

hidrológico do sistema. Inicialmente esses processos se desenvolvem em cabeceiras de drenagem e, posteriormente prejudicando toda a bacia hidrográfica.

Conforme mostram as figuras 30, 31 e 18, na estrada que corta a área em estudo e a área à jusante, há grande quantidade de material removido, trazido de montante. Também os dois braços lineares no setor **SW** apresentam alguma deposição quando conflui com o curso principal, atravessando a estrada e formando uma área deposicional extensa.

As áreas deposição de sedimento arenoso, decorrente do transporte superficial, ocorrem nas porções **NNW**, e a jusante associada ao curso principal da área de estudo (figura 30). Nesses locais, a cobertura apresenta as piores condições de densidade e biomassa para a proteção do solo arenoso, característico da área. A figura 37 mostra a consequência direta da erosão que é o assoreamento do curso d'água. O duto na estrada impede o escoamento o que pode gerar pequenas inundações nesta área.



Figura 36: Duto abaixo da estrada e deposição do material retirado das cabeceiras de drenagem.

Fonte: Corrêa, L. da S. L. trabalho de campo dia 12-12-05.

Esse duto, na estrada, marca a interferência antrópica, porém, não influencia diretamente na ação dos processos erosivos sobre o sistema a montante, mas facilita a deposição de material. Aproximadamente 23,6 m<sup>3</sup>, depositados em um período relativamente curto, pois a estrada tem poucos anos (figura 35). A figura também mostra a deposição do material o que caracteriza o nível de base local.



Figura 37: Área deposicional a jusante depois da estrada RST 377

Fonte: Corrêa, L. da S. L. trabalho de campo dia 12-10-05.

Além dos efeitos da desagregação do material na cabeceira de drenagem, a formação de áreas de depósito gerado pelo transporte de materiais resultantes da ação das águas correntes (aluvião), formado por um nível de base local, que também gera um problema como se pode observar na figura 36. Área deposicional a jusante, mostra o assoreamento do curso de água prejudicando a pequena mata ciliar existente, devido a grande quantidade de material removido pela erosão depositado nesta área.

## 5. CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Para a área de estudo, é possível identificar alguns fatores condicionantes de formação de processos erosivos que se destacam sobre os demais. O clima, a geologia e o solo são três fatores condicionantes importantes e, pelas suas características, se pré-dispõe a desenvolver processos erosivos.

Em relação à precipitação, pode-se destacar que a média mensal de precipitação pluviométrica é geralmente a 100 mm.

Em relação à geologia, pode-se destacar a característica das rochas da região. São arenitos, em geral friáveis, com baixa cimentação. Isso facilita a geração de solos arenosos com uma predisposição a desenvolver os processos erosivos. A declividade que em geral é fator muitas vezes fundamental no desenvolvimento da erosão, na área é suave devido às colinas longas e amplas.

Observa-se que os avanços dos processos erosivos nesta área ocorrem por escorregamentos laterais (translacionais) nas voçorocas já estabelecidas ou em voçorocas em desenvolvimento. Isso se deve à tendência de ocorrer o colapso pela ruptura da vertente da colina com o íngreme talude da voçoroca, através da força gravitacional que atua para re-estabilizar a vertente. Esse avanço gera perda de solo e deposição de material nos cursos d'água.

A área de estudo localiza-se em uma cabeceira de drenagem. Forma um sistema de processos erosivos. Esses processos e foram classificados, considerando a forma e estágio de evolução nos seguintes grupos: i) voçoroca linear simples; ii) voçoroca linear composta; iii) voçoroca em anfiteatro; iv) areais; Também se encontra duas áreas de deposição relevantes, mostradas no mapa de feições erosivas (figura 29). Estas feições se desenvolvem pela concentração do fluxo de água e a formação dos canais erosivos.

Observa-se o avanço das ravinas e voçorocas desconectadas da drenagem, além de ação da erosão eólica no topo das colinas, (figuras 32, 33) devido à fragilidade do solo arenoso da área, observadas na figura 09 e no mapa da figura 29. Também as feições erosivas avançadas ocorrem, geralmente, a montante da

área a noroeste, onde o solo arenoso é atacado efetivamente pela ação da água e do vento. Deve-se acrescentar o fato, observado em campo, de que essa área anteriormente já foi utilizada para agricultura, e atualmente utiliza-se a pecuária.

A técnica de difração de raios-X usada para identificação dos argilominerais resultou em difratogramas com os picos característicos dos argilosminerais: caulinita e a illita. Os dois não são argilominerais que apresentem uma resistência muito efetiva a erosão. A caulinita é presente em todas as amostras é um argilomineral pouco significativo na contenção dos processos erosivos. Porém a caulinita e a illita, foram encontradas nas amostras retiradas dos degraus, uma maior resistência erosiva identificadas em campo. Mas os degraus que apresentam os argilominerais illita e caulinita têm uma maior resistência à erosão. Porém esta maior resistência não é suficiente para conter completamente o avanço dos processos erosivos, como mostra na figura 12. A análise granulométrica (amostra 06) desta amostra não mostra a fração argila mais significativa (16,86%) na amostra coletada (quadro 04), pois as frações areia média (45,12%) e areia fina (34,74%) são as predominantes.

A formação destes degraus de resistência erosiva, ocorre pela presença dos argilominerais illita e caulinita a granulometria da amostra com as frações argila (16,86%) e silte (3,16%) é maior que nas amostras coletadas em outros pontos da voçoroca, explica a existência destes degraus no interior das voçorocas em anfiteatro e voçorocas lineares bem desenvolvidas na porção **E**.

No interior das voçorocas em estágio avançado, vimos que existem degraus de que apresenta uma maior resistência à erosão em relação à camada superior da colina. Em todas as amostras analisadas foi encontrado o argilo-mineral caulinita, portanto este não um fator que possa impedir o avanço dos processos erosivos atuantes na área.

Para a facilitação da análise das feições erosivas, foi realizada uma setorização, com o objetivo de descrever e compreender a distribuição destas feições erosivas. Assim, a utilização de técnicas de contenção descritas no item 2.5 nas áreas onde os processos erosivos estão muito desenvolvidos é de extrema importância para a contenção dos mesmos.

### 5.1. Análise dos setores:

Porção **E** da área é a mais preocupante (figura 29), como não existe nenhuma forma de contenção na área pra evitar o avanço destas voçorocas. A situação é propicia para um crescimento das áreas degradadas pela erosão.

Porção **SE** seria a segunda área preocupante no avanço rápido da erosão remontante, pois a dinâmica dos processos erosivos podem expandir, lateralmente e a montante da colina. Principalmente as voçorocas lineares composta, que sua expansão pode gerar um aumento significativo da área degradada.

Porção **NNW** os processos erosivos presentes tendem a não gerar voçorocas de grandes proporções, porém podem evoluir para areais e para o crescente número de voçorocas desconectadas. Também neste setor a erosão laminar contribui tanto na formação de canais, ravinas e voçorocas, devido a baixa densidade de biomassa, como também na formação da área deposicional na parte centra do setor **NNW**.

Porções **SW** e **C** apresentam menores risco de avanço dos processos, se comparados com os outros setores da área de estudo. Na porção **SW** apresenta duas voçorocas lineares que já apresentam deposição e uma estabilização natural de seu talude. Na porção **C** sofre o desgaste lateral das margens e erosão laminar pela atuação das drenagens permanentes, apenas nos momentos de precipitação intensa e elevação do curso de água. A porção **C** é a que apresenta o menor risco de desenvolver processos erosivos intensos comparados às demais porções.

Alguns trabalhos mais recentes têm relacionado o desenvolvimento de processos erosivos intensos à velocidade de escoamento das precipitações. Desse modo, o controle do escoamento superficial seria um importante procedimento para evitar o avanço dos processos erosivos existentes e evitar o surgimento de novos. O desencadeamento do processo está associado ao efeito do impacto das gotas da chuva sobre o pacote sedimentar e ao escoamento inicial que afetam os agregados e movimentam as partículas do solo.

A vegetação pode amenizar os efeitos desse processo e dificultar a evolução da erosão. A área de estudo não tem cobertura vegetal satisfatória observada em campo (figura 08), devido a fatores naturais, uma vez que o solo é arenoso e o substrato arenítico, principalmente. A proteção vegetal de toda a área de estudo é um procedimento interessante. Nesse sentido é recomendável o plantio de

pastagem mais adaptada à fragilidade natural do solo que, conjugado com a vegetação permanente, possa formar um cordão de proteção do solo.

Esse trabalho permitiu a identificação de alguns fatores condicionantes do desenvolvimento de processos erosivos intensos. O desenvolvimento de tais processos tem causado impactos consideráveis nas propriedades rurais localizadas na região oeste do estado do Rio Grande do Sul. Tais impactos têm conseqüências ambientais significativas pela dimensão das voçorocas que podem degradar a área, além das conseqüências advindas inviabilidade econômica dessas áreas degradadas.

## **5.2. Contribuição para a área de estudo**

A análise da área de estudo aponta para a necessidade de ações de contenção urgentes. A área atingida é de grande proporção e sua expansão é evidente (figura 29). Forma uma área degradada sem nenhum uso ou ganho econômico e sem nenhuma função social. Também a presença dos processos desconectados a drenagem seu predomínio é na porção NNW da área, com 4 (quatro) áreas registradas e também com três (3) pequenas áreas de arenização encontradas a W e Centro-Oeste. Porém em toda a colina a erosão laminar é significativa podendo ocorrer à formação de pequenos sulcos. Um processo de deposição também é formado nesta área acima dos arenitos mais resistentes existentes em uma determinada faixa da área (figura 35 e 36).

A feição erosiva em anfiteatro localizada na porção **E** é a mais preocupante. Requer maiores cuidados em relação do que outras feições erosivas identificadas na área de estudo. Esta voçoroca está em expansão, podendo conectar-se a uma voçoroca linear próxima, no seu lado oeste (W). Onde uma grande quantidade de material erodido é levada para o curso d'água principal e depositado mais a jusante, como mostra a figura 29.

O trabalho mostra que o mapeamento é a maneira satisfatória para análise dos fenômenos espaciais como os processos erosivos, e esta contribuição sobre a distribuição das feições erosivas e de que maneira estão se desenvolvendo devido a suas características granulométricas e da identificação dos argilo-minerais, associadas aos fatores geomorfológicos e geológicos servirão para a compreensão da evolução dos processos erosivos e de suas feições.

Finalizando seria importante que a continuidade dos estudos sobre os processos erosivos na área de estudo, para uma caracterização física mais detalhada, com o aprofundamento dos estudos sobre a erodibilidade do solo, com levantamentos em maior escala e acompanhamento da evolução das voçorocas desenvolvidas e das feições erosivas associadas aos fatores condicionantes (litologia e solo, relevo, escoamento superficial e subsuperficial). E desta forma propor as maneira mais adequadas para estabilizar e conter o avanço do processo erosivo na área e conseqüentemente nas áreas semelhantes no município de São Francisco de Assis.

Três ações na área de estudo seriam primordiais para o acompanhamento da evolução dos processo erosivos: cercamento das voçorocas observadas, a implantação de estacas para observar o avanço dos pontos de ruptura e dos braços das voçorocas observadas; e um monitoramento de longo prazo que verificasse o avanço ou estabilização dos processo erosivos ao longo do tempo;

Esse procedimento identificaria as voçorocas ativas e que posteriormente implementaria outras medidas de contenção, citadas por Mota (1997), Bigarella (2003) e Durlo e Sutili (2005), evitando que os processos erosivos existentes avançassem sobre a área produtiva. Pois a perda de área economicamente aproveitável é um problema grave nesta região onde a produção agropecuária é a principal atividade econômica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. Problemática da Desertificação e da savanização no Brasil Tropical. **Geomorfologia**, São Paulo: USP, n. 20, 1970.

AB'SABER, A. N., MÜLLER-PLANTENBERG, C. (orgs.). **Previsão de Impactos: o estudo de impacto ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha**. 2.ed. São Paulo: Ed. da USP. 2002.

ALBERS, A. P. F. MELCHIADES, F. G. MACHADO, R. BALDO, J. B. BOSCHI, A. O. **Cerâmica v.48** Um método simples de caracterização de argilominerais por difração de raios X. São Paulo jan./fev./mar. N°305. 2002. [www.scielo.com.br](http://www.scielo.com.br)

ALMEIDA, L. E. G e RODRIGUES, J. E. **Simpósio Brasileiro de Cartográfica Geotécnica**. A Avaliação dos Terrenos aplicada na Definição de Suscetibilidade à Erosão. Florianópolis. Outubro de 1998. anais.

ALMEIDA, J. & LOPES, M. **Simulação de Imagens da Precipitação Mensal para a Elaboração de Cartas de Risco de Erosão** (2003)

ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. São Leopoldo: Editora Unisinos. 2004. p.165.

ARAGÃO, L. E. O. e C. de. **Modelagem Dos Padrões Temporal E Espacial Da Produtividade Primária Bruta Na Região Do Tapajós: Uma Análise Multi-Escala**. São José dos Campos. INPE. 2004. (Tese de Doutorado)

ASSAD, E. D. SANO, E. E. (edit.) **Sistema de Informações Geográficas. Aplicações na Agricultura**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998. 434p. il.

AZEVEDO, A. A, ALBURQUERQUE FILHO, J. L. Águas subterrâneas. OLIVEIRA, A. M. dos S., BRITO, S. N. A. de. (editores) **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de geologia de engenharia, 1998. 112-130p.

AZEVEDO, A.C. de, DALMOLIN, R.S.D. **Solos e Ambiente: uma introdução**. Santa Maria: Ed. Pallotti, 2004. 100 p. il.



- BAHIA, V. G. CURI, N. CARMO, D. N. do. MARQUES, J. J. G. S. e M. **Informe Agropecuário. V.16.** Fundamentos de Erosão do Solo. N°176. p.25-31, 1992.
- BACCARO, C. A. D. Processos erosivos no domínio do cerrado. In: GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S. da, BOTELHO, R. G. M.(org.). **Erosão e Conservação dos Solos conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 195-227p.
- BIGARELLA, J.J.; BECKER, B. & DOS SANTOS,A. **Origem das paisagens tropicais e subtropicais.** Florianópolis: Edufsc. 2003 v. 3
- BOTULUZZI, E. C., et al. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Alterações na mineralogia de um argissolo do rio grande do sul submetido à fertilização potássica. N° 29. p. 327-335, 2005.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Edgard Blucher, 1974. 144p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial.** Rio Claro-SP: Edgard Blucher, 1981.
- CHASSOT, A. e CAMPOS, H. (org.). **Ciências da Terra e Meio Ambiente.** São Leopoldo: Ed. da UNISINOS, 2000.
- CUNHA, S. B. da, GUERRA, A. J. T. (org.) **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. p.345.
- D'AGOSTINI, L. R. **Erosão: o problema mais que o processo.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999.
- DNPM. **Mapa Geológico do Rio Grande do Sul.** Brasília: Ministério de Minas e Energia. 1986. 1:500.000
- DUARTE, P.A. **Cartografia Básica.** 2.ed. Florianópolis; Ed. da UFSC, 1988. (série didática)
- DURLO, M. A., SUTILI, F. J. **Bioengenharia: Manejo Biotécnico de Cursos de Água.** Porto Alegre: EST edições, 2005. 189p. il.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- FENDRICH, R., OBLADEN, N.L., AISSE, M.M. &GARCIAS, C.M. **Drenagem e Controle da Erosão Urbana.** 3ª ed. São Paulo: IBRASA. Curitiba: CHAMPAGNAT, 1991. 442 p.

- GANDOLFI, N. A cartografia geotécnica no planejamento do uso e ocupação do solo. CHASSOT, A. e CAMPOS, H. (org.). **Ciências da Terra e Meio Ambiente**. São Leopoldo: Ed. da UNISINOS, 2000. 113-127p.
- GOMES, C. B. (coord.) **Técnicas Analíticas Instrumentais aplicadas à Geologia**. São Paulo: Edgard Blücher: PROMINÉRIO, 1984.
- GREGORY, K. J. **A natureza da geografia física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1992. 367p.
- GUERRA, A.T. **Dicionário Geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1997. 9.ed.
- GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S. da, BOTELHO, R. G. M.(org.). **Erosão e Conservação dos Solos conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 17-55p.
- GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S. da, BOTELHO, R. G. M.(org.). **Erosão e Conservação dos Solos conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.
- GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. da (org.). **Geomorfologia do Brasil**. Bertrand Brasil, 2003. 392p.
- IPT, **Alterações no meio físico decorrentes de Obras de Engenharia**, Boletim 61, São Paulo, 1992.
- INFANTI JR, N. e FORNASARI FILHO, N. Processos de dinâmica superficial. OLIVEIRA, A. M. dos S., BRITO, S. N. A. de.(editores) **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de geologia de engenharia, 1998. 131-152p.
- KLAMT, E., SCHNEIDER, P. Solos Suscetíveis à Erosão Eólica e Hídrica na Região da Campanha do Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**. Santa Maria: Ed. da UFSM. Nº 11. Vol 1(jul. 1990) p.71-80.
- LANDIM, P.M.B., MONTEIRO, R.C., CORSI A.C., **Introdução à Confecção de Mapas pelo Software Surfer**. Rio Claro: UNESP Depto. de Geologia Aplicada. 2002. texto didático.
- PECK, R. Description of an assemblage of particles. In: LAMBE, T.W. e WHITMAN, R. V. **Soils Mechanics, SI Version**. New York: Jonh Wiley & Sons, 1979. 553p. il.
- MARCHIORI, J. N. C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul: campos sulinos**. Porto Alegre: EST, 2004. 110p. il.

- MARQUES, J.K.A. **Manual Brasileiro para Levantamento da Capacidade de Uso da Terra**. Brasília: IBGE, 1971.
- MENDONÇA, F. **Geografia Física: ciência humana?**. São Paulo: Contexto, 1989.
- MOREIRA, C. V. R. e NETO, A. G. P. Clima e relevo. OLIVEIRA, A. M. dos S., BRITO, S. N. A. de.(editores) **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de geologia de engenharia, 1998. 69-85p.
- MOTA, S. **Introdução a Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 292p.
- OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S. da, BOTELHO, R. G. M.(org.). **Erosão e Conservação dos Solos conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 57-99p.
- OLIVEIRA, A. M. dos S., BRITO, S. N. A. de.(editores) **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de geologia de engenharia, 1998.
- RAMOS, C. da S., SANCHEZ, M.C. Estudo Metodológico de Classificação de Dados para Cartografia Temática. **Geografia**, Rio Claro, v.25, ago.p.23-52, 2000.
- RODRIGUES,E.B. E PEJON, A. Importância dos Landforms na elaboração de cartas de susceptibilidade aos movimentos de massa na região de Águas de Lindóia/SP. in: **III Congresso Brasileiro de Cartografia Geotécnica. anais**. São Paulo,1998.
- ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia: Edufu, 2003. 238p. 5º ed.
- ROSS, J. L. S. **Geomorfologia. Ambiente Planejamento**. São Paulo: Contexto, 2003, 85p. 7. ed.
- ROBAINA, L. E. NETO, S. F., PAULA, P. M. de, PEREIRA, V. P. Processo Erosivo Acelerado no RS: voçorocamento no município de Cacequi. **GEOGRAFIA**. Rio Claro, vol 27(2). p.109-120,Agosto 2002.
- SANTOS, R. F. dos, **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.
- SALOMÃO, F. X. de T. Controle e Prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S. da, BOTELHO, R. G. M.(org.). **Erosão e**

**Conservação dos Solos conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 229-267p.

SCHERER, C.M. DOS S.; FACCINI U.F.& LAVINA.,E.L, .Arcabouço Estratigráfico do mesozóico da bacia do Paraná. In: **Geologia do Rio Grande do Sul** /Michael Holz & Luiz Fernando de Ros.Porto Alegre :Cigo/Ufrgs.Edição revisada. 2002

SILVA, A. S. da. Análise morfológica dos solos e erosão. In: GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S. da, BOTELHO, R. G. M.(org.). **Erosão e Conservação dos Solos conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 101-126p.

STRECK et. al. **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: EMATER/UFRGS, 2002.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Deserto Grande do Sul: Controvérsia.** Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 1992. 71 p. il.

SUERTEGARAY, D.M.A; GUASSELLI,L.A.; VERDUM R. **Atlas de arenização: sudoeste do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e planejamento, 2001.

SUERTEGARAY, D.M.A. **Geografia Física e Geomorfologia: uma (re)leitura.** Ijuí: ED. Unijuí, 2002. 112p.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar.** São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2003. 400p.il.

VILLELA, S.M. e MATTOS, A **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: MCGRAW-Hill do Brasil. 1975.

VITTE, A. C. e GUERRA, A. J. T. (org.) **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

ZUQUETTE, L. V. GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica.** São Paulo: Oficina de Textos. 2004