencial que coincide com o padrão das estruturas da região.

Figura 7 - Fotografia de uma uvala.



Foto: C.Maciel. 22/08/2009

Foram observados dois tipos de depressões: as permanentemente inundadas e as temporariamente inundadas. As primeiras possuem, nas bordas, uma vegetação de macrófitas aquáticas associadas com caragatás (*Bromélia balansae*) e espécies de vegetação freatofita ou ripícola e, mais para o seu interior, uma vegetação turfícolica que cobre as turfeiras e/ou Gleissolos. Ressalte-se que o tipo de vegetação é a prova de inundação temporária ou permanente. As macrófitas aquáticas e turfícolicas morreriam se aquela área secasse e, por outro lado, as gramíneas do campo suportam certo período de inundação.

Nas dolinas permanentemente inundadas (Figura 8), a infiltração deve ser insignificante. Nas outras, a infiltração certamente é responsável pelo secamento da depressão e a transferência

dessa água ao aquífero fraturado, já mencionado. Estas dolinas representam a primeira fase de um processo que se completa com as permanentemente inundadas e portadores de turfeiras.

Figura 8 – Fotografia de uvala com vegetação freatófita.



Foto: José Silvério. 22/07/2009.

Na região de São Joaquim/SC ocorrem afloramentos de rocha, que podem ser comparados aos *lapiaz* (Figura 9). Segundo Guerra (1966), os *lapiaz* são caneluras paralelas que entalham a superfície das rochas solúveis como o calcário. Fato análogo pode ser observado em certos granitos, o que prova que estas rochas podem ser, em determinados casos, sensíveis à corrosão química e lavagens feitas pelo escoamento superficial das águas. Como os riodacitos e os riólitos têm composição semelhante ao granito, pode-se admitir que este fenômeno aconteça sobre a Formação Serra Geral, sequência ácida ou Fácies Caxias (CPRM, 2008). Exemplos de corrosão em rocha podem ser vistos na Figura 10.

Figura 9 - Fotografia de afloramentos de rochas vulcânicas ácidas, ao norte do Rio Pelotas, na estrada Bom Jesus – São Joaquim, comparáveis a *lapiaz*.



Foto: C.Maciel. 23/07/2009.

Figura 10 - Feições superficiais de corrosão em rocha vulcânica ácida.



Foto: Dionísio Sangoi. 26/08/2009.

No contato dos derrames básicos com os ácidos onde, geralmente, se registra vidro vulcânico foram encontradas cavernas em cota de aproximadamente 810 m. A Figura 11 mostra a conformação de uma dessas cavernas.

Figura 11 - Caverna em vidro vulcânico, tendo acima riodacitos Fm. Serra Geral. Coordenadas 589531mE e 6844308 mN.



Foto: Leondres Oliveira.

Foram identificadas em fotografias aéreas e em campo, algumas áreas rebaixadas e planas, de forma elíptica, com até 3 km de raio que se assemelham a poljés de terrenos cársticos tradicionais como pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 – Área rebaixada e plana junto a afloramento de vitrófiro que pode ser comparada a um *poljé* de regiões cársticas.



Foto: C.Maciel. 26/08/2009.

4 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Foi observado que existem depressões isoladas do tipo dolinas ou uvalas nas superfícies quase horizontalizadas do Planalto dos Campos Gerais ou mesmo em extensas plataformas do Planalto Dissecado do Rio Iguaçu – Rio Uruguai, ou ainda em áreas de relevo mais movimentado próximo aos vitrófiros. Assim sendo, ocorrem em superfícies estáveis geomorfologicamente, o que significa que esse processo pode ser lento para se estabelecer, não devendo ser interrompido pela erosão das encostas, que, certamente, é um processo mais rápido, em termos geomorfológicos.

Quando as dolinas apresentam uma associação direta com os lineamentos, os processos de erosão nos segmentos de maior declividade das encostas, situadas à jusante do desaguadouro, tendem a destruir essas feições. Isto pode resultar na colmatação ou mascarar essa expressão geomorfológica, transformando-as em pântanos ou banhados (até mesmo turfeiras) o que poderia ser considerado como evidência de sua evolução no tempo geológico. Um dos fatores que proporciona a preservação da forma de uma dolina é a presença de um substrato rochoso maciço no local do seu desaguadouro.

A formação dessas depressões (dolinas isoladas) deve ficar compreendida numa faixa de tempo, nem muito longo, nem muito curto, avaliando-se, pois, que tenham ocorrido em período geológico mais recente, Pleistoceno ou Holoceno, para ter uma resposta geomorfológica condizente.

4.1 Hipóteses para explicar o carste em rochas vulcânicas

As depressões (dolinas) têm a forma circular tal como as verdadeiras dolinas em terrenos calcários. Estas, em estudos mais desenvolvidos no *carste*, representam o topo de um tronco de cone constituído de rochas que se deslocaram do maciço e caíram sobre uma caverna ou vazio subterrâneo.

Pela forma dessas depressões em rochas vulcânicas deve-se admitir que o processo de sua formação seja semelhante ao das verdadeiras dolinas. Para se admitir a existência de uma caverna, ou vazio subterrâneo, ou zona de menor resistência, que tenha provocado o deslocamento de fragmentos de rocha dura vulcânica, deve-se aceitar que este fenômeno tenha se dado diferencialmente, em certos locais, e não uniformemente. Neste último caso, essa zona de menor resistência rebaixaria todo o pacote de rochas sem provocar esse tronco de cone de deslocamentos

Para haver uma depressão ou subsidência, é necessário que algum material sólido, que sustentava aquele pacote de rochas, tenha sido retirado. O vidro vulcânico pode sofrer uma alteração por dissolução, principalmente da sílica, e, embora produzindo alguma argila (alofana), reduzir o volume daquela camada. Nesta última situação, o processo se assemelharia muito ao de formação das verdadeiras dolinas (em terrenos calcários). Cavernas existentes na camada de vidro vulcânico, como a apresentada na Figura 10, são uma prova desse processo de dissolução. Reforça, esta hipótese, trabalho anterior realizado ao norte de Santa Maria, em São Martinho da Serra, em que as dolinas descritas por Maciel Filho *et al* (1993) estão associadas a derrames de vidro vulcânico.

Segundo Ramalho *et al.* (1987), na área da Usina Hidrelétrica de Balbina, na Amazônia, ocorrem cavernas num arenito médio a fino, geralmente friável, mas bastante coeso e resistente quando silicificado. As grutas apresentam um padrão de galerias ramificadas, oblíquas entre si, quase em ângulo reto. As seções são em arco gótico com alturas entre quatro e oito metros. Os estudos geoquímicos mostraram que a gênese das cavernas está provavelmente associada à dissolução do cimento silicoso dos arenitos, o que os enfraquece e facilita o processo de erosão mecânica. Da mesma forma, Uagoda (2006) se refere a dissolução da sílica amorfa para explicar a formação de dolinas e cavernas em quartzitos na região do Vale do rio Paraíba do Sul em Minas Gerais.

Tanto as feições em calcário como as que ocorrem nas vulcânicas comprovam que há ou houve um afundamento do terreno, isto é indicativo de ter ocorrido uma subsidência. Fatos semelhantes ocorrem no pacote de rochas vulcânicas predominantemente ácidas da Formação Serra Geral. Foi observado que, em altitudes acima e próximas ao nível dos vitrófiros, o terreno é muito acidentado e as dolinas existentes estão mais encaixadas no terreno.

Reforçando a teoria de dissolução dos vitrófiros, têm-se as fraturas tanto NE quanto NW que, nesta área, estão normalmente ligadas às dolinas e às uvalas e, provavelmente, a poljés. Estas fraturas serviriam de conduto para água que circula no maciço, tanto retirando ou dissolvendo as rochas mais instáveis, quanto retirando o material dissolvido.

5 CONCLUSÃO

A área estudada apresenta feições que se enquadram no tipo carste cuja gênese está associada, com maior probabilidade a processos de dissolução de vitrófiros.

A importância dessas depressões, especialmente as temporariamente inundadas, prende-se ao fato de alimentarem o aquífero fissural associado aos derrames de rochas vulcânicas básicas e ácidas da Formação Serra Geral e, ademais, ao fato deste fornecer a água consumida pela população local. Ainda contribui para a formação das nascentes que alimentam o sistema fluvial (drenança). Obviamente, existe uma infiltração e alimentação pelo solo em períodos de chuva, mas como o solo é de constituição argilosa, pouco espesso e, por vezes, está associado a matéria orgânica, torna-se pouco permeável. Desta forma, a alimentação do aquífero exclusivamente pelo solo não inundado é muito fraca, porém é capaz

de suportar uma vegetação do tipo ripícola (freatófila). Nas depressões, a infiltração ocorre durante as 24 horas do dia, por semanas ou por meses, em especial, nos períodos mais chuvosos do ano.

Recomenda-se estudos mais detalhados através de Petrografia e Microscopia Eletrônica de Varredura, buscando confirmar a associação das dolinas com os vitrófiros além de datações radiométricas buscando relacionar a idade desta feições com a das cavernas existentes na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILA, L. O. de.; NUMMER, A., PINHEIRO, R, J, B. Erosão na Microbacia do Arroio Sarandi: voçoroca do Buraco Fundo, Santa Maria/RS-Brasil. In: Seminário Latino-Americano de Geografia Física, 6.; Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, 2., 2010, Coimbra. **Anais eletrônicos...** Coimbra: VISLAGF, 2010. Disponível em: <<http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema4/luciele>>. Acesso em 14 de março de 2011.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. da UFSC, v. 3, 2003. p. 877-1436.

BRASIL, COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS/CPRM. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Escala de 1:750.000. 2008.

BRASIL, COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS/CPRM. **Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Escala de 1:750.000. Freitas, Machado. CPRM/SEMA/DRH. 2005.

BRASIL, COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS/CPRM. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas**. 2010. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/siagas>>. Visitado em janeiro 2009.

CABRAL, I.L.L.; ROSS, J. L.S.; ROBAINA, L.E.; MEDEIROS, E. NETO, S.F. Processos Erosivos Associados a formas Pseudo-cársticas na Depressão Periférica do Rio Grande do Sul. GEOUSP, **Espaço e Tempo**, nº17, p. 107-120. 2005.

CAMPONOGARA, I.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; GOMES, J. A. A.; FRANTZ, L. C.; MORAIS, T. Z.; KONRAD, C. G. **Mapeamento do uso e ocupação da Terra no Município de Toropi-RS, com Sistema de Informação Geográfica**. In: COBRAC 2006. FLORIANÓPOLIS: UFSC, 2006. v. 1. p. 1- 8.

COSTA, Waldir D. Hidrogeologia dos meios fissurados. In: FEITOSA *et al.* **Hidrogeologia conceitos e aplicações**. 3ª ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. Pag. 121-151.

CPRM. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Sul**. Programa Geologia do Brasil. Integração, Atualização e Difusão de Dados de Geologia do Brasil. Mapas Geológicos Estaduais Escala de 1: 750.000, 2008. CD-ROM.

GONTAN, J.E.N.; MACIEL FILHO,C.L. Levantamento das feições cársticas no planalto vulcânico do Rio Grande do Sul - área de São Martinho da Serra. In: Congresso Uruguai de Geologia, 1998, Punta Del Este. **Anais...** Montevideo: Sociedad Uruguaya de Geologia Facultad de Ciencias, 1998. V.1. p.442-446.

GUARESCHI, V.D.; NUMMER. A.V. **Relevos Cársticos em rochas não calcárias: uma revisão de conceitos**. In:Geografia do Rio Grande do Sul: temas em debates. FIGUEIREDO, L.C.; FIGUEIRÓ, A.S. (Org.). Santa Maria: UFSM, 2010. P.183-194. Disponível em: <<http://ufsm.br/ppggeo>>. Acesso em: 20 de abril de 2011.

GUERRA, A.T. **Dicionário geológico geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1966. 411 p.

HALLIDAY,W.R. Pseudo Karst. In: GUN J. (Ed.). **Encyclopedia of Caves and Kars Science**, New York: Fitzroy Dearborn. 2004. P1321 a 1331.

JUSTUS, J.O.; MACHADO, M.L.A.; FRANCO,M.S.M. Geomorfologia. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento de recursos naturais**, volume 33 folha SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH 21Uruguaiana e SI 22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. Radambrasil.

KARAKAS,K.; SELAHATTIN, K. Devitrification of volcanic glasses in Konia volcanic units, Turkey. **Turkish Journal of Earth Sciences**, v.9. 2000. PP 39-46.

MACIEL FILHO, C.L.; CABRAL,I.L.L. Estruturas morfológicas de colapso em sedimentos inconsolidados no Rio Grande do Sul. In: Simpósio de Geografia Física Aplicada, 5, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade de São Paulo, 1994.v.1. p.209-211.

MACIEL FILHO, C.L.; SPINELLI, J.; CABRAL, I.L.L. Feições semelhantes à morfologia cárstica no planalto vulcânico do Rio Grande do Sul. In: Simpósio de Geografia Física Aplicada, 5, 1993, São Paulo. **Anais ...**São Paulo: Universidade de São Paulo, 1993. v.1, p.147-150.

POPOLIZIO,E. Importancia de la fotointerpretacion geomorfológica em las obras de ingenieria de llanuras. **XII Geociencias**, Argentina, n.12, p.3-39, 1984.

RAMALHO, R. et al. (necessitamos todos os autores) Estanqueidade de reservatórios na Amazônia – metodologia de detecção de formas pseudocársticas areníticas. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, São Paulo, 1987. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1987. V 1, p.263-274.

RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais: folha SG.22 Curitiba e parte da folha SG.21 Assuncion**. Rio de Janeiro: IBGE, 2005 (Vol.34).

SILVA, Aldebani B. Hidrogeologia de meios cársticos. In: FEITOSA *et al.* **Hidrogeologia conceitos e aplicações**. 3ª ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. Pag. 153-174.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; CAMPONOGARA, I.; FRANTZ, L. C.; GOMES, J. A. A.; MORAIS, T. Z.; KONRAD, C. G. **Mapeamento dos aspectos físicos com Sistema de Informações Geográficas pra monitoramento e gestão integrada no Município de Toropi/RS**. Relatório Final, restrito, p.53 + anexos mapas.

UAGODA, R. **Reconhecimento geomorfológico de relevo cárstico em rochas quartzíticas: Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santana, Médio Vale do Rio Paraíba do Sul**. 2006. 89 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.