

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ANÁLISE DOS CONDICIONANTES DO MEIO E DOS USOS AGRÍCOLAS NA  
OCORRÊNCIA DE EROSÃO LINEAR NO MUNICÍPIO DE CHUVISCA, RS**

**JULIANA DUMMER**

**ORIENTADOR: PROF. DR. ROBERTO VERDUM**

**PORTO ALEGRE, SETEMBRO DE 2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ANÁLISE DOS CONDICIONANTES DO MEIO E DOS USOS AGRÍCOLAS NA  
OCORRÊNCIA DE EROSÃO LINEAR NO MUNICÍPIO DE CHUVISCA, RS**

**JULIANA DUMMER**

**Orientador: Prof. Dr. Roberto Verdum**

**Banca examinadora:**

Telma Mendes da Silva

Edinei Koester

Ulisses Franz Bremer

**Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós Graduação em Geografia como  
requisito à obtenção do título de mestre  
em Geografia.**

**PORTO ALEGRE, SETEMBRO DE 2014**

### **Dedicatória**

*Dedico este trabalho a Deus, minha força, meu sustento, sem o qual não teria conseguido superar todas as adversidades e chegar até aqui, com o qual seguirei onde eu estiver e até onde Ele me possibilitar.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Dr. Roberto Verdum, pela incansável e dedicada orientação nesta pesquisa, pela amizade.

As instituições que possibilitaram o desenvolvimento desta dissertação: UFRGS e CAPES/Reuni pelos dois anos de concessão da bolsa.

Ao Prof. Dr. Edinei Koester e Prof. Dra. Dirce Suertegaray pelas sugestões para o desenvolvimento deste trabalho.

A 1º Divisão de Levantamento do Exército pela doação das fotografias aéreas e cartas topográficas do Município de Chuvisca.

A minha família, pais, irmão, esposo e afilhados que me apoiaram em mais esta etapa, com amor e compreensão, com os quais eu tenho minha maior dívida.

## RESUMO

A erosão linear é uma das formas de erosão hídrica que provoca degradações no terreno, através de sulcos e ravinas que chegam ao estágio avançado das voçorocas. Quando não apresentam intervenção humana, elas geram a perda de parcelas aráveis e de Áreas de Preservação Permanente (APPs), interrupção de estradas, contaminação de cursos d'água e, ainda, tornam-se áreas de risco de deslizamento, acidentes e mortes de animais. Além disto, em áreas agrícolas, geram custos excessivos aos municípios e agricultores, com aporte de nutrientes químicos e em horas de trabalho, com o uso de maquinário para a manutenção de estradas e lavouras. Na presente pesquisa, propõe-se uma análise dos condicionantes do meio (geologia – litologia e estrutura, geomorfologia, tipos de solos e uso da terra) em relação à ocorrência dos processos erosivos lineares (ravinas/voçorocas) no Município de Chuvisca, RS. O estudo justifica-se devido há uma ocorrência significativa de ravinas e voçorocas identificadas e cadastradas entre os anos de 2008 e 2010. Os resultados atuais permitiram um maior detalhamento da gênese da erosão linear no município, cabendo destacar que nos 32 casos deste tipo de erosão que foram mapeados, todos seguem a direção do conjunto de lineamentos e falhas tectônicas, no sentido principal NE/SO e secundário NO/SE. Assim, pode-se afirmar que os processos erosivos lineares são condicionados, em parte, pela tectônica local-regional, tanto na sua localização no terreno como na sua evolução. Além disso, destaca-se que 66% deles ocorrem em áreas de lavoura sob plantio convencional, sem práticas de conservação do solo, e 28% em Áreas de Preservação Permanente degradada. Em alguns casos, as áreas atingidas pela erosão apresentam as mesmas características do meio, levando a crer que o uso do solo relacionado às práticas agrícolas inadequadas são os principais indutores dos processos erosivos no Município de Chuvisca.

Palavras-chave: Condicionantes do meio. usos e práticas agrícolas. erosão linear. Município de Chuvisca.

## ABSTRACT

The linear erosion is a form of water erosion that degrades the land. Erosion creates ravines and furrows that lead to the advanced stage of gullies. Without intervention, they generate loss of arable and permanent preservation areas (APPs), disruption on roads, watercourses contamination, and also become areas at risk of landslides, prone to accidents and deaths of animals. Furthermore, in agricultural areas, they generate excessive costs to municipalities and farmers, with the input of chemical nutrients and hours of work, and the use of machinery for the maintenance of roads and crops. In this study, we propose an analysis of the conditioners of the environment ( lithology / structural geomorphology, soil types and land use) on the occurrence of linear erosion (ravines / gullies) in the Municipality of Chuvisca, Rio Grande do Sul State. The study is justified because there was a significant occurrence of ravines and gullies identified and registered between 2008 and 2010. Current results allowed more precisely detailing of the genesis of linear erosion in that municipality. We pointed out that in 32 cases of mapped linear erosion, all of them follow the direction of the set of lineaments and tectonic faults, the main direction NE / SW and secondary NW / SE. We can say that the linear erosion processes are conditioned partly by local tectonics, both in its location on the ground and in its evolution. Furthermore, it is noteworthy that 66% of them occur in cropland under conventional tillage without soil conservation practices, and 28% in degraded Permanent Preservation Areas. In some cases, areas affected by erosion exhibit the same characteristics of the environment, leading to the belief that the use of inappropriate agricultural practices related to soil are the main drivers of soil erosion in the Municipality of Chuvisca.

Keywords: Conditioners of the environment. agricultural practices and uses. linear erosion. Municipality of Chuvisca.

## LISTA DE FIGURAS:

- Figura 1: Determinação de orientação de falhas em afloramento de rochas na localidade de São Brás Alto. Principais: N76°E Secundárias: N40°W. Foto: acervo da autora, 2014..... 38
- Figura 2: Recortes da fotografia aérea 16867 (esquerda) e imagem de satélite abrangendo parte do Município de Chувиска com indicação dos lineamentos (linha vermelha pontilhada), conforme mapeamento da CPRM (2007). Fonte: adaptado de acervo 1Divisão de Levantamento do Exército e *Google Earth*®..... 39
- Figura 3: A e B (detalhe), zonas de deslizamentos devido à presença de *slickensides*, geradas ..... 41
- Figura 4: Exemplos de ravinas e voçorocas cadastradas no município, que se desenvolvem na direção dos lineamentos: Foto A: NO-SE; B: NO-SE; C: NE-SO; D: NO-SE; E: NE-SO, conforme indicado pelas flechas de localização no mapa..... 42
- Figura 5: Pontos amostrados no levantamento de geológico no município de Chувиска, RS. A) SGDF Cerro Grande – granito rosado; B) Xenólitos cinza claro variando de 50 à 150 cm; C) Fragmentos de rochas típicas da SIMP;D) SGDF fáceis Cerro Grande - Granitos equigranulares rosa acinzentados; E) Xenólitos de granitoides cinza escuro, raros, menores que 10 cm; F) Xenólitos cinza escuro a base de biotita com dimensões aproximadas de 50 cm; ..... 43
- Figura 6: Pontos amostrados no levantamento de geológico no município de Chувиска, RS. G e G1 (detalhe) SGDF- Cerro Grande, Xenólitos de 20 à 40 cm; H e H1 (detalhe) SIMP - Granodioritos cinza esbranquiçados, I) SIMP- granodioritos rosados. Fotos: acervo da autora, 2010..... 44
- Figura 7: Perfil topográfico do *transecto* A-B (mapa 4) no sentido Nordeste/Sudoeste. Fonte: adaptado de spring®..... 46
- Figura 8: Curso d' água com mata ciliar degradada e plantio agrícola no limite do leito, Município de Chувиска, RS. Foto: acervo da autora, 2013. .... 58

- Figura 9: Propriedade rural na localidade de São Brás Alto. A flecha em vermelho indica a ravina desenvolvida ao longo da vertente, e as flechas em amarelo indicam o escoamento superficial da lavoura direcionado à cabeceira e lateral direita da ravina. Foto: acervo da autora, 2013. .... 60
- Figura 10: Processos erosivos lineares em lavoura de Tabaco sob sistema de plantio convencional – localidade de São Brás Alto – Município de Chувиска, RS. As flechas em vermelho indicam o escoamento superficial concentrado formando sulcos erosivos ao longo da lavoura e as flechas em amarelo indicam o fluxo direcionados à cabeceira da ravina. Foto: acervo da autora, 2013. .... 60
- Figura 11: Ravina desenvolvida em lavoura, propriedade rural no Município de Chувиска, RS. Croqui (A) demonstrando as características da ravina e seu entorno. Fotografia (B) com flecha indicando a direção de desenvolvimento da erosão. Org.: a autora (2014)..... 61
- Figura 12: Propriedade com sistema de parcelamento do solo (indicado pelas linhas em amarelo), curvas de nível (indicado pelas flechas em preto) e talvegue vegetado. (indicado pela flecha vermelha). Foto: acervo da autora, 2014. .... 62
- Figura 13: Lavoura faixas paralelas com diferentes cultivos intercaladas (delimitação indicada pelas linhas em amarelo). Foto: acervo da autora, 2014..... 63
- Figura 14: Voçoroca na localidade de São Brás Alto, Chувиска-RS. Croqui (esquerda) demonstrando as características da erosão e seu entorno, fotografia (direita) com desaguadouro projetado para o interior da erosão (indicado pela flecha), ponto de maior instabilidade. Org.: a autora (2014). .... 64
- Figura 15: Voçoroca desenvolvida em área de cultivo próximo a rodovia não pavimentada na localidade de São Brás Alto, Chувиска-RS. Croqui (esquerda), fotografia (direita) com flechas indicam o escoamento nas drenagens (valas) superficiais ao longo da estrada vicinal e que se



- concentram na cabeceira da voçoroca, em pleno estágio de evolução. Org.: a autora (2014). ..... 66
- Figura 16: Voçoroca desenvolvida em área de cultivo próximo à rodovia não pavimentada, na localidade de Guaraxaim da Serra, Município de Chuvisca-RS. Croqui (A) demonstra pelas flechas o escoamento superficial direcionado a erosão em diversos pontos da vertente, direcionados à cabeceira da voçoroca em estágio de alargamento e aprofundamento do canal principal ao nível de base, e exposição do horizonte saprolítico em superfície. As flechas indicam o escoamento nas drenagens (valas) superficiais, e canalizadas em subsuperfície (indicado na linha pontilhada) que se concentram na cabeceira da voçoroca, em pleno estágio de evolução. Org.: a autora (2014). ..... 67
- Figura 17: Voçoroca na localidade de Costa do Sutil, Município de Chuvisca, RS. Croqui (A) demonstrando a extensão área de contribuição e o direcionamento do fluxo superficial para a cabeceira da voçoroca. Fotografia (B) com, flecha indicando a localização da estação de tratamento de efluentes da indústria de água mineral. No interior da voçoroca se observa o horizonte A, em processo de saturação hídrica, pelo escoamento superficial. Org.: a autora (2014). ..... 69
- Figura 18: Voçoroca na localidade de Costa do Sutil, Município de Chuvisca. No detalhe, as trilhas feitas pelo pisoteio de animais, que contribuem para o escoamento concentrado para o seu interior. Foto: acervo da autora, 2014. .... 70
- Figura 19: Erosão em área de campo (APP), na localidade de Costa do Pinheiro, Município de Chuvisca-RS. Croqui demonstrando as características da ravina e seu entorno. A ravina apresenta uma extensão bacia de contribuição com fluxo superficial (indicado pelas flechas) direcionado para mesma. Na fotografia, eixo secundário que avança sobre as benfeitorias da propriedade em erosão remontante. Foto: acervo da autora, 2014. .... 72

Figura 20: Algumas das ravinas e voçorocas cadastradas em diferentes localidades do Município de Chuvisca por tipologia de processo erosivo. I) erosão em área de campo – Localidade de Costa do Sutil (21); II) erosão em área de lavoura próxima – Localidade de Costa de São Brás Alto (31); III) erosão em rodovia – Localidade de São Brás (24). Org.: a autora (2014). ..... 74

### LISTA DE MAPAS:

- Mapa 1: Mapa do Brasil com a localização do Rio Grande do Sul (em vermelho); Mapa do Rio Grande do Sul com a delimitação dos municípios, divisão regional e a localização do Município de Chuvisca (em vermelho); e Mapa do Município de Chuvisca com a rede viária, hidrográfica, e localização da área urbana. Fonte: Elaborado pela autora, 2013. .... 18
- Mapa 2: Mapa de localização dos 32 processos erosivos lineares cadastrados no Município de Chuvisca, RS. Fonte: Elaborado pela autora. .... 37
- Mapa 3: Mapa Geológico Litológico-Estrutural do Município de Chuvisca mostrando a predominância da Suíte Intrusiva Pinheiro Machado, subordinadamente a Suíte Granítica Dom Feliciano e a presença de falhas principais na direção NE-SW. Fonte: Adaptado de Mapa Geológico do RS- CPRM (2007), escala 1:750.000. .... 40
- Mapa 4: Mapa das Unidades de Relevo, mostrando a predominância de processos erosivos no compartimento de colinas e cristas respectivamente com indicação do *transecto* A-B (linha pontilhada) utilizado para representação do perfil topográfico. Fonte: elaborado pela autora, 2014. .... 48
- Mapa 5: Mapa de Solos do Município de Chuvisca, RS. Fonte: Adaptado de IBGE (1986) e atualizado a nova classificação EMBRAPA (2006). .... 53
- Mapa 6: Mapa de uso e cobertura da terra do Município de Chuvisca, RS – 2010. Fonte: Adaptado de DUMMER, J. (2011). .... 57

### LISTA DE GRÁFICOS:

Gráfico 1: Gráfico mostrando a percentagem de cada classe de declividade no município e por ocorrências de ravinas e voçorocas. Fonte: adaptado de MNT - SRTM ( <i>Shuttle Radar Topographic Mission</i> ). .....	50
Gráfico 2: Distribuição de frequência das classes de fator LS nas ravinas e voçorocas identificadas no município de Chuvisca, RS. Fonte: adaptado de MNT - SRTM ( <i>Shuttle Radar Topographic Mission</i> ). .....	51

### LISTA DE TABELAS:

Tabela 1 - Percentagem de ocorrência de ravinas e voçorocas em cada classe de curvatura vertical e horizontal da vertente. ....	47
Tabela 2- Percentagem de ocorrência de erosão e a forma das vertentes, no Município de Chuvisca.....	49
Tabela 3 - Dados de quantidade produzida e valor bruto da produção das principais culturas temporárias no Município de Chuvisca. ....	55
Tabela 4: Cálculo de áreas por classe uso e cobertura da terra no Município de Chuvisca, RS.....	56
Tabela 5: Síntese das relações identificadas no que diz respeito às erosões mapeadas e os parâmetros meio. ....	73
Tabela 6: Síntese das relações identificadas entre as erosões mapeadas e os parâmetros de uso da terra (social). ....	73

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
1.1 Justificativa .....	16
1.2 Área de Estudo .....	17
2 OBJETIVOS .....	19
2.1 Geral .....	19
2.2 Específicos .....	20
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	20
3.1 Fenômeno da erosão .....	20
3.2 As implicações do ambiente biofísico nos processo erosivos – os condicionantes naturais e sociais .....	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
5. CONDICIONANTES DO MEIO A OCORRÊNCIA DE EROSÃO LINEAR NO MUNICÍPIO DE CHUVISCA .....	36
5.1 O contexto tectônico regional como indicador de processos erosivos no Município de Chuvisca .....	38
5.2 Contexto Geomorfológico como indicador dos processos erosivos no Município de Chuvisca .....	45
5.3 O contexto pedológico como indicador dos processos erosivo no Município Chuvisca .....	52
5.4 Os usos da terra e as práticas de gestão das propriedades como indicadoras de processos erosivos no Município de Chuvisca .....	55
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	75
REFERÊNCIAS .....	78
ANEXOS .....	82

## 1. INTRODUÇÃO

Existem diferentes formas de degradação ambiental e, segundo Guerra *et al.* (2007), estas estão relacionadas aos vários componentes de uma unidade de terra: atmosfera, vegetação, solo, geologia e hidrografia. Porém, a degradação dos solos torna-se relevante, uma vez que os solos não são facilmente repostos, pois seus processos de formação e recuperação são lentos. Segundo o mesmo autor, o crescimento da produção de alimentos e a incompatibilidade com a recuperação do ambiente têm sido um dos fatores da degradação do solo, uma vez que estão ligados a degradação do ambiente a partir do uso intensivo de pesticidas, fertilizantes, bem como, de maquinário agrícola e, até mesmo, das vias de acesso às propriedades rurais.

Apesar de ser um recurso vital, assim como a água, o solo tem sido mal utilizado. Segundo o último relatório da FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) em 2011, 25% das terras do mundo são degradadas. O relatório apresenta a primeira avaliação global dos recursos da terra no mundo. Um quarto destes recursos tem um elevado estado de degradação. Outros 8% tem uma degradação moderada, 36% está em um estado estável ou ligeiramente degradada e 10% é classificada como terras que estão "melhorando". A superfície restante do planeta está nua (cerca de 18%) ou coberta por massas de água interiores (em torno de 2%).

Dentre as formas de degradação do solo destaca-se a erosão hídrica, que pode acarretar prejuízos de ordem econômica, ambiental e social. Segundo Bahia *et al.* (1992) o Brasil perde anualmente cerca de 600 milhões de toneladas de solo devido à erosão. A erosão, além de causar o empobrecimento do solo e o declínio da produtividade agrícola, aumenta os custos de produção com a necessidade de um maior aporte de nutrientes para a produção agrícola. A erosão pode acarretar problemáticas de ordem social, pois segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005),

torna a terra gradualmente inabitável e, em casos mais graves, pode provocar o deslocamento da população, uma vez que, assim que o solo esgota-se como consequência da erosão, as sociedades humanas tendem a mudar para terras mais produtivas.

As sociedades humanas, também, têm contribuído para a erosão do solo, ao realizar a remoção da vegetação, superexploração, sobrepastejo, atividades agrícolas e industriais, entre outros. Desta forma, a ação social tem sido um dos fatores fundamentais na aceleração de processos erosivos.

Os fatores naturais ou condicionantes do meio, como por exemplo, as características do relevo, a declividade e a presença de lineamentos e falhas, a concentração de altos índices pluviométricos e as características físico-químicas do solo aumentam a susceptibilidade deste à erosão. Esta susceptibilidade favorece diferentes formas de erosão, segundo o grau de carregamento de partículas do solo (EMBRAPA, 2006).

Dentre as diferentes formas de erosão hídrica, estão aquelas provocadas por fluxo laminar raso, onde não há deformação do terreno, mas sim remoção gradativa das camadas do solo, e aquela linear caracterizada por fluxo concentrado, onde há deformações no terreno na forma de sulcos, ravinas e voçorocas. Os sulcos são canais rasos originados por rotas do fluxo superficial e ravinas são canais superficiais profundos, ambos possuem canais caracterizados por seção em V. As voçorocas, no entanto, são feições erosivas resultantes da evolução das ravinas e sulcos, e são provocadas tanto por fluxo superficial como subsuperficial concentrado, podendo chegar a centenas de metros de comprimento e largura e dezenas de metros de profundidade. Diferencia-se das ravinas pela presença de ramificações (canais laterais) e seção em U. Esse tipo de erosão pode trazer consequências à população e ao meio, como a perda de área utilizável, assoreamento dos cursos e corpos d'água e até mesmo a morte de animais devido a acidentes.

As voçorocas, conforme a região do país, também, são conhecidas como bossorocas e/ou grotas, entre outros. A palavra, boçoroca segundo o dicionário livre de geociências, deriva do tupi, *iby-soroc*, (*iby*=terra e *soroc*=fenda) significando fenda, ruptura na terra. Segundo Dae (1989) a formação de tais feições pode ocorrer pela falta de planejamento e gerenciamento das águas da

chuva como, construção de estradas, cercas, infraestruturas, com ordenamento da enxurrada em um único ponto e sem estratégia de dissipação de energia, entre outros. No entanto, segundo Guerra *et al.* (2005), esse não é o único processo de formação de voçorocas. Outro processo erosivo existente é o escoamento subsuperficial que forma fluxos concentrados na forma de túneis ou dutos chamados de *piping*, que podem provocar o colapso da superfície situada acima destes, podendo formar voçorocas em curto espaço de tempo.

Pesquisadores de diferentes países estão preocupados com os casos de erosão por ravinas e voçoroca que vêm aumentando a cada ano, principalmente, sob a ótica das mudanças climáticas, que podem agravar o problema. Eventos como o 2º Congresso Internacional de Erosão dos Solos por Voçoroca sobre Mudanças Climáticas Globais, realizado em 2002, na cidade chinesa de Chengchu, província de Sichuan, tem trazido à tónica esta problemática global, que não tem se limitado a áreas rurais. Dados do diagnóstico realizado por Mendonça *et al.* (2001) comprovam a existência de 12 voçorocas na área urbana da cidade de São Luiz, no Maranhão.

Outros locais como o Cerrado de Santa Filomena no Piauí, o Estado de Minas Gerais e Mato Grosso, também, possuem problemas com a erosão por voçorocas, respectivamente estudados pelos técnicos da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (Codevasf), pelo Instituto Voçorocas e EMBRAPA Gado de Corte.

As ravinas e voçorocas, também, têm sido classificadas por tipologias. São Paulo (1990) classificou as voçorocas como provocadas por distúrbios hidrológicos, de maior porte e ramificadas (escoamento subsuperficial), e as produzidas pelo escoamento superficial concentrado urbano (águas pluviais e servidas) e rural (drenagem de rodovias e manejo do solo) motivadas pelo fator uso do solo. Pousen (1993) levou em conta o local de ocorrência dos processos erosivos, como é o caso dos processos erosivos de terraço e quanto ao tempo de duração, como é o caso das voçorocas efêmeras. Outros autores como Oliveira (1999), por sua vez, classificam ravinas e voçorocas em conectadas e desconectadas da rede de drenagem. A sistematização adotada por Oliveira (1999) para o estudo dos processos erosivos lineares conectados e desconectados à rede de drenagem considerou para tanto o cadastramento de



feições erosivas para identificação de processos erosivos diferentes. Neste sentido, se reconhece a presença de filetes subverticais hierarquizados, liquefação espontânea, descolamento de fendas de tração, erosão por infiltração ou afloramento do lençol freático, “*piping*”, erosão pluvial-salpico, escoamento difuso e concentrado no interior e nas bordas da voçoroca e movimentos de massa localizados nas ravinas e voçorocas conectadas à rede de drenagem. Já para as ravinas e voçorocas desconectadas à rede de drenagem é enfatizado a presença de movimentos de massa e escoamento superficial. Por fim, Oliveira considerou como uma segunda tipologia, aquelas ravinas e voçorocas que apresentam a integração dos diversos mecanismos citados.

No Município de Chувиска (RS) há uma ocorrência significativa de ravinas e voçorocas identificadas e cadastradas entre anos de 2008 e 2010, em um estudo que possibilitou a elaboração de um mapa da distribuição espacial das erosões lineares e caracterização detalhada de um dos casos identificados. Visando um detalhamento maior da gênese desses processos a presente pesquisa propõe uma análise dos condicionantes do meio (geologia litológica/estrutural, geomorfologia, tipos de solos e uso da terra) em relação à ocorrência dos processos erosivos lineares (ravinas/voçorocas) no Município de Chувиска, RS.

### **1.1. Justificativa**

Dentre as muitas formas de degradação ambiental, a erosão dos solos é a mais comum. O solo, assim como a água, é um recurso vital para a humanidade e de lenta formação. A erosão acarreta perda da camada superficial do solo, reduz a fertilidade e, por sua vez, a capacidade de produção primária, assim como a retenção de água. Considera-se que, além disso, em municípios pequenos como Chувиска, dependentes direta e indiretamente da produção agrícola, é um problema potencialmente maior. Em Chувиска a erosão nos solos tem provocado a ocorrência significativa de degradações no terreno, através de sulcos e ravinas que chegam ao estágio avançado das voçorocas. Sem apresentarem qualquer tipo de intervenção, elas estão provocando a perda de áreas aráveis e aquelas definidas como Áreas de Preservação Permanente (APPs), interrupção de

estradas, contaminação de cursos d'água e, ainda, tornando-se áreas de risco de deslizamento, acidentes e mortes de animais. Além disto, causam prejuízo em função dos custos excessivos ao município e aos agricultores, em horas de trabalho, com o uso de maquinário para a manutenção de estradas e lavouras.

Considera-se, ainda que o presente trabalho, além de expor uma análise a partir dos condicionantes do meio e suas fragilidades relacionadas a ocorrências de ravinas e voçorocas no Município de Chuvisca, trará informações técnicas sobre esta problemática ambiental, servindo de apoio à adoção de políticas públicas e de educação ambiental, por parte do governo local.

## **1.2. Área de Estudo**

O Município de Chuvisca faz parte da Região Centro Sul do Rio Grande do Sul e está localizado pelas coordenadas 30°45'17.56" latitude sul e 51°58'7.56" longitude oeste. Chuvisca faz parte, da microrregião de Camaquã e mesorregião de Porto Alegre (mapa 1).

Possui uma população de 4.994 habitantes, 323 residentes na área urbana, e 4.671 na área rural, sendo a densidade demográfica de 22,42 habitantes por km<sup>2</sup>, segundo dados do censo de 2010 do IBGE. O território do município abrange uma área de 220 km<sup>2</sup>, representando 0,0815% do Estado, 0,0389% da Região e 0,0026% de todo o território brasileiro. Já o índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de Chuvisca é de 0,776 em 2010, segundo dados do IBGE<sup>@</sup>Cidades.

Chuvisca, constitui-se em um município fundamentalmente agrícola, sua economia está baseada, quase que unicamente, na produção de tabaco, praticada em pequenas propriedades rurais, normalmente em glebas de 2 a 6 ha, empregando mão de obra essencialmente familiar. Segundo dados de 2009 do IBGE<sup>@</sup>Cidades são produzidos anualmente 8,5 mil toneladas de tabaco.



Mapa 1: Mapa do Brasil com a localização do Rio Grande do Sul (em vermelho); Mapa do Rio Grande do Sul com a delimitação dos municípios, divisão regional e a localização do Município de Chuvisca (em vermelho); e Mapa do Município de Chuvisca com a rede viária, hidrográfica, e localização da área urbana. Fonte: Elaborado pela autora, 2013.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Analisar os condicionantes geológicos, geomorfológicos e as vulnerabilidades do solo, assim como, a sua ocupação e os usos agrícolas, para compreender a ocorrência de erosão no Município de Chuvisca, RS.

### **2.2. Específicos**

- Identificar as unidades de relevo presentes na área de estudo, como resultantes da tectônica pretérita, do contexto litológico e dos processos exógenos;
- Identificar, os tipos de solos e suas características estruturais e texturais, como indicadores de vulnerabilidades à ocorrência de ravinas e voçorocas;
- Realizar o levantamento das principais formas de ocupação e usos agrícolas atuais, considerando estas como desencadeadoras dos processos erosivos, assim como, protetoras em relação a eles;
- Mapear e estabelecer uma tipologia dos processos erosivos hídricos no município.

### **3. REFERÊNCIAL TEÓRICO**

#### **3.1. Fenômeno da erosão**

A erosão é um fenômeno natural que atua nos processos de modelagem da paisagem em todos os ecossistemas da Terra e se caracteriza em um processo de remoção, transporte e deposição de sedimentos das áreas mais altas do relevo para áreas mais rebaixadas, como por exemplo, as planícies e talvegues de um rio. Na dinâmica natural da paisagem, a erosão pode ser causada pela força da água, caracterizando a erosão hídrica (pluvial), fluvial e/ou glacial, ou pela força dos ventos, caracterizando a erosão eólica. No entanto, esse processo de modelagem natural do relevo, quando intensificado pela sociedade, tem gerado degradação ambiental, perda de terras agricultáveis e, até mesmo, prejuízos sociais.

A erosão hídrica, foco deste estudo, é caracterizada por diferentes mecanismos de atuação que, conforme Bertoni e Lombardi Neto (2005), no processo de desagregação, transporte e deposição geram três principais formas de erosão hídrica: salpico, laminar (entressulcos) e linear (sulcos, ravinas e voçorocas).

A erosão causada pelo impacto da gota de chuva, popularmente chamada de erosão por salpico, é a primeira forma de erosão hídrica. Segundo Cassol (2007), quando as gotas de chuva golpeiam o solo a uma alta velocidade, causam a desagregação das partículas da massa do solo. Este processo de desagregação e transporte faz com que as partículas de solo sejam desagregadas e lançadas em todas as direções pelo efeito do salpico. O potencial erosivo da desagregação é ainda maior, conforme o aumento do diâmetro médio da gota da chuva, que se relaciona com sua energia cinética e, também, com sua intensidade.

Segundo Cassol (2007), após a desagregação das partículas, inicia-se o processo de transporte, que pode acontecer por fluxo laminar raso ou fluxo concentrado em sulcos.

No momento em que a taxa de precipitação pluviométrica superar a taxa de infiltração de água no solo, sucede-se um excesso de água sobre a superfície. Se este excesso não for interceptado, retido ou detido superficialmente, haverá transporte de sedimentos em suspensão. O mesmo se dará por fluxo laminar raso nas regiões em entressulcos. Neste caso, tem-se a chamada erosão entressulcos ou erosão laminar, que provoca a remoção das camadas superficiais do solo de forma gradativa. Por ser pouco perceptível e negligenciada, se torna a forma mais prejudicial de erosão. Nas áreas onde ocorre o fluxo laminar raso, também ocorre o processo de desagregação que predomina pela ação do impacto das gotas da chuva e o transporte pelo fluxo laminar raso caracterizando assim uma área de erosão em entressulcos (ELLISON, 1947; MEYER *et al.* 1975).

Quando os fluxos de água em movimento se concentram em canais (sulcos), muitas vezes em decorrência de terrenos inclinados e/ou pequenas irregularidades na declividade do terreno, ocorrem a erosão por fluxo concentrado ou erosão linear.

Segundo Bertoni e Lombardi (2005) o movimento ascendente da água desprende as partículas por ação elevatória. Esse desprendimento pela abrasão ocorre quando as partículas já em trânsito na enxurrada golpeiam ou arrastam outras partículas na superfície do solo colocando-as em movimento. A quantidade do material transportado vai depender da capacidade de transporte da enxurrada que, por sua vez, é influenciada pelo tamanho, densidade e forma das partículas do solo e por efeito de retardamento da vegetação e de outros obstáculos. Esses canais naturais podem atingir proporções maiores, conforme o volume e velocidade da enxurrada. Onde o fluxo superficial concentra-se, tanto a desagregação quanto o transporte são realizados pelo fluxo concentrado, caracterizando uma área de erosão em sulcos (ELLISON, 1947; MEYER E *et al.*, 1975). Em sua fase inicial podem ser desfeitos com operações normais de preparo do solo, porém, em estágios mais graves, podem impedir o trânsito ou trabalho com maquinário em lavouras e estradas.

As ravinas e voçorocas constituem-se, portanto, no estágio mais crítico da erosão por fluxos concentrados, quando os sulcos se ampliam pelo deslocamento de grandes massas de solo, formando grandes cavidades em extensão e em profundidade. Estas cavidades podem chegar a centenas de metros de

comprimento e dezenas de metros de profundidade. As voçorocas, são formas altamente visíveis de erosão hídrica que podem afetar a produtividade do solo, restringir o uso da terra e, ainda, ameaçar estradas, cercas e edificações. A erosão nestas proporções também pode causar o assoreamento de cursos de água, hidrovias, bueiros, represas e reservatórios. Além disso, os sedimentos em suspensão, que possuem nutrientes e/ou defensivos agrícolas associados, podem prejudicar e afetar a qualidade da água. Estes materiais finos, como a argila coloidal, permanecem em suspensão e podem ainda, poluir aquíferos subterrâneos, cursos d'água e afetar a vida aquática de modo geral (CAREY, 2006).

Segundo Carey (2006), voçorocas são valas profundas escavadas no solo normalmente associadas a locais onde há fluxos de água concentrados em um sulco ou canal normalmente em declive em velocidades suficientes para retirar e transportar partículas de solo, corroendo o subsolo gradativamente e podendo alcançar o lençol freático. Sua formação pode dar-se, também, onde há concentração natural de escoamento, tais como cabeceiras de drenagem e embaciados de vertentes ou em locais de fluxos de água relativamente efêmeros durante chuvas intensas.

Voçorocas, portanto, se desenvolvem em cursos de água, estradas, lavouras e/ou outros locais, onde há escoamento de água concentrada. Em áreas de cultivo ou pastagens, a erosão de canais fluviais e de irrigação pode evoluir para voçorocas, se não forem tomadas medidas de proteção. Igualmente, caminhos formados pelo gado e pelas estradas pode ser um ponto de partida para um pequeno sulco, que pode evoluir para uma voçoroca.

Também, em cursos de água em estado de equilíbrio com tamanho, forma e gradientes adequados podem provocar o surgimento de processos erosivos na forma de canais, que chegam ao estágio avançado de voçorocas, ao serem perturbados por fluxos maiores que os normais. No entanto, o alargamento pode ocorrer pelo solapamento das paredes laterais da voçoroca. Esta queda é facilitada quando as paredes são inclinadas e possuem solos saprolíticos na base.

Além disto, a associação destes fatores a escoamentos superficiais e subsuperficiais, que podem percolar pelos barrancos laterais na forma de dutos,

contribui para a formação de ravinas secundárias ou ramificações, aumentando assim, as proporções da erosão. Outro ponto de evolução de voçorocas está associado aos locais de gotejamento constante, como nascentes ou olhos de água ou linhas de drenagem que provocam a saturação do solo, tornando sua estrutura fraca e suscetível à erosão (CAREY, 2006). Esta umidade constante pode, ainda, enfraquecer a vegetação e, assim, oferecer menor resistência à erosão e contribuir para o seu avanço.

A importância do estudo dos fenômenos associados à formação de ravinas e voçorocas está no sentido de se estabelecer medidas de prevenção e controle, como também de técnicas compatíveis ao combate do problema que, normalmente, é difícil e oneroso. Justificam-se, ainda, em razão da preservação da qualidade dos solos e da água, principalmente, onde há uma chance razoável de sucesso no seu controle e na recuperação das áreas por elas afetadas. Sejam elas ravinas ou voçorocas presentes nas vias de acesso, no campo, na lavoura ou em área de preservação permanente (APP). Cabendo destacar, ainda, que a prevenção de tais feições erosivas é mais rápida e menos onerosa que a remediação.

### **3.2. As implicações do ambiente biofísico nos processos erosivos – os condicionantes naturais e sociais**

O ambiente biofísico segundo Ramalho (2003) é resultado de uma combinação de elementos físicos, químicos e biológicos que interagem uns com os outros em uma determinada área. Considera-se, assim, o estudo das características e da dinâmica do meio para se avaliar as inter-relações das atividades humanas que aparecem como indicadores de desequilíbrios. Para este autor, conhecer as características das precipitações, dos solos, da morfologia das vertentes, entre outros, e as ações da sociedade é fundamental ao diagnóstico e na avaliação das potencialidades e/ou fragilidades do meio, face às implicações oriundas das atividades humanas.

O clima influencia diretamente os índices de intemperismo, definindo os tipos de solos em função da topografia e das rochas. Para alguns pesquisadores, como Thorner (1980) citado por Ramalho (2003), o clima seria a variável mais



importante, por que ele determina a vegetação natural e contribui para maiores ou menores taxas de erosão dos solos. Chuvas regulares favorecem uma cobertura vegetal exuberante, que pode levar a solos com densidades menores e elevadas taxas de infiltração de água (drenagem) o que significa menor enxurrada e, por consequência, menores taxas de erosão. Segundo Cassol (2007), dentre os fatores climáticos, o mais importante no processo de erosão hídrica é a precipitação pluviométrica, visto que a água das chuvas e do escoamento superficial são os agentes causadores da desagregação e do transporte. Bertoni e Lombardi (2005) ressaltam ainda que, a intensidade da chuva é o fator mais importante. Quanto maior a intensidade maior a perda por erosão, quando a velocidade de infiltração do solo é ultrapassada. A infiltração, que é o movimento da água dentro da superfície do solo pelas forças de gravidade e de capilaridade, depende, fundamentalmente, da força de gravidade quando o solo está saturado. No entanto, em alguns casos à indisponibilidade de dados locais precisos, impossibilita a avaliação da variável clima em estudos de erosão no solo.

No que diz respeito aos condicionantes geológicos, para Ramalho (2003), além de fornecerem o material que caracteriza a configuração do relevo, determinam características mineralógicas dos solos. As rochas, que podem ser do tipo magmática, sedimentar e metamórfica respondem diretamente à ação dos agentes intempéricos em função de maiores ou menores resistências litológicas determinadas por características intrínsecas de cada uma delas.

Estudos desenvolvidos por Beavis (2000) relacionados à geologia morfoestrutural, demonstram uma significativa correlação entre a orientação de fraturas e falhas e a ocorrência de ravinas e voçorocas. Tal fato indicaria que há uma forte influência das estruturas presentes no substrato rochoso, tanto no desenvolvimento como na orientação das ravinas e voçorocas. Estudos desenvolvidos, por exemplo, no noroeste do Himalaia por Malik e Mohanty (2007), tem demonstrado um forte controle da atividade tectônica na evolução da drenagem e da paisagem. Isso evidencia, conforme Tricart (1997), a importância de conhecer as características dos elementos integrantes nessa relação para se ter a explicação dos processos dinâmicos modeladores da paisagem.

Também, o estudo das formas de relevo que influenciam o escoamento da água em diferentes trajetórias sobre o terreno tem se mostrado fundamental

para caracterização e análise de processos erosivos. Através da geomorfologia dada pela forma no perfil e no plano, pelo do grau de inclinação e comprimento de rampa, bem como, da relação destes dois últimos na determinação do fator topográfico (LS), tem-se um conjunto de dados importantes no entendimento da erosão dos solos.

Autores como Resende *et al.* (1997), comprovaram a importância dos estudos das formas das vertentes e afirmam que a erosão dos solos aumenta das pedoformas côncavas para as convexas, passando pela linear que possui maior estabilidade. Da mesma forma, estudos como o de Wang *et al.* (2002) e Sanchez *et al.* (2009) comprovaram que em locais onde o solo e as práticas de manejo são os mesmos para toda a área, a forma do relevo mostrou ser responsável pelas maiores perdas de solo, risco de erosão e potencial natural de erosão.

A determinação e o estudo da compartimentação do relevo, segundo Casseti (2005), é um subsídio de destaque ao entendimento da vulnerabilidade e potencialidade geomorfológica. Por vulnerabilidade, na perspectiva geomorfológica, entende-se a suscetibilidade erosiva do relevo, tanto em condições naturais quanto prognosticáveis em função de determinados usos ou ocupações, tendo o compartimento topográfico como suporte ou recurso. A potencialidade, conforme o próprio nome indica, refere-se a determinadas individualidades que podem ser racionalmente apropriadas para fins específicos, como a destinação de áreas portadoras de depósitos de cobertura com fertilidade natural às atividades agrícolas, ou ainda morfologias especiais, como as cársticas e falhadas, voltadas a explorações turísticas. Por sua vez, a união dos estudos sobre os diferentes graus de vulnerabilidade do relevo a suas potencialidades, torna possível produzir mapas com indicações para usos sustentáveis ou destinados à proteção ambiental que auxiliariam no controle da erosão dos solos pelos municípios.

O solo é, também, uma variável determinante, uma vez que a erosão não é a mesma em todos os tipos de solos. Propriedades físicas como estrutura, textura, permeabilidade e densidade, assim como, as características químicas, mineralógicas e biológicas, segundo Bertoni e Lombardi (2005) exercem diferentes influências na erosão. De modo geral, a estrutura do solo, e o arranjo das partículas, também, devem ser considerados no estudo da erosão. A

determinação das propriedades físico-químicas da argila que fazem com que os agregados permaneçam estáveis em presença da água e os teores de matéria orgânica, assim como, retêm de duas e três vezes o seu peso em água, aumentam a infiltração de água no solo e diminuem as perdas por escoamento superficial.

Assim, o solo possui diversas propriedades intrínsecas que respondem de maneira diferente em relação ao processo de erosão hídrica. Isso determina que cada tipo de solo tenha um determinado grau de suscetibilidade à erosão. Esta suscetibilidade do solo à erosão é denominada de erodibilidade. Para Cassol (2007) as propriedades do solo que influenciam a erodibilidade pela água podem ser separadas em dois grupos: (a) aquelas que resistem às forças de dispersão, desagregação, abrasão e transporte da chuva e do escoamento superficial; (b) aquelas que afetam a capacidade de infiltração de água, permeabilidade e capilaridade total de armazenamento de água no solo.

Segundo Cassol (2007), no primeiro grupo está a estabilidade dos agregados, que é a propriedade mais importante no condicionamento do grau de desagregação quando o solo recebe o impacto da gota de chuva. Esta estabilidade está relacionada, principalmente, com os teores de argila e matéria orgânica do solo. Segundo Bertoni e Lombardi (2005) a mineralogia dominante, também, interfere. Agregados de solos com argila montmorilonítica são pouco estáveis em água, enquanto que solos com argila caulínica são mais estáveis, estando a illita em posição intermediária.

Também o tamanho, a forma e a densidade das partículas são determinantes no processo de erosão hídrica, uma vez que afetam a capacidade de transporte. Partículas pequenas e de formato esférico são mais facilmente transportadas do que as maiores e de formato irregular. No entanto, Cassol (2007) afirma que a matéria orgânica proporciona maior estabilidade aos agregados, porém menor densidade de partículas. Ao ocorrer a desagregação do solo, as partículas com matéria orgânica são mais facilmente transportáveis.

Já as propriedades que afetem o segundo grupo, o da infiltração de água, ou seja, a permeabilidade e a capacidade total de armazenamento de água estão ligadas principalmente a estrutura do solo. Segundo Cassol (2007) fatores como camadas compactadas, subsolo impermeável e profundidade do solo, também

são importantes. Para Cassol (2007), solos bem estruturados apresentam maior capacidade de infiltração que solos desestruturados.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005), a textura ou tamanho das partículas do solo são fatores determinantes na maior ou menor quantidade de solo arrastado pela erosão. Solos arenosos possuem, em geral, mais espaços porosos do tipo macroporos ( $>0,05$  mm), favorecendo a infiltração da água da chuva sem maiores danos. Contudo, podem apresentar estrutura fraca, principalmente, pela menor proporção de argila, que conferiria maior reatividade entre as partículas sólidas, estabilizando agregados. Desta forma, as perdas de solo por erosão podem ser mais importantes neste tipo de solo. Já um solo argiloso possui maior proporção de poros pequenos ( $<0,05$  mm), dificultando a infiltração da água e favorecendo o escoamento superficial. Entretanto, apresentam força de coesão das partículas maior, aumentando sua resistência à erosão. Sendo assim, estes atributos podem resultar em solos com menor erodibilidade.

O uso e cobertura da terra determinado pela ocupação humana, através do desmatamento, cultivo agrícola, da construção de estrada, da criação e/ou ampliação de área urbanas, entre outros, tornam-se importantes no desencadeamento de processos erosivos, uma vez que estão intimamente relacionados aos índices de impermeabilização e à capacidade de infiltração dos solos. A ocupação acelerada, o loteamento de sítios e granjas, o desmatamento e a destruição de encostas para retirada de material para construção são também exemplos de atividades humanas que podem desencadear erosão.

Estudos apresentados por Bertoni e Lombardi (2005) demonstraram que mesmo em áreas rurais, onde a taxa de impermeabilização do terreno é insignificante, há uma diferença considerável de perda de solo por erosão. Isto depende do tipo de cultura, com evidentes vantagens onde há adoção de manejo de solo com sistemas de plantio em faixa. Dentre as plantas que se destacam com maior quantidade de terra arrastada estão a mamona, a mandioca e o feijão, aparecendo em um segundo grupo o amendoim, o arroz de sequeiro e o algodão. Tal fato vem ao encontro de estudos como de Boiffin e Bresson (1987) no noroeste da França, onde foi demonstrado que o surgimento e desenvolvimento de voçorocas, não está relacionado com as características pluviométricas, mas

sim com o estado do solo nas lavouras, resultado das formas de manejo e cultivo. O manejo e cultivo do solo pode ser assim considerado protetor ou indutor de processos erosivos.

Pesquisas realizadas pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico de Campinas em três tipos de solo do Estado de São Paulo demonstraram uma diferença nas perdas de solo em diferentes usos. Nas áreas de mata a perda de solos é de cerca de 0,004 t/ha, enquanto que em áreas de cafeeiro e algodão 0,9 e 26,6 t/ha, respectivamente (BERTONI e LOMBARDI, 2005). Para Cassol (2007), em relação ao uso da terra para fins agrícolas e culturas de ciclo anual, os períodos críticos em relação à erosão hídrica ocorrem quando as precipitações pluviométricas mais intensas coincidem com os períodos em que o solo está descoberto. Ou seja, quando no sistema de preparo convencional, há ocorrência de chuvas entre o preparo do solo e a semeadura, ou quando a cobertura vegetal oferece pouca proteção. Neste caso, as perdas por erosão são maiores e as características da chuva como agravar o processo.

A cobertura vegetal é uma defesa natural do terreno à erosão. Segundo Cassol (2007), ela tem efeito na interceptação das gotas de chuva, dissipando a energia cinética de queda das mesmas, ou seja, serve como proteção direta contra o impacto da gota da chuva. A vegetação atua, ainda, como: dispersora da água, interceptando-a e permitindo inclusive que a evaporação da água ocorra antes mesmo que ela atinja o solo o que contribui, também, para decomposição das raízes das plantas formando canaliculos ou bioporos no solo, aumentando a infiltração da água quando o solo está saturado. Assim, melhora-se a estrutura do solo pela adição de matéria orgânica e aumenta-se sua capacidade de retenção de água, diminuindo a velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície. Porém, segundo Cassol (2007) a extensão da proteção fornecida pela cobertura vegetal depende do tipo de planta e raízes. Plantas de hábito prostrado protegem melhor o solo do que plantas de hábito ereto, do mesmo modo que, folhas largas protegem melhor do que folhas estreitas, desde que a quantidade de folhas seja a mesma. O mesmo autor ressalta, ainda que, um sistema radicular compacto e abundante, como a da maioria das gramíneas, protege melhor o solo, promovendo uma melhor formação de agregados estáveis. Ao produzir matéria orgânica a vegetação, não só as raízes mas o húmus

produzido, atua na formação de agregados mais estáveis e resistentes a erosão do solo.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do presente estudo foram necessárias três etapas: (1) coleta e análises de dados existentes (2) pesquisa de campo, (3) trabalho em laboratório e gabinete.

A etapa de **coleta e análise de dados existentes** diz respeito à construção do referencial teórico-metodológico para o estudo, a partir da consulta a livros, teses, dissertações e artigos abordando o tema da erosão do solo, o fenômeno de erosão por ravinas e voçorocas e as variáveis controladoras de tais processos. Algumas referências podem ser citadas, tais como: Beavis (2000); Viero (2004); Bertoni e Lombardi Neto (2005); Denardin *et al.* (2005); Valentin *et al.* (2005), Guerra *et al.* (2005) e (2007); Cassol e Lima (2007); entre outros. Foram consultados ainda, materiais sobre métodos de integração e de geração de dados em sistema de informações geográficas (SIG) para realização dos cruzamentos de dados de geologia, solos, geomorfologia, e uso do solo com os dados de localização das ravinas e voçorocas, já cadastradas no Município de Chuvisca.

Para a análise dos processos erosivos foi utilizado o mapa de localização das ravinas e voçorocas. O referido mapa, elaborado após as informações trazidas por escolares e pela população local, possibilitou a elaboração uma ficha de pré-cadastro. De posse destas informações foram então, realizadas diversas campanhas de campo para identificação dos processos erosivos. Em cada caso foram anotadas as coordenadas UTM, e registros fotográficos foram feitos. Os dados de campo (pontos e traçados) foram baixados no programa *GPSTrackMakerPro*, versão. 4.6, do qual foram exportados nos formatos \*.kml e \*.shp. No programa *Google Earth®*, os arquivos kml foram visualizados para o melhoramento dos contornos (traçados) das voçorocas. Após esta etapa, os pontos originais e os traçados melhorados, em formato shp, foram importados no *SPRING®*, sendo então, elaborado o mapa de localização de 32 voçorocas cadastradas.

Para a análise das condicionantes do meio e dos processos erosivos cadastrados foram utilizados os mapas de hidrografia, geologia litológica e estrutural, declividade, hipsometria, unidades de relevo, tipos solos, e uso do solo.

O mapa da rede hidrográfica de Chuvisca foi criado a partir da importação dos dados de hidrografia das cartas topográficas com escala 1:50.000, editadas pelo Ministério do Exército, Diretoria de Serviço Geográfico digitalizadas, citadas anteriormente, disponíveis em Hasenack e Weber (2010). Após a importação dos dados foram feitas edições vetoriais baseadas nos mosaico de imagens CBERS para melhoramento dos contornos e localização atual dos cursos d'água.

O mapa de geologia do Município de Chuvisca teve como base o mapeamento realizado por CPRM - Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2003 e 2007) e levantamentos de campo, através dos quais se produziu um arquivo em formato *shape* (shp) no *SPRING*® para a delimitação da geologia local que deu origem ao mapa em escala 1: 50.000 do município.

O mapa de solos teve como base o Levantamento de Recursos Naturais - IBGE (1986) realizado pelo projeto RADAMBRASIL em escala 1: 1.000.000. Após importar o arquivo *shape* (shp) no *SPRING*®, passou-se ao processo de edição e atualização das classes de solo identificadas para a nova nomenclatura.

A partir do Modelo Numérico do Terreno (MNT) derivado de dados SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), criou-se os mapas hipsométrico e clinográfico do Município de Chuvisca e obteve-se os dados correspondentes à declividade, curvatura vertical e horizontal da encosta e ao fator LS para cada voçoroca mapeada no município, ambos baseados no método proposto por Camara *et al.* (1996)

O mapa hipsométrico ou de altitudes foi dividido em seis classes representadas em cores, são elas: 40-80m, 80-120m, 120-160m, 160-200m, 200-240, 240-280 e maior que 280m.

O mapa clinográfico ou de declividade, foi elaborado em percentagens, sendo que os intervalos adotados se baseiam no método utilizado pela EMBRAPA (SANTOS *et al.*, 2006), são eles: 0 a 3% plano, 3 a 8% suave ondulado, 8 a 13% moderadamente ondulado, 13 a 20% ondulado, 20 a 45% forte ondulado, superior a 45% montanhoso. A declividade de cada voçoroca foi obtida



a partir do mapa e importação dos pontos das voçorocas mapeadas que gerou uma tabela com declividade para cada ponto de ocorrência.

A curvatura vertical derivada do MNT gerado, expressa o formato da vertente quando observada em perfil. Segundo Câmara *et al.* (1996), é definida com a segunda derivada da altitude, o que pode ser descrito como a variação da declividade ao longo de uma determinada distância. Traduzindo tais definições para a percepção comum, refere-se ao caráter convexo/côncavo do terreno, quando analisado em perfil. Ele é expresso em diferença de ângulo dividida por distância horizontal, o que pode assumir diferentes unidade.

Já a curvatura horizontal segundo Câmara *et al.* (1996), expressa o formato da vertente quando observada em projeção horizontal. É também definida como uma derivada de segunda ordem, porém, não da elevação, mas das curvas de nível. Em analogia à relação entre curvatura vertical e declividade, a curvatura horizontal pode ser descrita como a variação da orientação de vertentes ao longo de uma determinada distância.

Fator topográfico (LS), comprimento de rampa e grau de declive, foram obtidos através da equação proposta por Wischmeier e Smith (1978):

$$LS = [0,065 + 0,0456 \times S + 0,006541 \times S^2] \times (L \div 22,13) \text{ m}$$

sendo  $m = 0,2$  para  $S < 1\%$ ;  $m = 0,3$  para  $1\% \leq S \leq 3\%$ ;  $m = 0,4$  para  $3\% < S < 5\%$ ;  $m = 5$  para  $S \geq 5\%$ ,  $S$  – declividade da encosta (%) e  $L$  – comprimento da encosta (m). Os parâmetros  $S$  e  $L$  utilizados na equação de Wischmeier e Smith (1978), foram determinados pela equação de Williams e Berndt (1976):

$$S = 0,25 \cdot Z \cdot (LC_{25} + LC_{50} + LC_{75}) \cdot A$$

em que  $Z$ : é o desnível entre a seção de controle e o ponto mais elevado da bacia (m);  $LC_{25}$ ,  $LC_{50}$  e  $LC_{75}$ : os comprimentos das curvas de nível a 25, 50 e 75% de  $Z$  e  $A$ : a área da bacia ( $m^2$ ).

$$L_e = LC \cdot LB \\ 2 \cdot EP \cdot (LC^2 \cdot LB^2) \cdot 0,5$$

em que LC: é o somatório dos comprimentos das curvas de nível da bacia hidrográfica (m); LB: o somatório dos comprimentos das curvas de nível de base (m) e EP: o número de pontos extremos (aqueles que ocorrem quando um canal ou talvegue principal corta as curvas de nível da bacia).

O mapa de uso e cobertura da terra foi elaborado baseando-se em imagens de satélite LANDSAT. Após o download da imagem no formato *tiff*, esta foi transformada em *GRIB* no programa Impima®, para ser aberta posteriormente no SIG SPRING®. Após o georreferenciamento da imagem, o contraste foi executado, a fim de melhorar a análise visual na imagem. A partir deste contraste, foi feita a composição colorida da imagem, salva como imagem sintética (B-banda 3, G- Banda 5 e R- Banda 4) possibilitando a classificação do uso da terra no município. Para realização do mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra, foram utilizadas as técnicas de interpretação visual de imagens orbitais, considerando as respostas espectrais de cada banda, sendo importante também o conhecimento de campo. Assim, a classificação da imagem foi do tipo supervisionada por regiões, onde foi utilizado o classificador Bhattacharya, cujo limiar de aceitação foi de 90%. Após a classificação, o mapeamento de classes foi executado, criando-se um plano de informação temático, para o qual foi possível quantificar o uso da terra em 5 classes. São elas: mata nativa, florestamento, cultivo, solo exposto e campo.

A **etapa de campo** correspondeu à realização de novas campanhas de campo para observações das feições erosivas cadastradas, a visitação e a entrevista com os proprietários destas áreas, para fins de entendimento da evolução desses processos erosivos e das práticas relacionadas à conservação e recuperação de áreas degradadas. Por fim, esta etapa compreendeu sucessivas observações em campo dos mecanismos erosivos que comandam a evolução das feições erosivas, para a seleção de erosões, para a produção de fichas cadastrais (anexos I, II, III, IV, V e VI) e elaboração de croquis ilustrativos da dinâmica e a forma destas feições. Esta seleção teve como base a escolha por tipologias de processos erosivos. No caso do Município de Chuvisca, foram identificadas três tipologias: (i) ravinas e voçorocas desenvolvidas em áreas de campo utilizado para pecuária; (ii) ravinas e voçorocas desenvolvidas em áreas de cultivos; e (iii) ravinas e voçorocas desenvolvidas em rodovias. É necessário, no entanto,

esclarecer que há certa divergência na distinção de sulcos, ravinas e voçorocas. Técnicos do Instituto Paulista de Tecnologia (ITP) têm vinculado a definição de voçoroca a canais esculpidos pelo afloramento do lençol freático. Esta definição, porém, não leva em conta o processo de erosão hídrica superficial e os diferentes estágios da erosão, normalmente relacionadas a sulcos que evoluem para ravinas que, por sua vez, evoluem para voçorocas. Autores como Guerra *et al.* (2005), optam pela definição dimensional, largamente difundida na comunidade acadêmica, que distingue voçorocas como incisões erosivas com largura e profundidades superiores a 50 centímetros.

O presente estudo utilizou como base o mapeamento realizado em Dummer (2011) que, por razões de ordem prática, cadastrou apenas os casos mais expressivos identificados no município. Ou seja, as incisões erosivas com dimensões superiores a 5 metros de largura, 3 metros de profundidade e 10 metros de comprimento sem, no entanto, averiguar se as mesmas se tratam de ravinas ou voçorocas. Na fase atual de estudo apesar de optar-se pela definição vinculada ao afloramento do lençol freático, a maior parte dos processos erosivos não foram classificados devido a impossibilidade de acesso ao interior dos mesmos para comprovação de afloramentos do freático. Esclarece-se, portanto, por que no decorrer do trabalho alguns casos são denominados voçorocas, outros ravinas/ voçorocas ou erosão linear.

Já a **etapa de laboratório e gabinete** compreendeu a realização de análises dos mapas temáticos: hidrológico, geológico (estrutural e litológico), taxonômico de solos, hipsométrico ou de altitudes, clinográfico ou de declividades, fator topográfico (LS), unidade de relevo, uso e cobertura da terra e após o confronto com os dados de localização das ravinas e voçorocas identificadas no Município de Chuvisca. Esta etapa compreendeu também, a realização dos cruzamentos destes dados em ambiente SIG com auxílio do programa *Sprig*®. O confronto destes dados visa identificar as possíveis variáveis controladoras dos processos erosivos encontrados no município. Esta etapa compreendeu também, a elaboração do mapa geológico estrutural do município com base no mapa geológico (litológico) do Município de Chuvisca (DUMMER, 2010), escala 1: 50.000 e dados estruturais do Mapeamento Geológico do RS - CPRM (2007), em escala 1:750.000, bem como, a elaboração do mapa de Unidades de Relevo em

escala 1: 50.000 com base nos mapas hipsométrico e de altitudes e nas observações de campo.

A etapa de laboratório e gabinete compreendeu também a análise de fotografias aéreas da área de estudo. Foram analisadas as fotografias de número 18576, 18575, 18867 e 16866, de 1964 em escala 1:60.000, disponibilizadas pela 1º Divisão de Levantamento do Exército para estudo em estereoscópio, assim como, das imagens de satélite do *Google Earth*®. A análise de fotografias aéreas e imagens de satélite com base nos estudos de campo e em comparação ao mapa geológico estrutural visou investigar o cenário morfológico em que está inserido o município, bem como a provável existência de falhas geológicas que podem ser o principal fator desencadeador dos processos erosivos identificados.

Por fim, a etapa de laboratório e gabinete compreendeu a interpretação dos dados de campo, de laboratório e da elaboração da dissertação, versando sobre o tema em estudo.

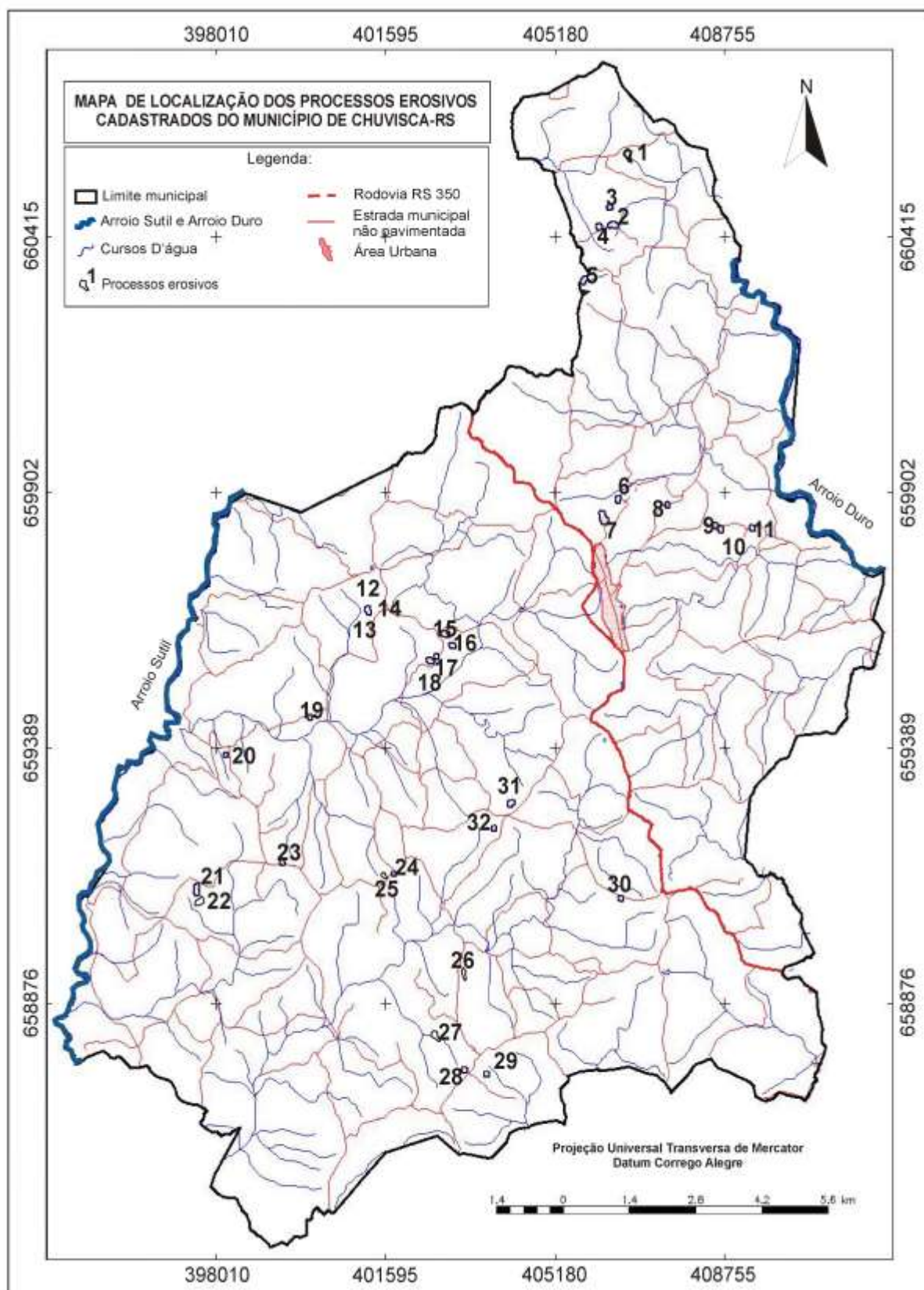
## **5. CONDICIONANTES DO MEIO A OCORRÊNCIA DE EROSÃO LINEAR NO MUNICÍPIO DE CHUVISCA**

Propõem-se aqui uma análise do meio, através do levantamento de diferentes aspectos da dinâmica da natureza, a fim de compreender os mecanismos atuantes nos processos erosivos existentes no Município de Chuvisca.

De acordo com Verdum (2013), as marcas dos processos produtivos, relacionados às práticas agrícolas, e as ações provocadas pelos fenômenos naturais, geram processos morfogenéticos que podem ser distinguidos na sua dinâmica, assim como nas suas interações e nas suas relações com as fragilidades do meio. O estudo de tais processos torna-se relevante devido a sua complexidade e da urgência de se repensar as formas de inserção das diversas atividades humanas, assim como, da necessidade crescente de aprimoramento metodológico e técnico para poder-se avaliar as potencialidades e restrições do meio em relação a essas atividades.

No Município de Chuvisca, utilizou-se de um mapeamento de ravinas e voçorocas (DUMMER, 2011) realizado entre o ano 2010 e 2011 (mapa 2), com o intuito de cadastrar e quantificar feições erosivas existentes, visando neste momento um estudo dos condicionantes do meio. Dos 32 casos mapeados cerca de 90% possuem dimensões de no mínimo 15 m de largura e 25 m de comprimento. Em algumas localidades como: Periquiteira, São Brás Médio e Baixo e Picada Grande, ainda, esses processos erosivos não foram totalmente cobertos pelo levantamento, de modo que, podem haver outros casos não relatados no presente trabalho.

Para fins de estudo dos condicionantes do meio, o presente mapeamento foi então confrontado com os dados regionais disponíveis, da geologia (litologia e morfoestrutura), geomorfologia (altimetria, declividade, comprimento de rampa, fator topográfico e unidade de relevo), tipos solo e, posteriormente, de uso da terra unido às observações de campo.



Mapa 2: Mapa de localização dos 32 processos erosivos lineares cadastrados no Município de Chuvisca, RS. Fonte: Elaborado pela autora.

### 5.1. O contexto tectônico regional como indicador dos processos erosivos no Município Chувиска

Chувиска está situada no Escudo Sul-rio-grandense na região do Batólito Pelotas e que, segundo Philipp *et al.* (2000), é constituído por associações de rochas ígneas que marcam a evolução de uma zona de convergência de placas durante o Neoproterozóico, e que estão subordinadamente intercalados com terrenos metamórficos de médio e alto grau que constituem as áreas de embasamento Paleoproterozóico. O limite entre estas unidades é definido por zonas de cisalhamento dúcteis em escala continental, as quais foram responsáveis pela segmentação das unidades pré-cambrianas e por sua configuração como faixas alongadas, segundo a direção NE-SW.

Observou-se que o padrão da rede de drenagem principal no município é do tipo paralelo característico de área sob influência de falhas geológicas. As orientações dos lineamentos observados em afloramentos rochosos comprovou falhas na direção principal NE-SW, e secundária SE/NW (fig.1).



Figura 1: Determinação de orientação de falhas (direções apontadas pelas fechas) em afloramento de rochas graníticas (Suíte Dom Feliciano) na localidade de São Brás Alto. Principais: N76°E Secundárias: N40°W. Foto: acervo da autora, 2014.



Essas estruturas típicas da região revelam forte influência da estrutura geológica no encaixamento da rede de drenagem e, conseqüentemente na esculturação do relevo.

No que diz respeito à ocorrência de processos erosivos, as estruturas geológicas, segundo Beavis (2000), em geral, determinam a localização da erosão no relevo. Em Chuvisca, a partir da análise de fotografias aéreas e imagens de satélite (fig. 2), com base no estudo de campo e no mapa geológico estrutural (mapa 3), foi possível identificar que a maior parte dos processos erosivos desenvolvem-se nas direções preferenciais associadas ao conjunto de falhas geológicas principais, ou seja, NE/SW.

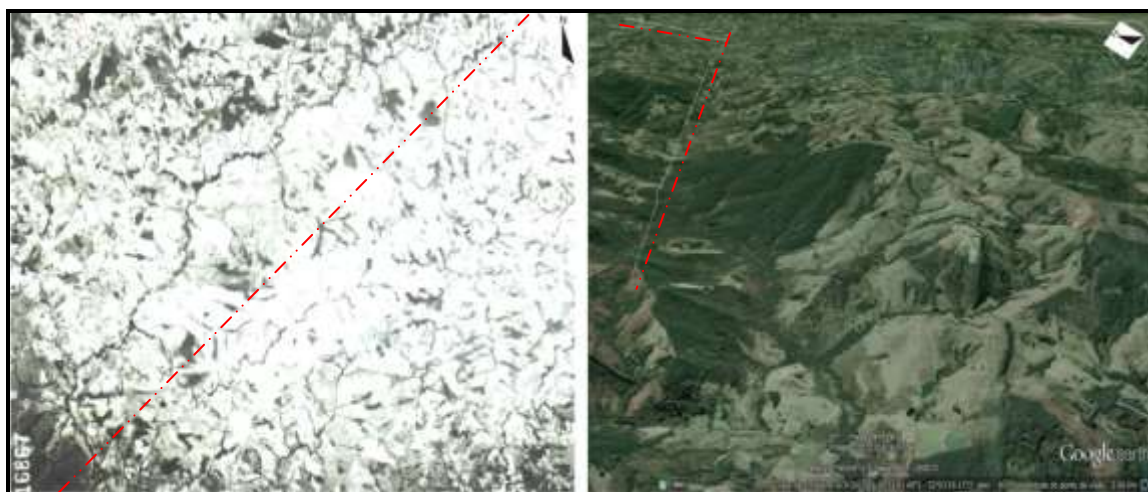
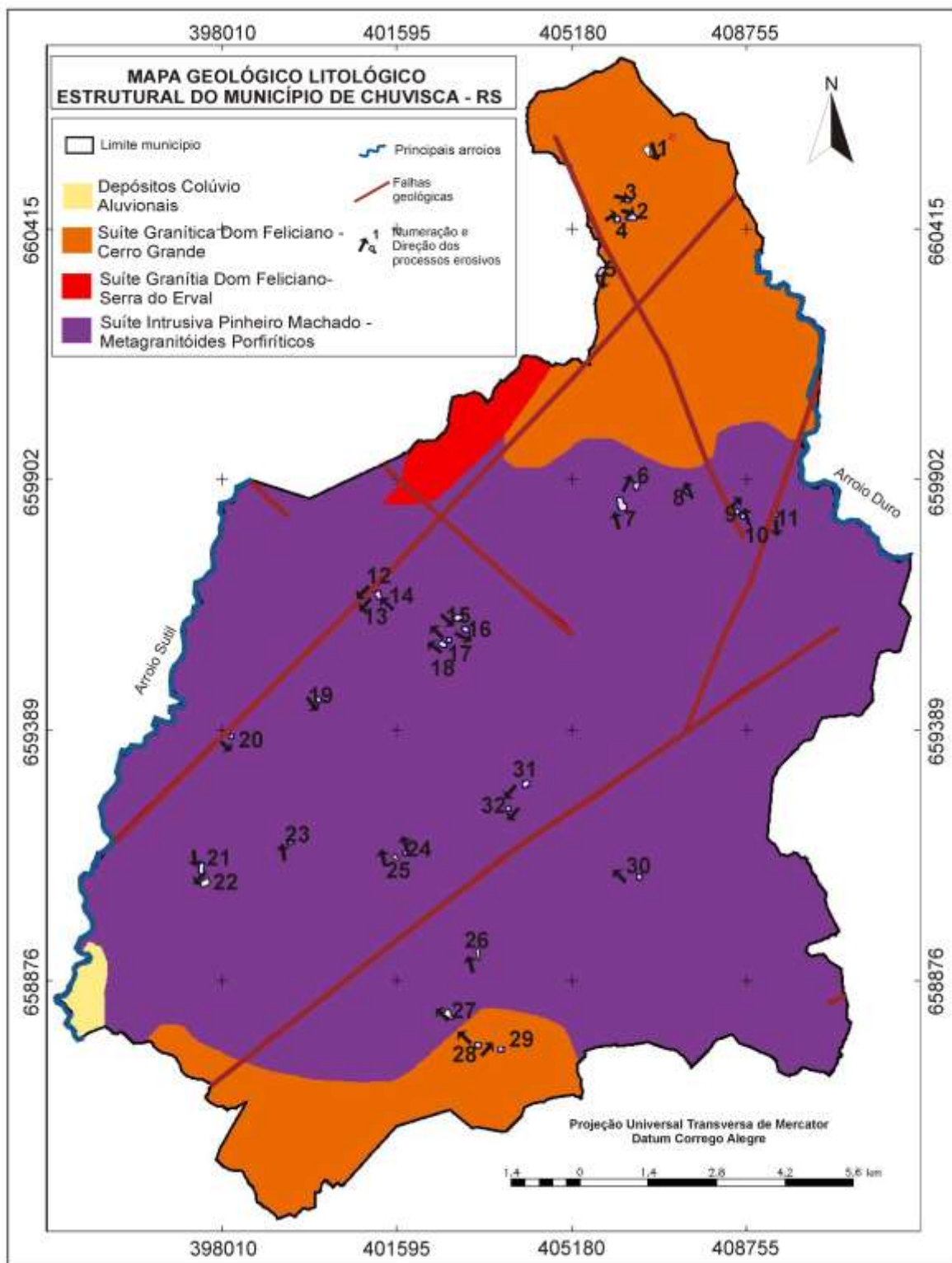


Figura 2: Recortes da fotografia aérea 16867 (esquerda) e imagem de satélite abrangendo parte do Município de Chuvisca com indicação dos lineamentos (linha vermelha pontilhada), conforme mapeamento da CPRM (2007). Fonte: adaptado de acervo 1º Divisão de Levantamento do Exército e *Google Earth*®.

Verificou-se, ainda que, estas estruturas condicionam a evolução dos processos erosivos, uma vez que é frequente a presença de falhas nas rochas, com *slickensides*, nas paredes internas das ravinas e voçorocas, sendo que são nos limites destas falhas que ocorrem o solapamento dos taludes, na maioria dos processos erosivos mapeados (fig. 3). Estes planos de fraqueza são evidências da movimentação pretérita dos blocos, bastante argilizados e proporcionam zonas preferenciais para o deslizamento e colapso das paredes contribuindo para o avanço da erosão.





Mapa 3: Mapa Geológico Litológico-Estrutural do Município de Chувиска mostrando a predominância da Suíte Intrusiva Pinheiro Machado, subordinadamente a Suíte Granítica Dom Feliciano e a presença de falhas principais na direção NE-SW. Fonte: Adaptado de Mapa Geológico do RS- CPRM (2007), escala 1:750.000.

Outros estudos como de Valentin *et al.* (2005), mostraram o mesmo ao constatarem que o desenvolvimento de relevo pode, muitas vezes, estar relacionado com as forças de compressão ou de tração induzida tectonicamente, o que por sua vez, geram áreas enfraquecidas que se tornam pontos de partida para os processos de intemperismo e formação de dutos subsuperficiais, que resultam no abatimento de taludes.

Verificou-se, ainda que, os lineamentos são responsáveis pela orientação dos processos erosivos observados em campo. Conforme pode ser visto na figura 4, eles se desenvolvem preferencialmente nos sentidos NE/SO ou NO/SE.

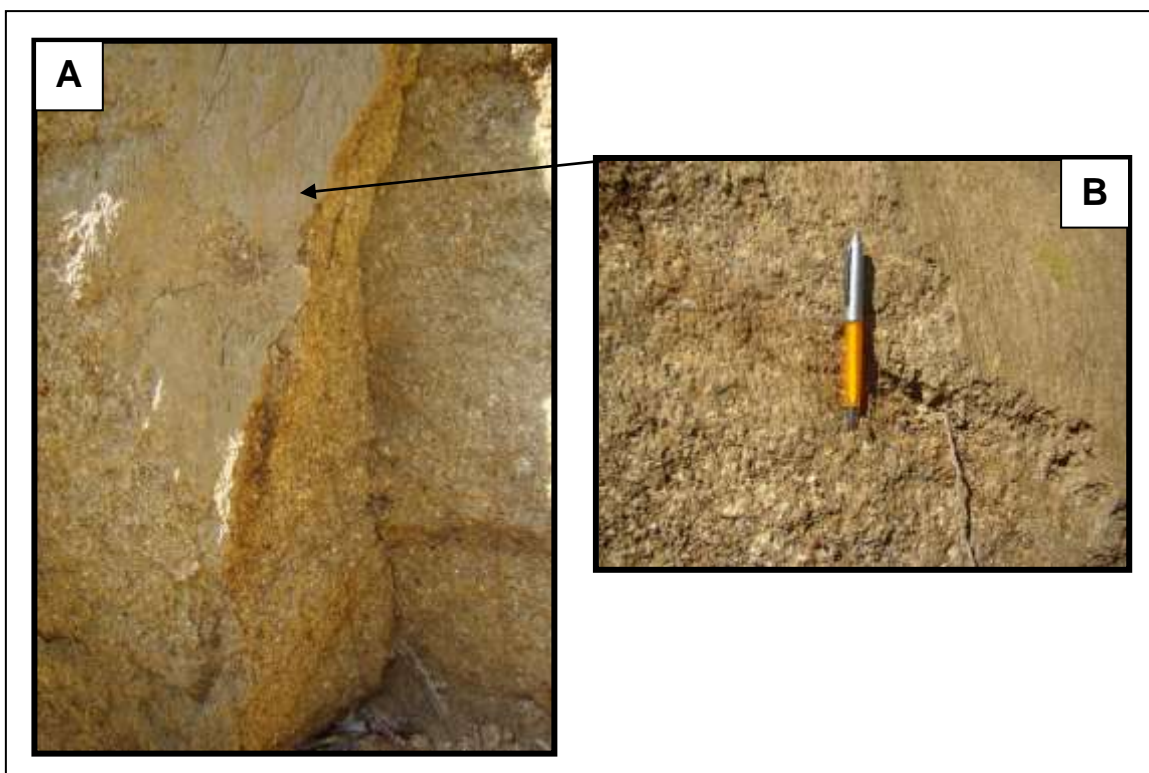


Figura 3: A e B (detalhe), zonas de deslizamentos devido à presença de *slickensides*, geradas por planos de fraqueza nas falhas da rocha nas paredes da voçoroca localizada em São Brás Alto, Chuvisca - RS. Foto: acervo da autora, 2010.



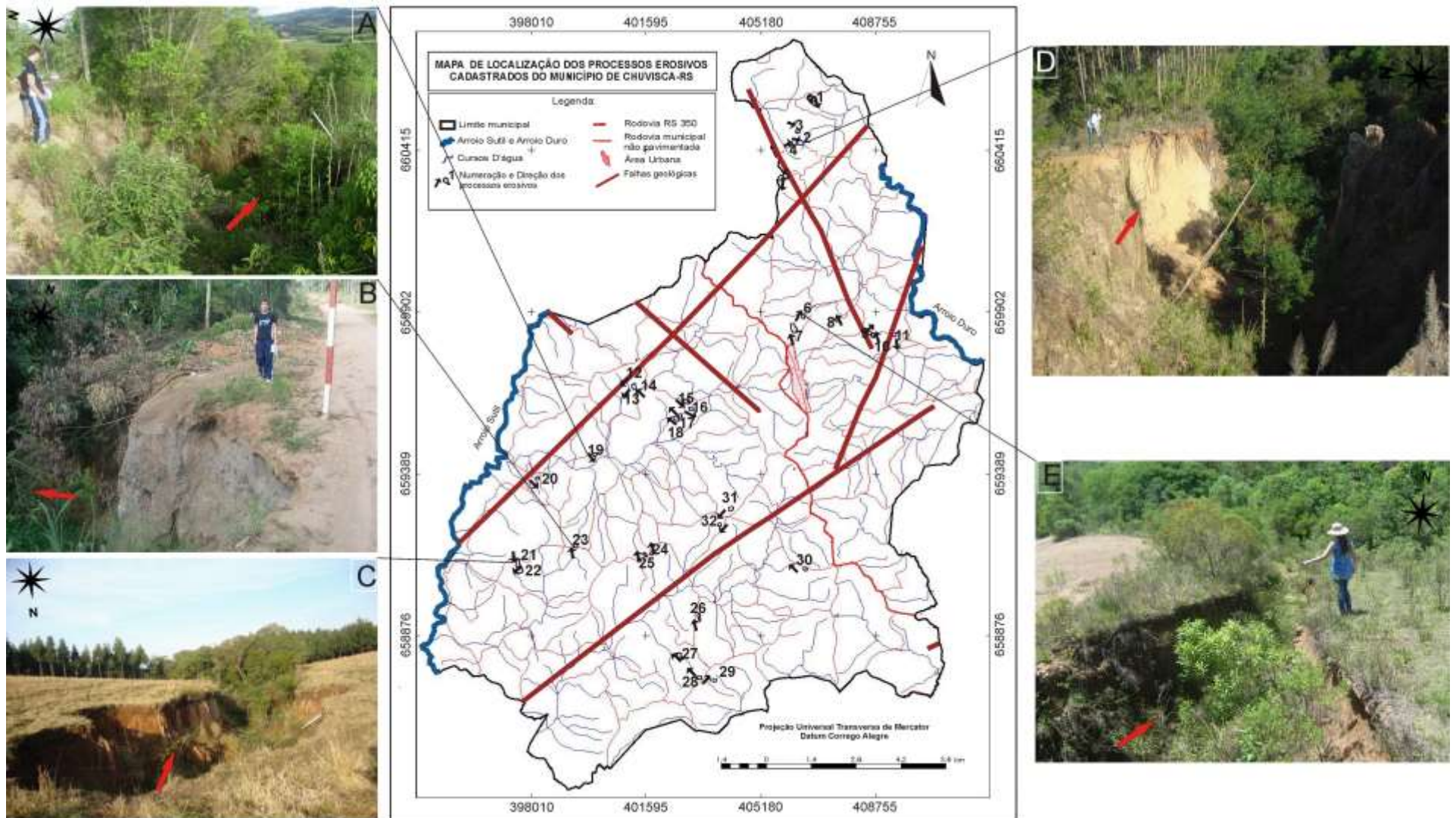


Figura 4: Exemplos de ravinas e voçorocas cadastradas no município, que se desenvolvem na direção dos lineamentos: Foto A: NO-SE; B: NO-SE; C: NE-SO; D: NO-SE; E: NE-SO, conforme indicado pelas flechas de localização no mapa.

No que diz respeito à formação litológica regional em Chuvisca, além da ocorrência predominante de granitos como material de origem, rochas metamórficas ocorrem subordinadamente. As principais unidades na área de estudo são classificadas em: i) Xenólitos de rochas metamórficas (gnaises do embasamento) ii) Suíte Intrusiva Pinheiro Machado, iii) Suíte Granítica Dom Feliciano ( fácies Serra do Herval) e iv) Suíte Granítica Dom Feliciano ( fácies Cerro Grande) (DUMMER *et al* 2010) (fig. 5 e 6).

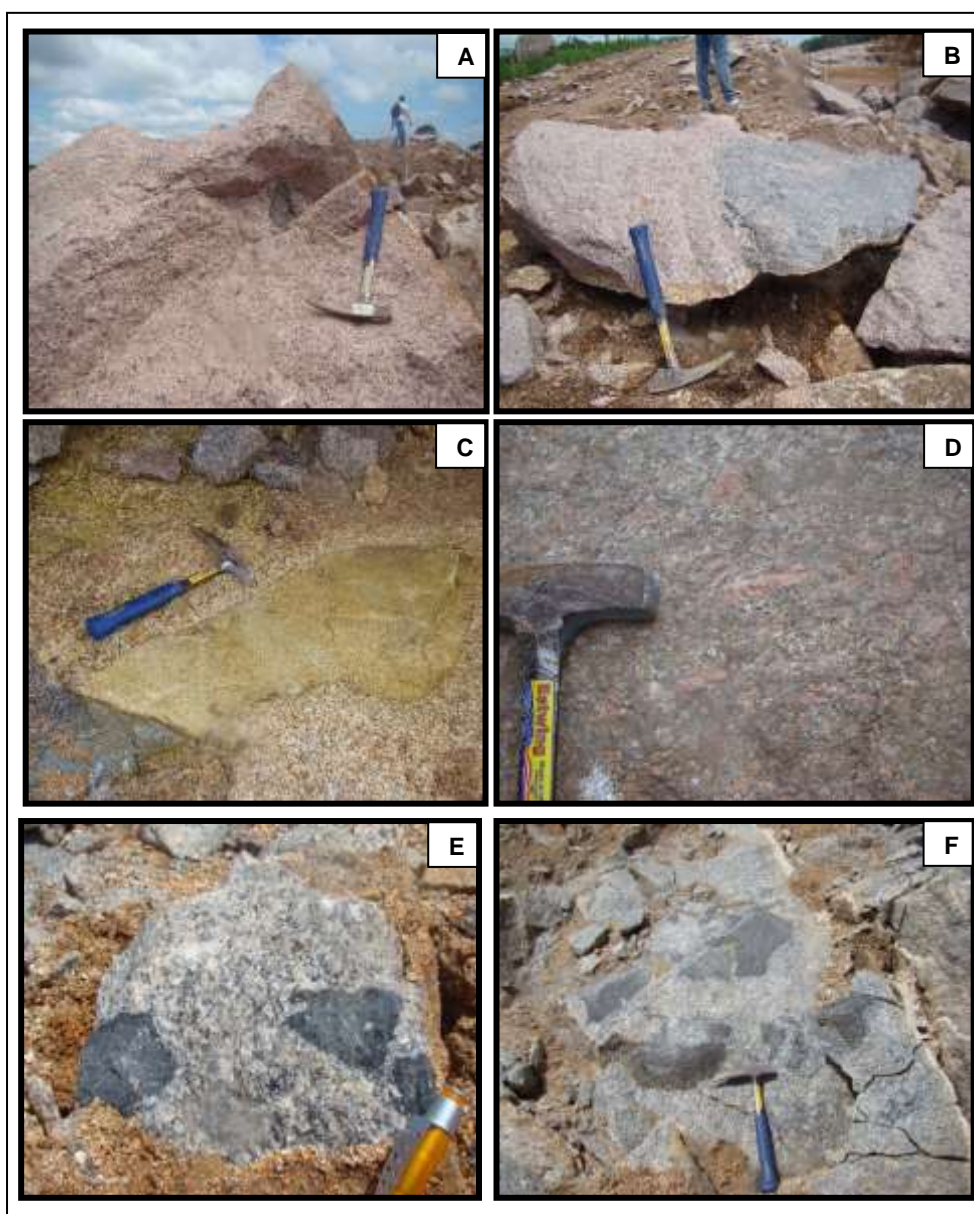


Figura 5: Pontos amostrados no levantamento de geológico no município de Chuvisca, RS. A) SGDF Cerro Grande – granito rosado; B) Xenólitos cinza claro variando de 50 à 150 cm; C) Fragmentos de rochas típicas da SIMP; D) SGDF fácies Cerro Grande - Granitos equigranulares rosa acinzentados; E) Xenólitos de granitoides cinza escuro, raros, menores que 10 cm; F) Xenólitos cinza escuro a base de biotita com dimensões aproximadas de 50 cm;



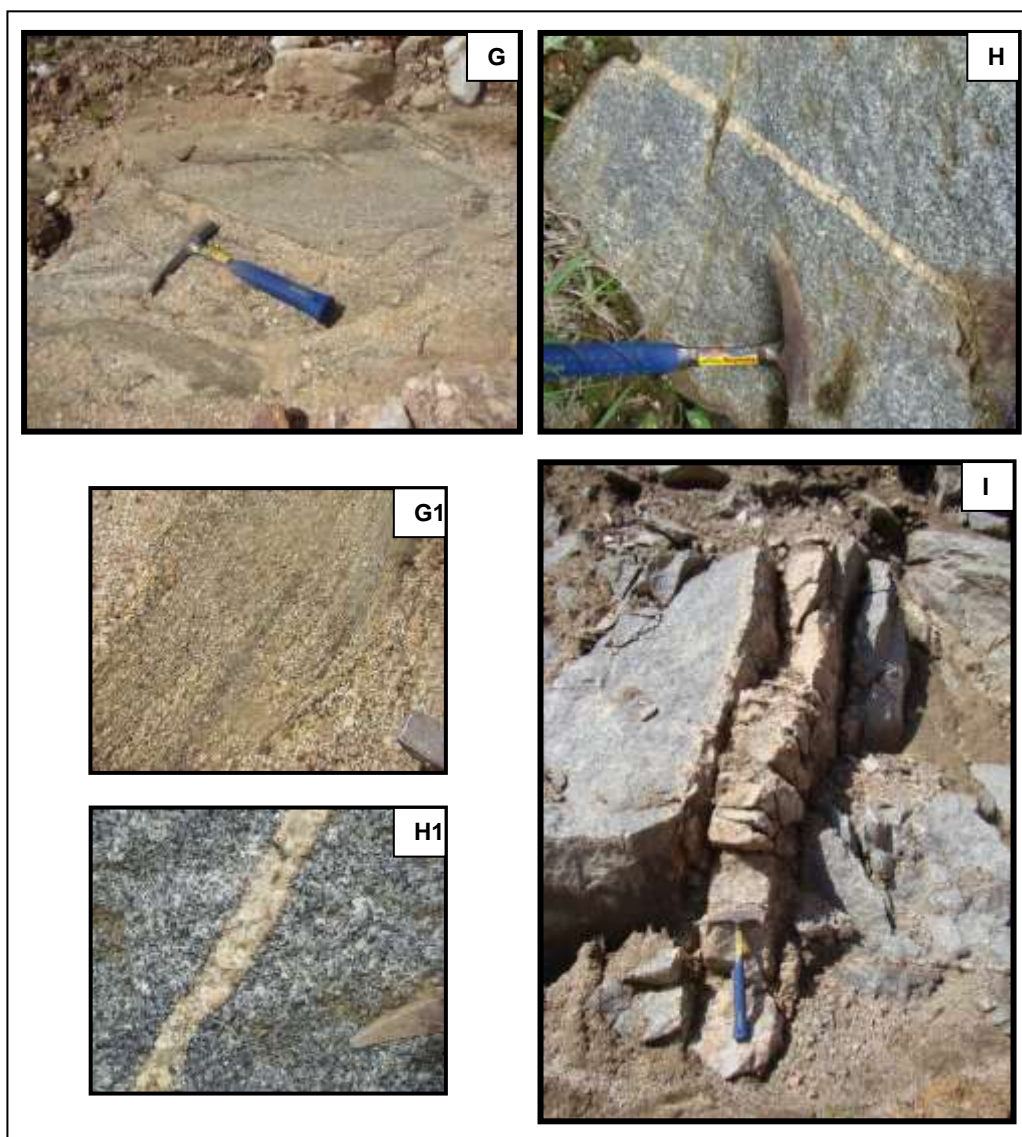


Figura 6: Pontos amostrados no levantamento de geológico no Município de Chuvisca, RS. G e G1 (detalhe) SGDF- Cerro Grande, Xenólitos de 20 à 40 cm; H e H1 (detalhe) SIPM - Granodioritos cinza esbranquiçados, I) SIPM- granodioritos rosados. Fotos: acervo da autora, 2010.

No cruzamento de dados do mapeamento geológico e da ocorrência de ravinas e voçorocas no Município de Chuvisca, constatou-se que 73% das feições erosivas cadastradas ocorrem na Suíte Intrusiva Pinheiro Machado e 27% na Suíte Granítica Dom Feliciano (fácies Cerro Grande). Nas áreas pertencentes à Suíte Intrusiva Pinheiro Machado (SIPM), segundo a classificação CPRM (2007), são encontrados granodioritos cinza esbranquiçados, granodioritos cinzentos porfíricos e veios de granodioritos rosados medindo 30 cm espessura. Já na Suíte Granítica Dom Feliciano são identificados granitos equigranulares rosa acinzentados com muita mica e textura equigranulares média (DUMMER *et al.* 2010).

Segundo Beavis (2000), o papel da litologia no desenvolvimento dos processos erosivos hídricos é exercido, também, em função da mineralogia e do tamanho de partículas que determinam a intensidade da erosão. Para Press *et al.* (2006), a composição mineralógica constitui-se num fator preponderante, pois em função da sua composição mineralógica as rochas podem sofrer taxas de intemperismo relativamente distintas. Assim, ao longo do tempo geológico, a atuação dos processos exógenos ao transformarem as rochas em sedimentos e/ou solos, influenciadas ou não pela ação do homem, podem produzir formas de degradação do solo como as ravinas e voçorocas.

As inferências a campo comprovam que, em muitos casos no Município de Chувиска, as feições erosivas desenvolvem-se sobre um substrato rochoso bastante intemperizado com uma camada espessa de material saprolítico. Estudos sobre relação da formação geológica com a distribuição espacial e orientação de incisões erosivas realizados por Silva *et al.* (2003), comprovaram que a partir do momento que o saprólito é atingido ocorre uma propagação remontante guiada pelas estruturas geológicas (zonas de falhamento e/ou fraturamento) das erosões lineares.

Além disto, a exposição de uma camada espessa de saprólito, característica dos processos erosivos mapeados no Município de Chувиска proporciona maior vulnerabilidade ao avanço dos mesmos, uma vez que o saprólito apresenta baixos teores de matéria orgânica e fraca estabilidade de agregados (DUMMER, 2011). Desta forma, não oferece sustentação às camadas de solo subjacentes provocando o colapso dos taludes. Da mesma forma, a carência de nutrientes não favorece o desenvolvimento de plantas que auxiliariam na contenção da erosão.

## **5.2. Contexto Geomorfológico como indicador dos processos erosivos no Município de Chувиска**

O Município de Chувиска está localizado na província geomorfológica denominada Escudo Sul-rio-grandense. O Escudo Sul-rio-grandense representa o embasamento do estado do Rio Grande do Sul e está localizado na região centro-sul, ocupando cerca de 65.000 km<sup>2</sup> de área no Estado (Chemale Jr., 2000) e é

delimitado ao norte, oeste e sudoeste pela Bacia do Paraná, e a leste pela Bacia de Pelotas, também conhecida como Província Costeira do Rio Grande do Sul.

A partir dos dados regionais e de análises de campo, foi possível determinar que o Município de Chувиска apresenta três compartimentos geomorfológicos: cristas, colinas e planícies aluviais, com amplitudes altimétricas que variam de 40 a 349 m de elevação. A partir do perfil topográfico (fig. 7) se podem visualizar as diferentes feições morfológicas mapeadas.

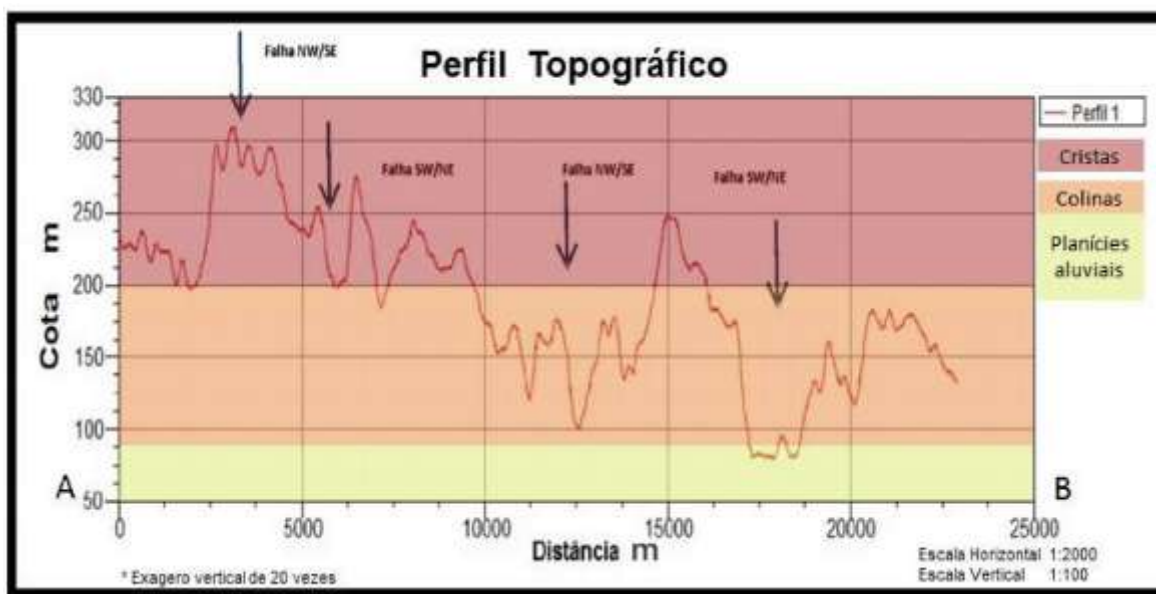


Figura 7: Perfil topográfico do *transecto* A-B (mapa 4) no sentido Nordeste/Sudoeste. Fonte: adaptado de Spring®.

O compartimento de cristas está compreendido, predominantemente, na região noroeste do município, nas localidades de Cerro dos Coqueiros, São Brás Alto e Picada Grande, com cotas superiores a 200 metros. As cotas mais baixas, entre 40 e 80 metros, compreendem as planícies aluviais do Arroio Pinheiro e Sutil, a oeste, e nas planícies aluviais do Arroio Duro, a leste do município (mapa 4). Já a classe de declividade predominante é de 8 a 13%, moderadamente ondulado, sendo que a nordeste tem-se uma ocorrência maior de um relevo íngreme, superando 20% de declividade associado ao relevo de cristas.

A análise do controle exercido pela geomorfologia no desenvolvimento dos processos erosivos no Município de Chувиска foi realizada considerando os mapas de unidades de relevo (mapa 4), a posição em que se encontram estas feições erosivas, as formas do terreno (curvatura vertical e curvatura horizontal), a declividade do terreno, comprimento de rampa e fator topográfico (LS).

Verificou-se, portanto que os processos erosivos mapeados estão situados no compartimento de colinas ou na ruptura de relevo, entre cristas e colinas, portanto, em relevo acidentado com vertentes de inclinações que variam de moderadamente ondulado (8%-13%) a ondulado (13%-20%), no qual ocorre o processo de dissecação do relevo.

Ao analisar a representação de resultados de curvatura vertical e horizontal, obtidas através dos dados do MNT do SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), verificou-se que 75% das 32 ravinas cadastradas possuem vertente com curvatura vertical no perfil nas classes: de muito côncava à côncava; sendo que 59 %, em vertente com curvatura horizontal no plano nas classes: de muito convergente à convergente (tab. 1). Estes resultados coincidem com aqueles obtidos por Viero (2004), nos quais 45% das ravinas e voçorocas estudadas na Bacia do Taboão, RS, estavam associadas à vertente com curvatura vertical no perfil como sendo côncava e 58,3 %, em vertentes com curvatura horizontal no plano como sendo convergente.

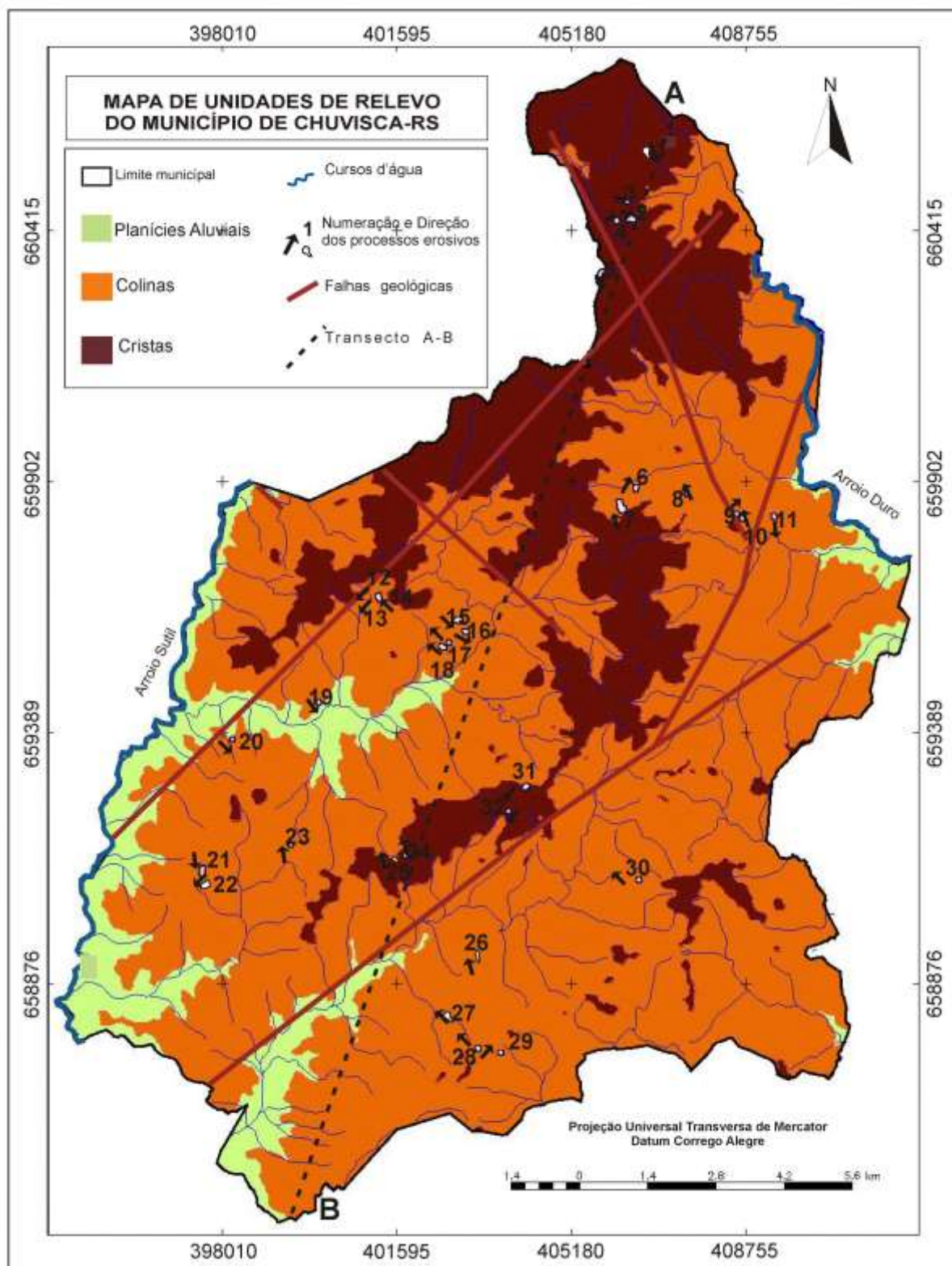
Tabela 1 - Percentagem de ocorrência de ravinas e voçorocas em cada classe de curvatura vertical e horizontal da vertente.

<b>Curvatura Vertical no perfil</b>	<b>%</b>	<b>Curvatura Horizontal no plano</b>	<b>%</b>
Muito Côncava	53,13	Muito Convergente	31,25
Côncava	21,88	Convergente	28,13
Retilínea	6,24	Plana	18,75
Muito Convexa	15,63	Muito Divergente	9,37
Convexa	3,12	Divergente	12,5

Fonte: adaptado de MNT - SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*).

De acordo com Summerfield (1991), a forma da vertente no plano possui um efeito significativo na erosão, uma vez que determina o caminho a ser percorrido pela água, ou seja, a distribuição da enxurrada no terreno. Segundo o mesmo autor, os fluxos laminar e subsuperficial são concentrados em contornos convergentes, proporcionando maior potencial de erosão em sulcos. Ao contrário, o fluxo laminar nas encostas com contorno divergente em planta é disperso para a jusante e a erosão é minimizada.





Mapa 4: Mapa das Unidades de Relevo, mostrando a predominância de processos erosivos no compartimento de colinas e cristas respectivamente com indicação do *transecto* A-B (linha pontilhada) utilizado para representação do perfil topográfico. Fonte: elaborado pela autora, 2014.

As classes de curvatura vertical e horizontal, quando combinadas e cruzadas aos pontos de erosão mapeados, permitiu a indicação de 16 formas de vertente, bem como a observação de algumas características dessa variável. O maior número de ravinas e voçorocas (18%) ocorre em vertentes com forma muito côncava e muito convergente e 15,63% em vertentes muito côncava e convergente, em Chuvisca (tab. 2). Para Valeriano (2008), este seria um dos casos extremos de combinação de curvatura do terreno com máxima concentração e acúmulo do escoamento. Outra seria a forma convexo-divergente, que proporciona com máxima dispersão do escoamento.

Tabela 2- Percentagem de ocorrência de erosão e a forma das vertentes, no Município de Chuvisca.

<b>Curvatura Vertical no Perfil -</b>	<b>Curvatura Horizontal no Plano</b>	<b>Ocorrências (%)</b>
Muito Côncava	Muito Convergente	18,75
Muito Côncava	Convergente	15,63
Muito Côncava	Planar	12,50
Muito Convexa	Muito Divergente	6,25
Côncava	Muito Convergente	6,25
Muito Côncava	Divergente	6,25
Côncava	Convergente	6,25
Côncava	Planar	3,13
Muito Convexa	Planar	3,13
Côncava	Muito Divergente	3,13
Convexa	Muito Convergente	3,13
Retilínea	Muito Convergente	3,13
Côncava	Divergente	3,13
Muito Convexa	Divergente	3,13
Muito Convexa	Convergente	3,13
Retilínea	Convergente	3,13

Fonte: adaptado de MNT - SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*).

Sendo assim, procurou-se identificar em campo e com auxílio de imagens do *GoogleEarth*<sup>®</sup> a existência de situações que proporcionassem concentração do escoamento superficial. Constatou-se que 69 % das ravinas e voçorocas mapeadas situam-se em talvegue<sup>1</sup> com a presença de vertente convexo-divergente a montante. A presença de vertente convexo-divergentes a montante proporciona alta dispersão de escoamento para os talvegues, geralmente pontos fragilizados do relevo, pela retirada de vegetação, revolvimento excessivo do solo,

<sup>1</sup> Linha formada pela intersecção das duas superfícies formadoras das vertentes de um vale. É o local mais profundo do vale, onde correm as águas de chuva, dos rios e riachos. Fonte: Dicionário Livre de Geociências.

mal planejamento das estradas, presença de perfil saprolítico exposto, entre outros.

A concentração de escoamento em talwegues é natural e ocorre devido à forma convergente da vertente. Como agravante, dos 32 casos mapeados, 22% ocorrem em talwegues com estradas muito próximas, proporcionando situação de fluxo concentrado, ainda maior. Já em 50% das ravinas e voçorocas, há ocorrência muito próxima (menos de 1 metro) de eixos rodoviários, sendo que estes se encontram quase sempre nos divisores de águas. Isto é, nas cabeceiras dos processos erosivos, proporcionando concentração de fluxo superficial artificialmente, já que nos casos registrados em campo, a rede de drenagem pluvial dos eixos rodoviários é conectada aos pontos de erosão, contribuindo fortemente para a instabilização de taludes e, assim, ao avanço dos processos erosivo.

Outro dado analisado são os valores de inclinação do terreno. Nos pontos de ocorrência das ravinas e voçorocas cadastradas, verificou-se que as mesmas desenvolvem-se em um amplo intervalo de valores de declividades que variam de 3,2 a 30,4% e que o maior número destas está compreendido entre as classes: moderadamente ondulado e ondulado, classes esta de maior ocorrência no município (gráfico 1).

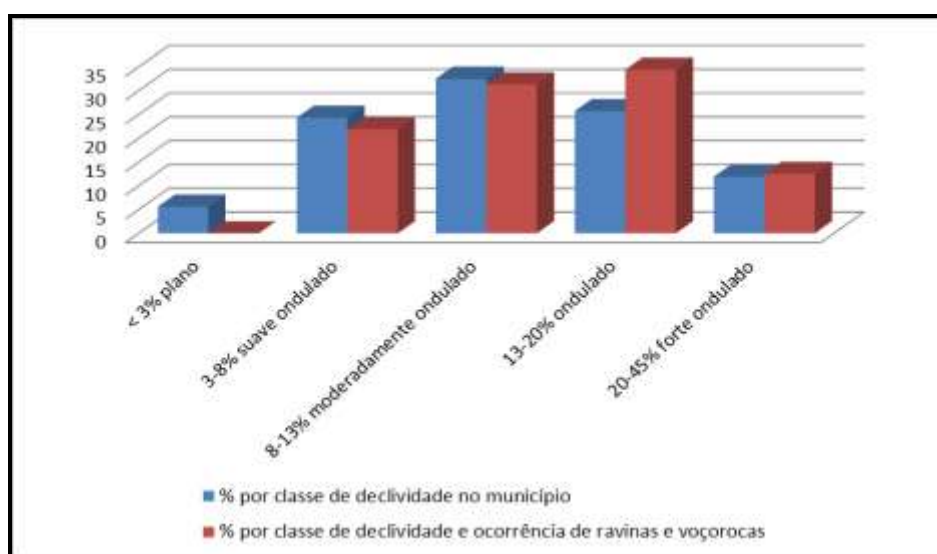


Gráfico 1: Gráfico mostrando a percentagem de cada classe de declividade no município e por ocorrências de ravinas e voçorocas. Fonte: adaptado de MNT - SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*).

Em média os processos erosivos ocorrem em terrenos com inclinação de 12,6% (moderadamente ondulado). Devido a grande amplitude de valores, acredita-se que as feições erosivas cadastradas ocorram, principalmente, pela associação com outras variáveis até aqui analisadas e não somente pela inclinação do relevo.

Ao analisar os dados de comprimento de rampa, dos pontos de ocorrência das ravinas e voçorocas, verificou-se que 38% ocorrem em terreno com elevado comprimento de rampa (120 a 180 m) e que 34% ocorrem associadas a comprimento de rampa de 120 a 180 m e inclinação de 8 à 13%.

O fator topográfico (LS), relação que compreende os efeitos do comprimento de rampa (L) e do grau de declive (S), foi obtido através da equação proposta por Wischmeier e Smith (1978) e dividido em quatro classes: 0-1; 1-3; 3-5 e >5. Observou-se uma amplitude de valores de 0,2 a 21, com média de 4,6 (classe 3-5) (gráfico 2). Conforme pode ser verificado no gráfico 2, o maior número de ocorrências de processos erosivos (40,6%) se dá em áreas com fator LS >5, apesar da classe 1-3 predominar no município.

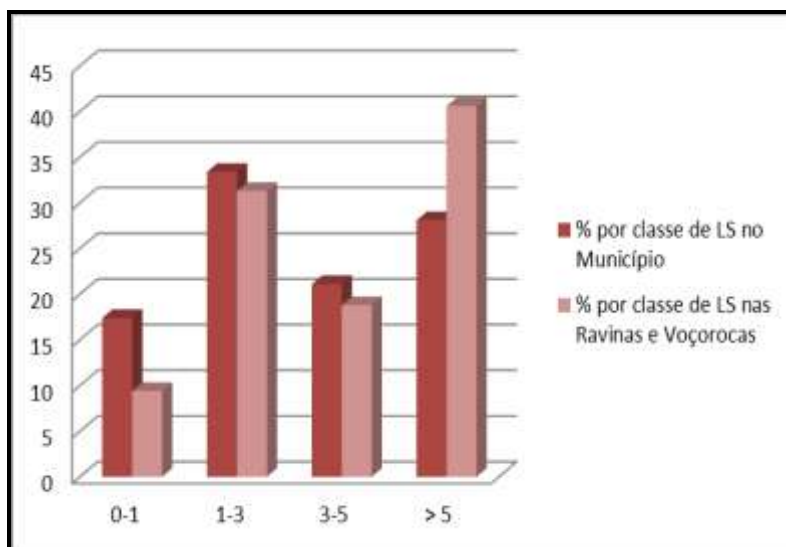


Gráfico 2: Distribuição de frequência das classes de fator LS nas ravinas e voçorocas identificadas no município de Chuvisca, RS. Fonte: adaptado de MNT - SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*).

Embora, o fator topográfico seja importante para definir volume de enxurrada pelo aumento da bacia de contribuição (dado pelo comprimento de rampa) e a velocidade de escoamento da enxurrada (afetada pelo declive), os

resultados indicam que esta variável analisada, isoladamente, não é relevante para determinar a ocorrência de ravinas e voçorocas no município, uma vez que, houve uma variação muito grande de valores.

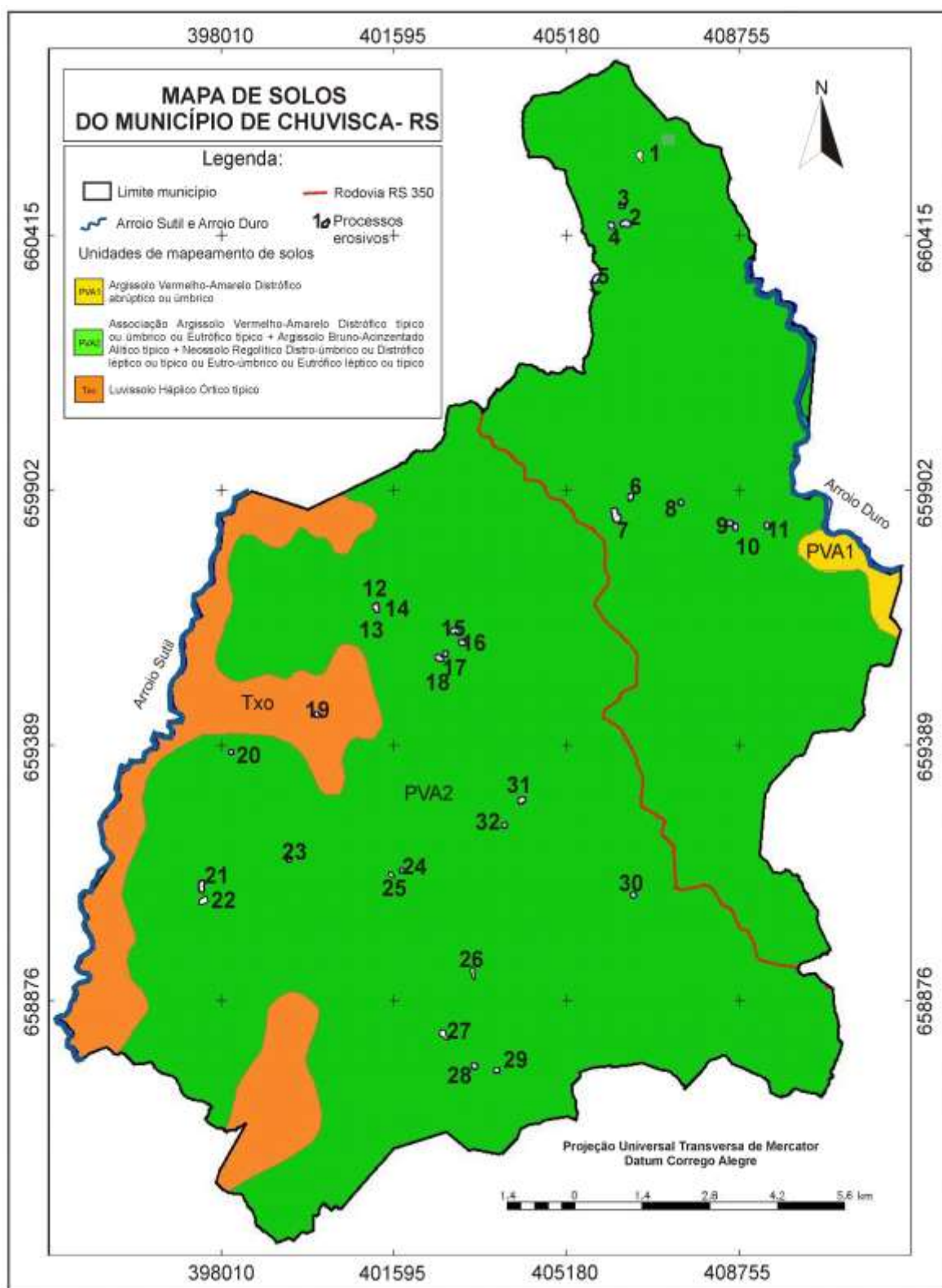
### **5.3.O contexto pedológico como indicador dos processos erosivo no Município Chувисca**

No que diz respeito ao solo, no Município de Chувисca, segundo o Levantamento e Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Sul (IBGE, 1986) identificam-se cinco unidades de mapeamento: Ca1 (Camaquã relevo ondulado), Ca2 (Camaquã relevo forte ondulado), Cm (Cambaí), PM1 (Pinheiro Machado relevo ondulado) e PM2-AR (Pinheiro Machado relevo forte ondulado + Afloramentos de Rocha). Estas unidades foram atualizadas taxonomicamente por Streck *et al.* (2008) em Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico úmbrico (Camaquã), Luvissole Crômico Pálico saprolítico (Cambaí) e Neossolo Regolítico Distro-úmbrico típico ou léptico (Pinheiro Machado).

O mapa de solos, baseado em IBGE (1986), apresenta três unidades de mapeamento, a unidade PVd2, a unidade PVd13 e a unidade PBe1 (mapa 5). Estas unidades, atualizadas conforme EMBRAPA (2006) são representadas por PVA1 – Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abrupto ou úmbrico, PVA2 – Associação Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico ou úmbrico ou Eutrófico típico + Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico típico + Neossolo Regolítico Distro-úmbrico ou Distrófico léptico ou típico ou Eutro-úmbrico ou Eutrófico léptico ou típico, e TXo - Luvissole Háptico Órtico típico, equivalentes as unidades PVd2, PVd13 e PBe1 de IBGE (1986), respectivamente. Destas a unidade PVA2 predomina na área do município (90 %), com a unidade TXo a seguir (9 %) e a unidade PVA1 uma pequena parte (1 %). As unidades PVA1 e TXo formam unidades de mapeamento simples, compostas em mais de 70% da sua área por somente um tipo de solo, Argissolos e Luvissoles, respectivamente. Já na unidade PVA2 não existe um predomínio de um tipo de solo sobre outro, encontrando-se Argissolos associados com Neossolos.

Das 32 ravinas e voçorocas cadastradas no município, 31 ocorrem na unidade PVA2 composta por Argissolos associados com Neossolos e apenas

uma ocorre na unidade TXo que corresponde a Luvisolos Háplicos Órticos típicos (mapa 5).



Mapa 5: Mapa de Solos do Município de Chuvisca, RS. Fonte: Adaptado de IBGE (1986) e atualizado a nova classificação EMBRAPA (2006).



O termo Argissolo deriva da presença de um horizonte subsuperficial mais argiloso no perfil. Segundo Streck *et al.* (2008), os Argissolos são solos geralmente profundos a muito profundos variando de bem drenados a imperfeitamente drenados e apresentam normalmente o horizonte Bt, do tipo textural. Estes solos podem ser originados tanto de granitos como é o caso do município de Chuvisca, como de basaltos, arenitos, argilitos e siltitos. Os solos de horizonte textural (Bt) são caracterizados pela presença de argila iluvial (migradas dos horizontes acima), que originam diferenças significativas no teor de argila entre os horizontes A e B (relação textural alta), passando de um horizonte superficial mais arenoso, para um horizonte subsuperficial mais argiloso. Ainda que possa apresentar uma agregação relativamente boa nos horizontes superficiais, este gradiente textural, lhe confere suscetibilidade aos processos erosivos. As discontinuidades texturais são um obstáculo à infiltração da água ao longo do perfil, diminuindo sua permeabilidade e favorecendo o escoamento superficial (STRECK *et al.*, 2008).

Deve-se notar que cada tipo de solo apresenta atributos físicos diferenciados que lhe impõem uma erodibilidade variável. Dentre estes, a textura associada à distribuição do tamanho das partículas é um dos fatores mais importantes. Os autores Bertoni e Lombardi Neto (2005) e Guerra *et al.* (2005) concordam com esta afirmação e indicam a estrutura, textura, permeabilidade, e densidade do solo como atributos importantes para o diagnóstico da susceptibilidade à erosão.

Além da mudança textural abrupta entre horizontes A e Bt, os Argissolos, geralmente, apresentam como agravantes de susceptibilidade à erosão hídrica: (1) o elevado teor de argila dispersa em água nos horizontes superficiais, que indica maior quantidade de material disponível para arraste na enxurrada, e (2) o alto teor de areia fina facilmente erodível. Como agravante em Argissolos é comum a baixa percentagem de argilas dentre os demais horizontes, que apesar de favorecer a infiltração de água, não contribui para uma boa agregação do solo. As partículas de areia, além de proporcionam uma estrutura fraca, são facilmente desagregadas e transportadas, conferindo a estes solos uma maior susceptibilidade à erosão hídrica.

Já os Neossolos correspondem a solos jovens, pouco desenvolvidos. Por terem uma formação recente a partir de diversos tipos de rochas, normalmente, apresentam uma sequência de dois a três horizontes. Os Neossolos Regolíticos segundo Streck *et al.* (2008), entre todos os tipos de Neossolos, são os mais frequentes no Rio Grande do Sul e se caracterizam por apresentarem o horizonte A assentado sobre a rocha totalmente alterada.

#### **5.4. Os usos da terra e as práticas de gestão das propriedades como indicadoras de processos erosivos no Município de Chувиска**

Os primeiros colonos da região centro-sul com tradição voltada para a agricultura desenvolviam cultivos de subsistência que, expandindo-se, passaram a ser fonte de renda familiar. No período da colonização do Município de Chувиска, não havia monocultura, ao contrário, a produção era diversificada e intensa. Segundo relatos de antigos moradores, vivia-se do consumo e da comercialização de produtos como milho, feijão, trigo, linhaça e cana-de açúcar para fabricação artesanal de cachaça. Comercializava-se, ainda, lenha e carne nas cidades vizinhas.

Nas últimas três décadas, no entanto, a região assistiu a uma rápida e vigorosa ocupação do seu solo, por meio da chegada das empresas fumicultoras com financiamento da produção de tabaco. Atualmente, a economia do município está baseada no plantio e na comercialização de tabaco, com uma produção anual de 8,5 mil toneladas conforme dados de 2009 do IBGE – Cidades<sup>®</sup>. Aparecem, ainda, em menor quantidade, a produção do milho, mandioca, feijão e batata inglesa (tab. 3).

Tabela 3 - Dados de quantidade produzida e valor bruto da produção das principais culturas temporárias no Município de Chувиска.

<b>Cultivo</b>	<b>Quantidade produzida (t)</b>	<b>Valor da produção /mil reais</b>
Fumo	8.805	37.651
Milho	10.000	3.399
Mandioca	2.500	1.341
Feijão	457	909
Batata Inglesa	204	201



Fonte: IBGE – lavoura temporária 2009

A classificação do uso da terra gerada para o município permitiu identificar áreas de mata nativa, florestamento, cultivo, solo exposto e campo (tab. 4 e mapa 6). Verifica-se um predomínio de áreas de solo exposto e florestamento. A preponderância das áreas de solo exposto pode ser justificada pela data da imagem utilizada para a classificação – 3/10/2010 – correspondente à época em que é mais intensa a atividade de preparo do solo e início do plantio de fumo.

Tabela 4: Cálculo de áreas por classe uso e cobertura da terra no Município de Chувиска, RS.

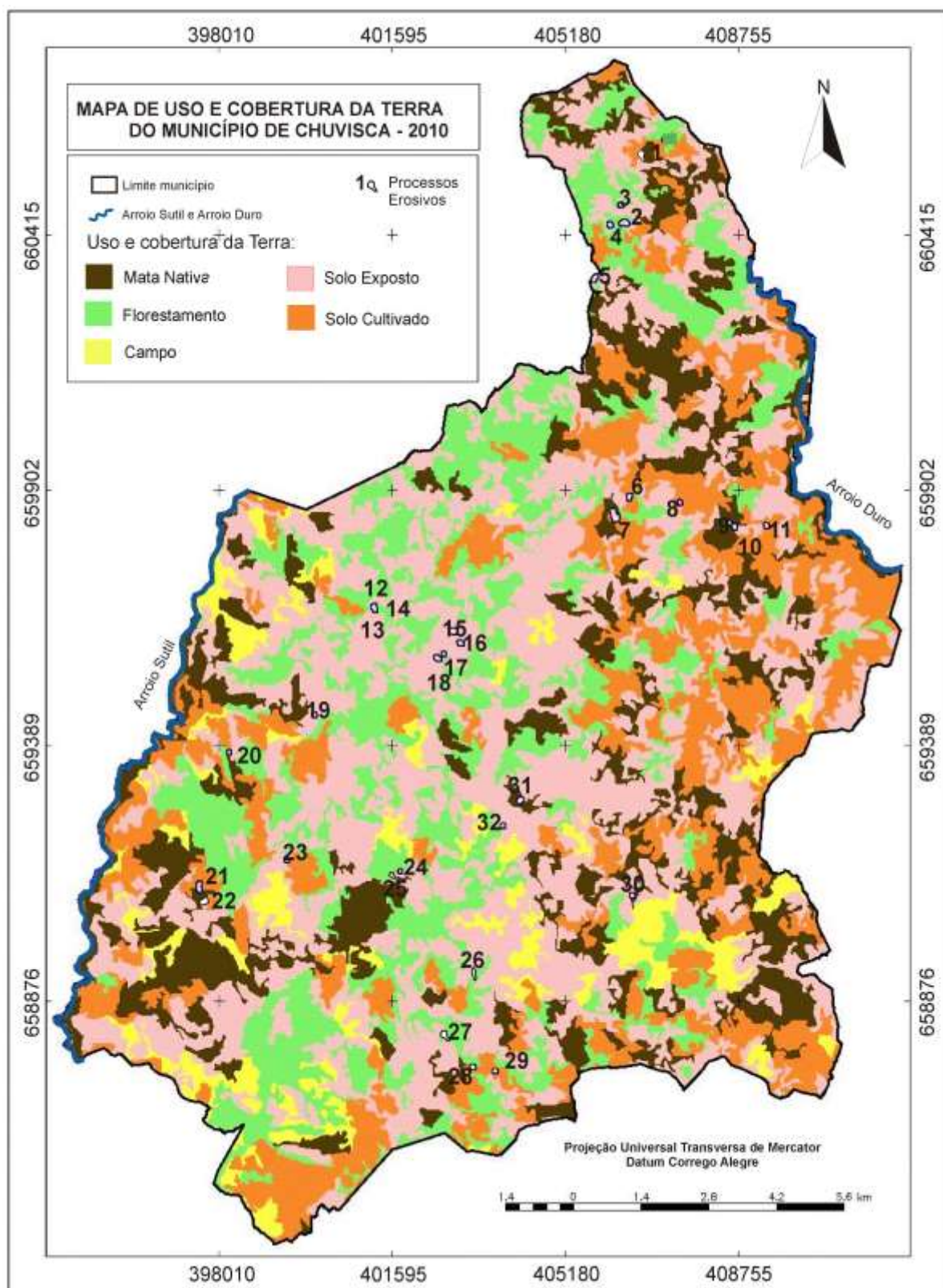
<b>Classe</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
Solo Exposto	7.954,02	36
Florestamento	4.918,95	22
Cultivo	4.007,34	18
Mata Nativa	3.788,46	17
Campo	1.505,7	7
Total área classificada	22.174,47	100%

Fonte: DUMMER, (2011).

Já a grande ocorrência de áreas de florestamento está relacionada à expansão da produção de eucalipto (*Eucalyptus ssp.*) e acácia negra (*Acacia mearnsi*) ocorrida nas últimas décadas, para suprir a necessidade de lenha para secagem do tabaco produzido no município. É necessário lembrar que houve dificuldade na classificação destas áreas na imagem, uma vez que o florestamento aparece em pequenas parcelas que se mesclavam às áreas de mata nativa. Segundo Collischonn (2009), em função da política de reflorestamento implantada pela agroindústria, caracterizada pela negociação individual com o agricultor integrado, as parcelas de cultivos florestais são áreas, na maioria das vezes, de meio hectare ou ainda menores.

Por esta razão, as mesmas não se distinguem pela forma ou dimensão das parcelas em imagens de satélite LANDSAT TM, já que sua dimensão, normalmente, é de três até 10 *pixels* na imagem (células de 30mx30m ou de 20mx20m).

As áreas cultivadas, também, apresentaram uma ocorrência significativa, o que já se esperava para um município que obtém sua renda quase que totalmente da agricultura.



Mapa 6: Mapa de uso e cobertura da terra do Município de Chuvisca, RS – 2010. Fonte: Adaptado de DUMMER, J. (2011).

Segundo dados de lavoura temporária de 2009 do IBGE – Cidades@, o Município de Chувиска possui 4.200 ha área plantada com fumo, 4.000 ha com milho e 520 ha com feijão.

Verificou-se, no entanto, poucas áreas de campo e vegetação nativa. Devido ao manejo inadequado do solo, desde a chegada dos primeiros colonizadores por volta de 1900, as áreas cultivadas avançam sob a vegetação nativa, provocando o rápido surgimento de problemas ambientais, como a degradação do solo e os processos erosivos. A tradicional abertura de novas áreas de cultivo (“roças”), desde a chegada dos primeiros agricultores, se deu através do corte de espécies nativas e do uso de queimadas, processo intensificado após a década de 1980, período de maior expansão da atividade agrícola fumageira na região. Sem uma fiscalização rigorosa houve a supressão de mata das zonas ripárias e o avanço de lavouras sobre as margens de sangas, arroios e rios, que teve como consequência direta o assoreamento de canais fluviais como se verificou a campo (fig. 8). Esta exposição do solo, especialmente nestas áreas de APP (Áreas de Proteção Permanente), abriu caminho ao desenvolvimento de processos erosivos, como os cadastrados neste estudo.



Figura 8: Curso d' água com mata ciliar degradada e plantio agrícola no limite do leito, Município de Chувиска, RS. Foto: acervo da autora, 2013.

Constatou-se, por sua vez, a partir dos estudos a campo que 66% dos processos erosivos cadastrados no município de Chuvisca, ocorrem em áreas de lavoura, sobre preparo convencional de solo (aração e gradagem) para cultivo de fumo, milho ou pastagem artificial. As observações de campo e as entrevistas com 6 proprietários rurais, realizadas entre os anos de 2008 e 2014 em períodos distintos, comprovam uma forte influência do uso da terra e os casos de erosão no solo, conforme fichas de cadastramento (Anexos I, II, III, IV, V, VI)

Existem situações no Município de Chuvisca, onde a formação geológica, geomorfologia e o solo apresentam as mesmas características, no entanto, o manejo difere proporcionando áreas agrícolas com ravinas e voçorocas e áreas agrícolas sem estes processos erosivos. Na localidade de São Brás Alto, por exemplo, duas propriedades lindeiras apresentam as mesmas características no que diz respeito à geologia, geomorfologia e ao tipo de solo, contudo, o que as difere são os manejos do solo. Em ambas são cultivados milho, pastagem e tabaco. No entanto, o primeiro proprietário, queima a palha do milho e gradeia o solo, para o plantio de tabaco sem a construção de curvas de nível e cordões de contorno vegetado na lavoura. Como agravante, o produtor rural faz uso intenso de maquinário pesado, trafegando no sentido vertical da encosta formando caminhos que com o tempo se tornam pontos preferenciais para o escoamento superficial e o surgimento da erosão linear (ravinas e voçorocas) (figs. 9 e 10).

A lavoura é utilizada a mais de 40 anos para o plantio anual de tabaco, com a prática de sistema convencional. O plantio convencional do tabaco é realizado sobre um camalhão (murundus). Segundo Antoneli e Berdnaz (2010), a construção deste camalhão contribui para a formação de um canal efêmero de escoamento da água da chuva. A concentração de água nas entrelinhas (entressulco) potencializa as perdas de solo, principalmente, por haver remobilização constante deste solo para eliminação das ervas daninhas. Estudos desenvolvidos por Antoneli e Berdnaz (2010), no Paraná, mostraram que as perdas de solo em uma safra (setembro a fevereiro), chegam a 27,5 t/ha, o que se considera uma taxa alta, pois se refere apenas ao período em que o solo estava sob o cultivo do tabaco.





Figura 9: Propriedade rural na localidade de São Brás Alto. A flecha em vermelho indica a ravina desenvolvida ao longo da vertente, e as flechas em amarelo indicam o escoamento superficial da lavoura direcionado à cabeceira e lateral direita da ravina. Foto: acervo da autora, 2013.



Figura 10: Processos erosivos lineares em lavoura de Tabaco sob sistema de plantio convencional – localidade de São Brás Alto – Município de Chувиска, RS. As flechas em vermelho indicam o escoamento superficial concentrado formando sulcos erosivos ao longo da lavoura e as flechas em amarelo indicam o fluxo direcionados à cabeceira da ravina. Foto: acervo da autora, 2013.

Além disso, o produtor rural não realiza um ordenamento correto do escoamento superficial, direcionando as águas pluviais para um ponto frágil na lateral da lavoura, no qual se desenvolveu uma ravina (6) conforme mapa 2 e figura 11.

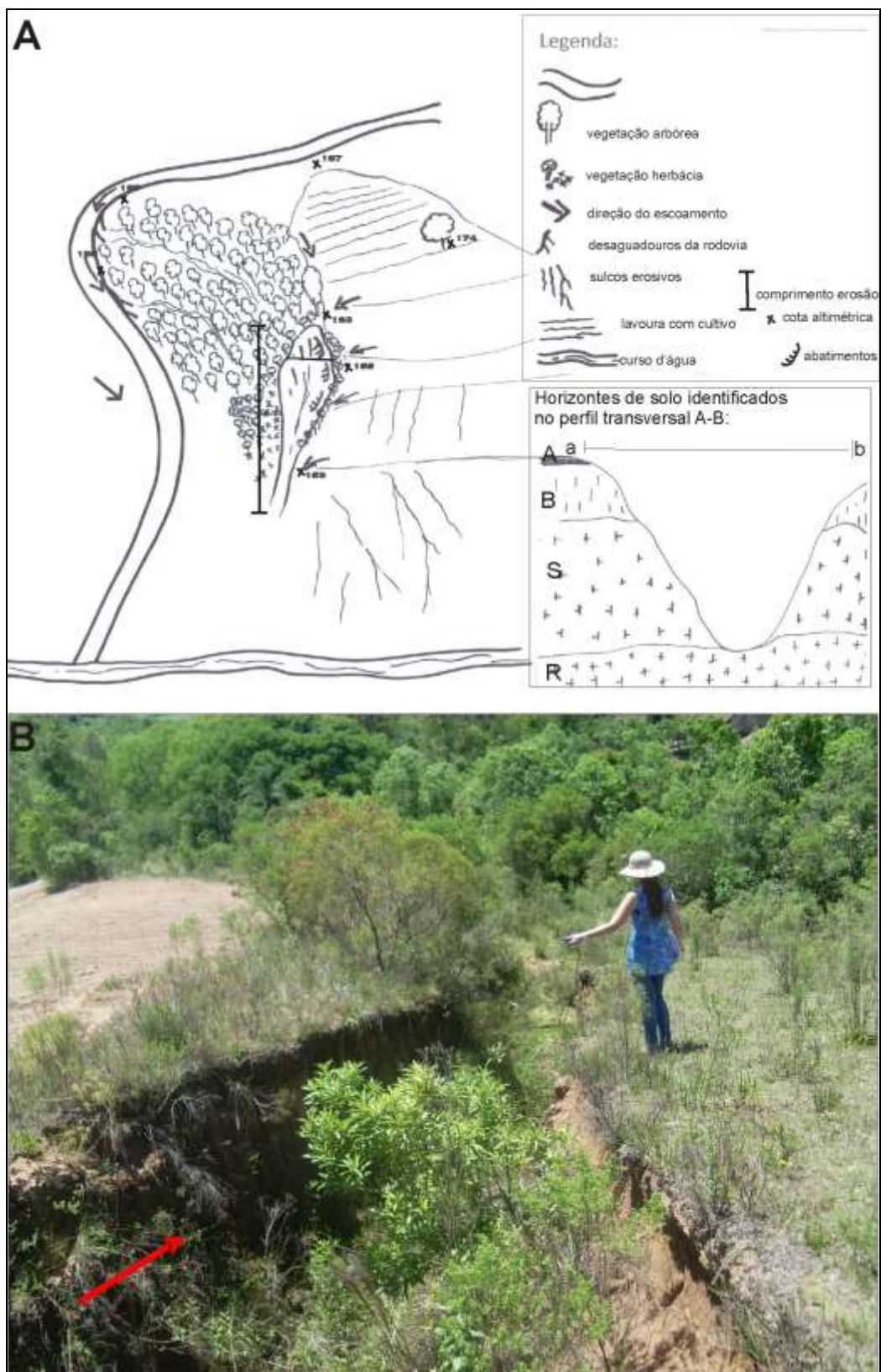


Figura 11: Ravina desenvolvida em lavoura, propriedade rural no Município de Chuvisca, RS. Croqui (A) demonstrando as características da ravina e seu entorno com descrição das unidades litológicas identificadas no perfil transversal A-B. Fotografia (B) com flecha indicando a direção de desenvolvimento da erosão. Org.: a autora (2014).



Segundo, Valentin *et al.* (2005), na maioria das vezes, os processos erosivos na forma de ravinas e voçorocas são acionados por práticas de cultivos e sistemas de irrigação inadequados ou sobrepastoreio, construção de estradas e urbanização. No caso citado, em entrevista com o proprietário, constatou-se que a propriedade possui um histórico de degradação de cerca de 80 anos. Por volta do ano de 1940 a família do atual proprietário iniciou o cultivo de cana-de-açúcar, em sistema rudimentar, com uso intensivo de fogo. Por volta de 1980 o plantio de tabaco, atividade recém-chegada na região, foi intercalado com o plantio de cana, até que por volta dos anos 1990 passou a ser a única atividade agrícola na propriedade, se estendendo até os dias atuais.

A hipótese de que o uso solo é um dos principais condicionantes aos processos erosivos no município, reafirma-se, ao analisar-se a propriedade lindeira, na qual não há processos erosivos. O produtor rural, além de manter protegidos os talvegues, (fig. 12), realiza a prática de plantio direto, com curvas de nível e cordão de contorno vegetado, evitando assim, a concentração do escoamento para um único ponto do relevo e/ou áreas fragilizadas.



Figura 12: Propriedade com sistema de parcelamento do solo (indicado pelas linhas em amarelo), curvas de nível (indicado pelas flechas em preto) e talvegue vegetado. (indicado pela flecha vermelha). Foto: acervo da autora, 2014.

Segundo Filizola *et al.* (2011), a eficácia desta prática é a quebra de energia do escoamento da enxurrada e a deposição dos sedimentos transportados. Sua grande vantagem é a facilidade de execução em relação aos terraços. Além de ser uma prática sem custo adicional, colabora para reduzir as perdas por erosão, tanto em cultivos anuais como perenes, uma vez que o manejo do solo é intercalado entre uma ou duas faixas, sendo indicado iniciar sempre do ponto mais alto da vertente, em direção a jusante (fig. 13).



Figura 13: Lavoura em faixas paralelas com diferentes cultivos intercaladas (delimitação indicada pelas linhas em amarelo). Foto: acervo da autora, 2014.

Ainda quanto à ocorrência de ravinas e voçorocas no Município de Chuvisca e a sua relação com o uso solo, constatou-se uma ocorrência significativa (28%) desses processos em talwegues em rodovias não pavimentadas a montante. Em muitos casos, nas Áreas de Preservação Permanente (APP). Verificou-se que o surgimento de processos erosivos, em muitos casos, além de estarem relacionados à posição no relevo, apresentam rodovias nas cabeceiras dos eixos principais que possuem desaguadouros com extensões que chegam até 30 metros de captação projetados para o seu interior como ocorre em um dos casos mais destacado de erosão linear cadastrado no Município de Chuvisca (fig. 14).



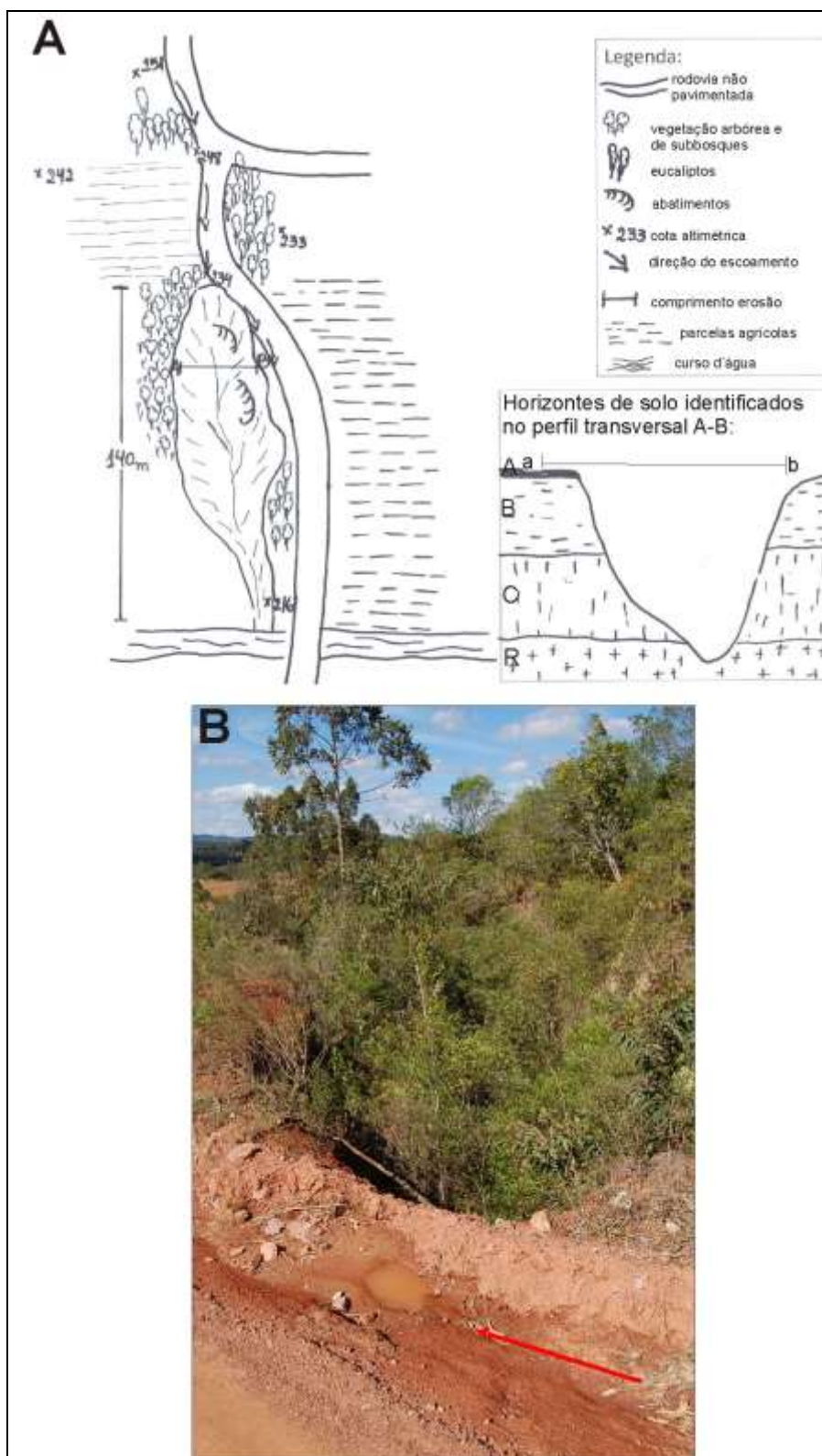


Figura 14: Voçoroca na localidade de São Brás Alto, Chuvisca - RS. Croqui (A) demonstrando as características da erosão e seu entorno e a descrição das unidades litológicas identificadas no perfil transversal A-B. Fotografia (B) com desaguadouro projetado para o interior da erosão (indicado pela flecha), ponto de maior instabilidade. Org.: a autora (2014).

A área ocupada pela erosão corresponde a parte de uma estrada e de uma antiga lavoura de produção de fumo e milho, a qual chegou a um estágio intenso de degradação e foi abandonada (2), conforme mapa 2. A lavoura foi abandonada há cerca de 20 anos e hoje parte dela e da estrada em volta foram tomadas pela erosão que já atingiu o lençol freático tratando-se portanto, de voçoroca. Tanto as terras situadas ao Sul como na face Norte (limite da estrada) são dos mesmos proprietários, que perdem área utilizável ao plantio, de um lado pelo avanço da erosão e de outro, pelo avanço da estrada. Como a voçoroca continua avançando, principalmente sobre a estrada, há necessidade de corrigir seu traçado, tomando áreas produtivas da propriedade rural.

O que observa-se é que além dos condicionantes do meio, relacionados, sobretudo, a estrutura geológica da erosão e que segue os lineamentos mapeados, o uso inadequado do solo na produção agrícola e o aporte da água da chuva proveniente da estrada seriam as causas do surgimento desta voçoroca.

A voçoroca (1), conforme mapa 2, situada na divisa do Município de Chувиска e Dom Feliciano, apresenta tais características (fig. 15). Em entrevista com a proprietária da área a mesma informou que a erosão atualmente no limite da rodovia, há 40 anos se localizava a cerca de 10m da mesma. Trata-se de uma área que foi cultivada com milho e teve de ser abandonada. Mesmo após a introdução de vegetação do tipo Braquiária e da instalação de cerca elétrica para contenção do pisoteio de animais na margem direita da mesma, a voçoroca avança em direção à estrada e por eixos secundários em direção à lavoura (fig.15).

O que verifica-se é que além das características do meio apresentarem indicadores de fragilidade à erosão, a supressão de mata nativa, certamente, realizada quando da ocupação do local e o tipo de uso e ocupação do solo em práticas agrícolas, deflagraram o surgimento da referida voçoroca. Acrescenta-se, ainda, o reordenamento de fluxo superficial natural, modificado quando da abertura da estrada vicinal.

Da mesma forma, ocorre na erosão mapeada na localidade de Guaraxaim da Serra, nº 15 (conforme mapa 2) e figura 16. Trata-se de uma área com fragilidades naturais relacionados às características da estrutura geológica e da geomorfologia.

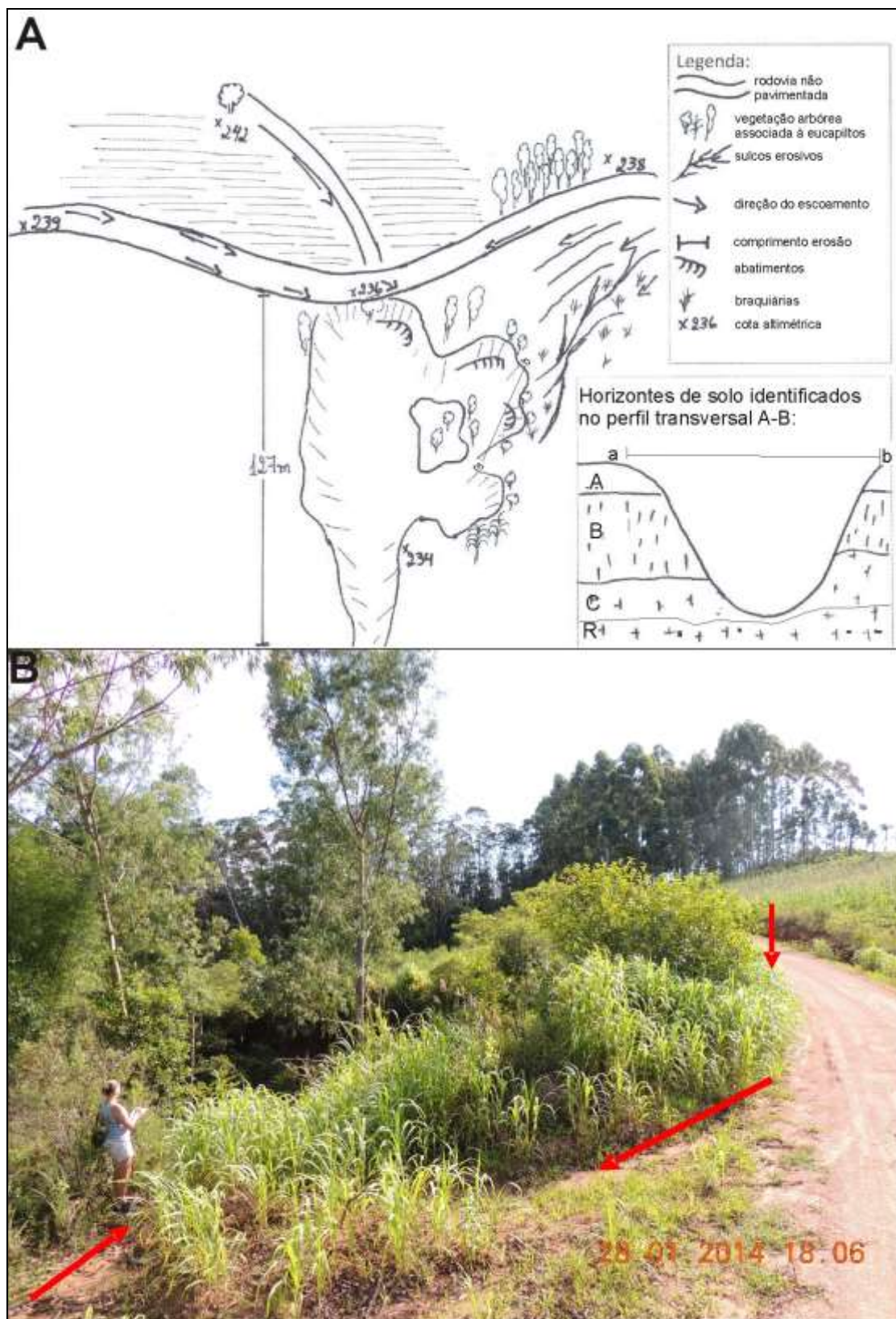


Figura 15: Voçoroca desenvolvida em área de cultivo próximo a rodovia não pavimentada na localidade de São Brás Alto, Chuvisca-RS. Croqui (A), fotografia (B) com flechas indicam o escoamento nas drenagens (valas) superficiais ao longo da estrada vicinal e que se concentram na cabeceira da voçoroca, em pleno estágio de evolução. Org.: a autora (2014).



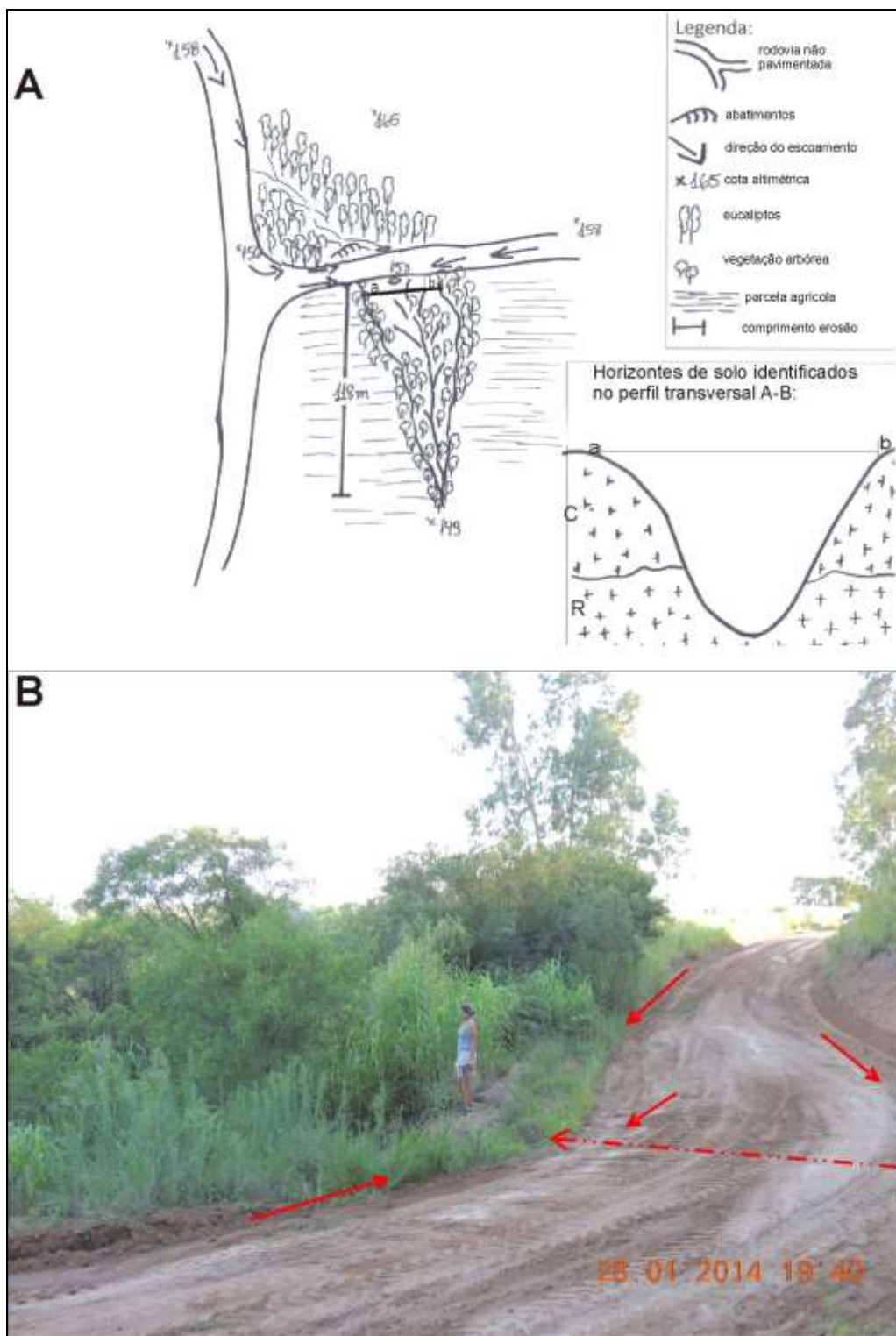


Figura 16: Voçoroca desenvolvida em área de cultivo próximo à rodovia não pavimentada, na localidade de Guaraxaim da Serra, Município de Chuvisca-RS. Croqui (A) demonstra pelas flechas o escoamento superficial direcionado à erosão em diversos pontos da vertente, direcionados à cabeceira da voçoroca em estágio de alargamento e aprofundamento do canal principal ao nível de base, e exposição do horizonte saprolítico em superfície. As flechas indicam o escoamento nas drenagens (valas) superficiais, e canalizadas em subsuperfície (indicado na linha pontilhada) que se concentram na cabeceira da voçoroca, em pleno estágio de evolução. Org.: a autora (2014).

A localização e a direção de desenvolvimento da erosão coincidem com os lineamentos mapeados e a forma convexa divergente das encostas. Estas características proporcionam um volume concentrado de escoamento pluvial na vertente côncava convergente, no qual se desenvolveu a referida erosão. Estas fragilidades naturais que poderiam ser atenuadas com um correto planejamento e a manutenção das rodovias situadas a montante da erosão são acentuadas, devido à presença de canais de escoamento direcionados à incisão erosiva.

Tal situação vem ao encontro de outros estudos, como o realizado por Viero (2004), que já demonstraram que as estradas são responsáveis por acúmulo de fluxo superficial pela canalização extensa quando das enxurradas. Entre os fatores causais do maior volume de enxurradas, devido às estradas, encontra-se a compactação promovida no terreno da via não pavimentada, a qual diminui as taxas de infiltração de água da chuva e aumenta o volume de escoamento superficial escoado para os drenos direcionados às valas laterais das estradas vicinais.

Da mesma forma, as estradas que intersectam talwegues, recebem e redirecionam o fluxo natural do escoamento. Associado a isto, a existência de poucos pontos de deságue no traçado destas vias, impede o fracionamento do volume da enxurrada e faz com que a bacia de contribuição de água nestes pontos seja maior. A concentração de um volume de água superior à capacidade de infiltração do solo, nos pontos de deságue, pode proporcionar o surgimento de ravinas e voçorocas, nas margens das estradas vicinais.

Os 6% restantes dos processos erosivos cadastrados estão em áreas de campo natural, que é utilizado para pecuária. De alguma forma, comprovam a ação humana, tanto no surgimento como na potencialização da erosão. Cabe ressaltar dois casos observados. O primeiro diz respeito a uma erosão linear localizada em uma área de campo, (21), conforme mapa 2 e figura 17. Nesta erosão foi possível constatar que o lençol freático já foi atingido, tratando-se, portanto, de uma voçoroca, que se desenvolve em Argissolos com horizonte B textural, o que por sua vez é um obstáculo à infiltração superficial. Segundo informações do proprietário, a erosão existe no local há pelo menos 28 anos, quando ele adquiriu a área. Segundo o proprietário, o local era campo e possuía uma pequena valeta de aproximadamente 1m de largura por 1m de profundidade.

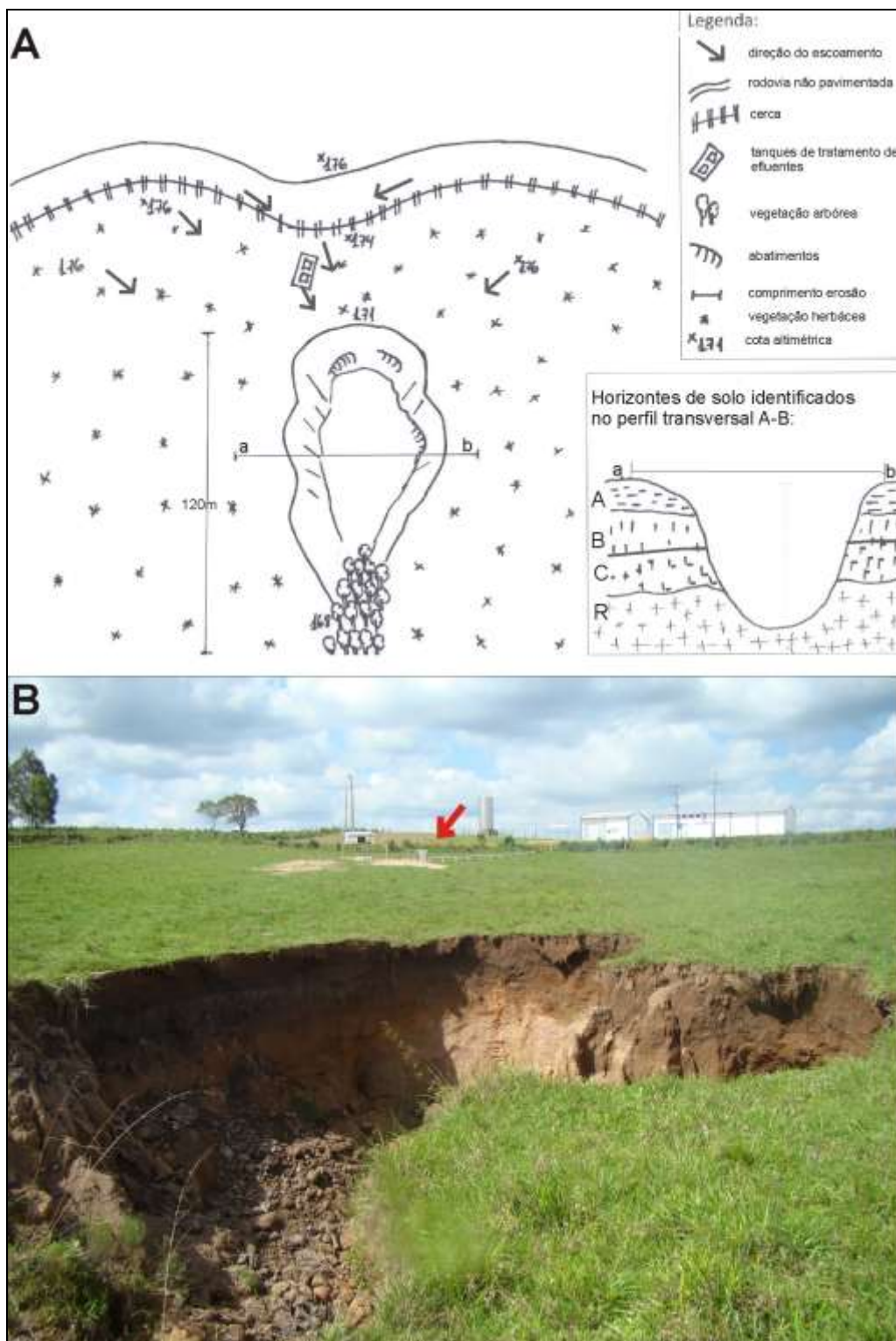


Figura 17: Voçoroca na localidade de Costa do Sutil, Município de Chувиска, RS. Croqui (superior) demonstrando a extensão área de contribuição e o direcionamento do fluxo superficial para a cabeceira da voçoroca. Fotografia (inferior) com, flecha indicando a localização da estação de tratamento de efluentes da indústria de água mineral. No interior da voçoroca se observa o horizonte A, em processo de saturação hídrica, pelo escoamento superficial. Org.: a autora (2014).

Houve um período em que a área de campo foi utilizada para o plantio de milho, sem o uso de curvas de nível, o que pode ter contribuído para aumentar o processo erosivo. Atualmente, a área é coberta por vegetação herbácea, sendo que o local é utilizado para pecuária sendo visível a contribuição do pisoteio de animais no desmoronamento dos taludes instáveis (fig. 18).



Figura 18: Voçoroca na localidade de Costa do Sutil, Município de Chuvisca. No detalhe, as trilhas feitas pelo pisoteio de animais, que contribuem para o escoamento concentrado para o seu interior. Foto: acervo da autora, 2014.

A instabilidade dos taludes da voçoroca, sobretudo a montante da incisão erosiva, pode estar relacionada à presença de uma estação de tratamento de efluentes de uma indústria de água mineral (do mesmo proprietário), situada a montante da erosão (fig. 17). Índícios da vegetação arbustiva e arbórea no interior da voçoroca e a presença de saturação hídrica em suas paredes são indícios de que o efluente industrial é despejado, gradativamente, a montante. Tal fato explicaria, em parte, o avanço do processo erosivo na cabeceira superior com solapamentos do talude.

Observa-se que a incisão erosiva está desconectada da rede de drenagem, no entanto, a estrada a montante e a forma côncava convergente do relevo proporciona concentração de escoamento pluvial em eventos chuvosos. Indicando que a falta de ordenamento de fluxo superficial natural em eventos



chuvosos, o fluxo artificial pelo despejo de efluentes e o pisoteio de animais na borda da voçoroca são, atualmente, os agentes de aceleração do processo de erosivo.

Outro processo erosivo a ser destacado, encontra-se em uma área, atualmente, utilizada como campo para criação de animais, mas que, no entanto, trata-se de uma área de mata nativa suprimida. O atual morador (proprietário há mais de 10 anos) informou que, quando adquiriu a propriedade, já havia o processo erosivo (32), mapa 2 (fig 19). Segundo ele, há pelo menos quatro anos a erosão aumentou, principalmente, em um eixo secundário lateral que avança em direção às construções da propriedade. A mesma área visitada há quatro anos atrás, apresentava maior estabilidade que atualmente, dando indícios de que ao longo da história este uso do solo poderia estar alterando o escoamento hídrico e acelerando o escoamento em direção ao canal principal, provocando sua verticalização.

Em 2010, a montante da área, ela não era totalmente cultivada, atualmente, é cercada por lavouras de milho, sendo que as áreas que eram de campo, agora, estão com solo exposto para a plantação. Outro agravante se dá pela estrada abandonada para o tráfego de veículos, com grande número de sulcos erosivos formados pelo escoamento concentrado, desde a via principal disposta transversalmente a ela. A inexistência de desaguadouros nas estradas a montante, em uma encosta com cota de aproximadamente de 220 metros, gera um grande volume de escoamento hídrico. Tal situação confirmou-se, devido ao grande encharcamento do solo em um raio de 10 metros da erosão, mesmo após quatro dias de término da chuva.

A fim de sintetizar as principais relações identificadas entre as 32 feições mapeadas, no que diz respeito aos parâmetros do meio, tais como: a litologia, os lineamentos, a pedologia (tipo de solo) e a geomorfologia (forma da vertente) elaborou-se a tabela 5. A análise da tabela 5 permite comprovar a forte relação dos processos erosivos com a existência de lineamentos regionais no sentido Noroeste/sudeste e Nordeste/Sudoeste e a presença de Argissolos uma vez que estas duas variáveis são as únicas presentes nas 4 relações encontradas.

Na tabela 6 encontram-se sintetizados as principais relações identificadas entre as feições mapeadas, no que diz respeito aos parâmetros de uso da terra

(social), isto é, a cobertura vegetal pretérita e o uso atual. A presente tabela evidencia a forte relação dos processos erosivos às áreas nas quais houve supressão de floresta natural e que atualmente sofrem mal uso seja em atividade agrícolas e pecuária ou na falta de manutenção adequada de rodovias.

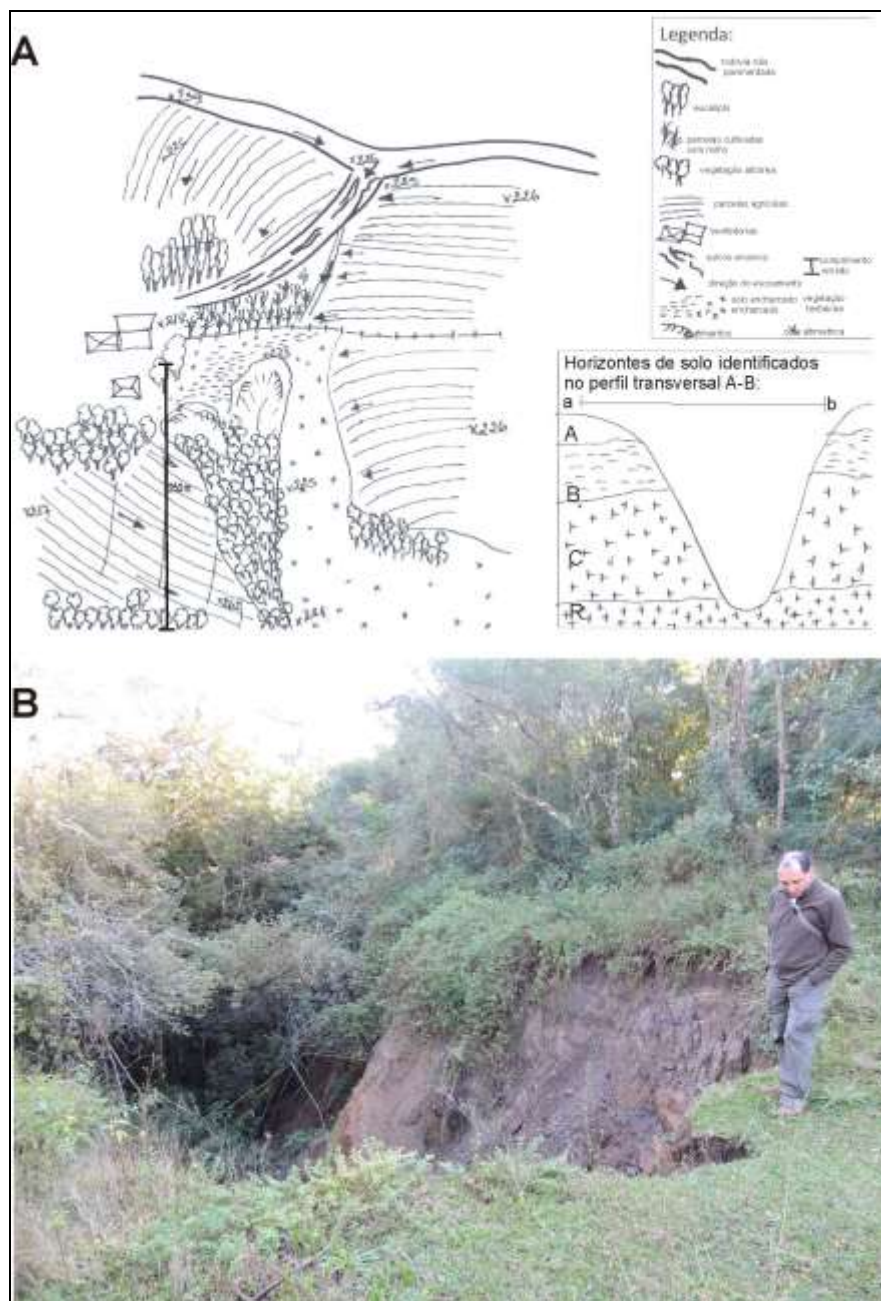


Figura 19: Ravina em área de campo (APP), na localidade de Costa do Pinheiro, Município de Chuvisca-RS. Croqui (A) demonstrando as características da ravina e seu entorno. A ravina apresenta uma extensa bacia de contribuição com fluxo superficial (indicado pelas flechas) direcionado para mesma. Na fotografia (B), eixo secundário que avança sobre as benfeitorias da propriedade em erosão remontante. Foto: acervo da autora, 2014.

Tabela 5: Síntese das relações identificadas no que diz respeito às erosões mapeadas e os parâmetros meio.

<b>Litologia</b>	<b>Lineamentos</b>	<b>Tipo de solo</b>	<b>Geomorfologia (forma da vertente)</b>
Suíte D Feliciano Cerro Grande	Noroeste/Sudeste Nordeste/Sudoeste	Argissolos associados com Neossolos	M. Convexa e M. Divergente.
Suíte D Feliciano Cerro Grande	Noroeste/Sudeste Nordeste/Sudoeste	Argissolos associados com Neossolos	M. Côncava e Côncava e M. Convergente a Convergente
Pinheiro Machado	Noroeste/Sudeste Nordeste/Sudoeste	Argissolos associados com Neossolos	M. Côncava a côncava e M. Convergente a convergente
Pinheiro Machado	Noroeste/Sudeste Nordeste/Sudoeste	Argissolos associados com Neossolos	M. Convexa a convexa e M. Convergente a convergente

Fonte: Org.: a autora (2014).

Tabela 6: Síntese das relações identificadas entre as erosões mapeadas e os parâmetros de uso da terra (social).

<b>Cobertura vegetal (pretérita)*</b>	<b>Uso atual</b>
Floresta Estacional Semidecidual	Cobertura vegetal/ arbustiva degradada
Floresta Estacional Semidecidual	Campo utilizado para pecuária
Floresta Estacional Semidecidual	Cultivo convencional
Floresta Estacional Semidecidual	Rodovias não pavimentadas

\*Fonte: Levantamento de Recursos Naturais V. 33, IBGE. Org.: a autora (2014).

Confirma-se, portanto, que todos os processos erosivos coincidem com os lineamentos, e a presença de Argissolos (classe de maior ocorrência no município) em vertentes fragilizadas devido a supressão da vegetação natural e exposição decorrente dos diferentes usos e práticas agrícolas. Sendo assim, identificou-se a existência de pelo menos três tipologias de processos erosivos no município: (i) ravinas e voçorocas desenvolvidas em áreas de campo utilizado para pecuária; (ii) ravinas e voçorocas desenvolvidas em áreas de cultivos; e (iii) ravinas e voçorocas desenvolvidas nas margens das rodovias. Alguns exemplos das tipologias de ravinas e voçorocas mapeadas podem ser vistas na figura 20.



Figura 20: Algumas das ravinas e voçorocas cadastradas em diferentes localidades do Município de Chuvisca por tipologia de processo erosivo. I) erosão em área de campo – Localidade de Costa do Sutil (21); II) erosão em área de lavoura próxima – Localidade de Costa de São Brás Alto (31); III) erosão em rodovia – Localidade de São Brás (24). Org.: a autora (2014).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa permitiu, inicialmente, através do cadastro existente de 32 ravinas/voçorocas no Município de Chuvisca, uma análise dos condicionantes do meio, em relação ao surgimento de tais processos erosivos. No que diz respeito aos condicionantes geológicos-pedológicos constatou-se que a maioria das ravinas e voçorocas desenvolvem-se sobre um substrato rochoso bastante intemperizado, o que indica uma fragilidade natural, sobretudo, quando o solo é submetido à concentração do escoamento superficial e o saprólito não possui estabilidade estrutural suficiente para conter os processos erosivos. Constatou-se que todas as ravinas e voçorocas mapeadas no município seguem a direção do conjunto de lineamentos e falhas tectônicas desenvolvidas no sentido principal NE/SO e secundário NO/SE. Tal fato comprova que, em muitos casos, os processos erosivos são influenciados pela tectônica local/regional, tanto na sua localização no terreno como na sua evolução, uma vez que se comprovou que o desenvolvimento das ravinas e voçorocas mapeadas segue a direção preferencial dos lineamentos e das falhas.

Na análise dos tipos de solo do município e o surgimento das ravinas e voçorocas mapeadas, comprovou-se, a partir da classificação de solos disponível para a região, que 99% dos processos erosivos desenvolvem-se em Argissolos Vermelho-Amarelo Distrófico abrupto, caracterizado pela mudança textural abrupta, classe que predomina na região ocupando 90% do território municipal. A presença de horizonte subsuperficial com concentração de argila atribui a este solo uma maior suscetibilidade à erosão, por dificultar a infiltração de água em subsuperfície, portanto, facilitando o escoamento superficial.

Quanto ao condicionante geomorfológico e a evolução de ravinas e voçorocas no Município de Chuvisca, constatou-se que 34 % das erosões cadastradas ocorreram em relevo ondulado com declividades entre 13 e 20%. Já a maior proporção de ravinas e voçorocas (38 %) se dá em terrenos de comprimentos de rampa de 120 a 180 metros; 31 %, em áreas de fator

topográfico maior que 5%. Porém, devida à grande amplitude de valores, estas variáveis se analisadas de forma isolada não se mostraram relevantes o suficiente para o surgimento dos processos erosivos mapeados no município.

Observou-se, também, que 69 % das ravinas e voçorocas estavam em talvegues com a presença de encostas convexas divergentes a montante, levando a crer que esta condição é importante para aumentar as chances de formar tais feições erosivas. Nesta situação, especialmente se associadas às altas declividades e comprimentos de rampa, o potencial de energia cinética da chuva é elevado e os riscos de erosão tornam-se ainda maiores.

A geomorfologia do terreno mostrou-se uma variável relevante na probabilidade de ocorrência das erosões lineares, confirmando que a maioria dos processos erosivos cadastrados está situada no compartimento de cristas ou colinas, em um processo natural de dissecação do relevo, em relação ao nível de base regional. Aliado a essa condição, o fato de a maior parte das ravinas e voçorocas desenvolver-se em encostas com a associação de terrenos convexos divergentes a montante, contribui para aumentar o potencial de risco à formação de ravinas e voçorocas em pontos côncavos e convergentes do terreno. Das 32 ocorrências cadastradas, 75% situam-se em terreno com superfícies com perfil de muito côncavo à côncavo; sendo que 59 % ocorrem em superfícies com plano de muito convergente à convergente, superfícies estas com máxima concentração de fluxo superficial.

A análise do controle exercido pelo uso da terra e das práticas agrícolas, no surgimento de processos erosivos no município, mostrou ser esta a variável mais importante, uma vez que se constataram situações nas quais os condicionantes do meio apresentavam as mesmas características em morfologias erosivas, no entanto, há propriedades que apresentam diversos processos erosivos e propriedades que não os apresentam, mostrando ser os diferentes usos da terra um dos fatores desencadeadores ou mitigadores da erosão. Das ravinas e voçorocas cadastradas e analisadas, 66% ocorrem em área de lavoura de milho e tabaco, em plantio convencional; 28 % estão situadas em Áreas de Preservação Permanente (APP's), que foram degradadas ao longo do tempo, pela supressão da mata nativa, sobretudo, devido ao avanço de estradas e lavouras com 6% em área de campo utilizado para pecuária. Dos casos

cadastrados, 50% estão desestabilizando estradas e constituindo-se em áreas de risco à população, além de contribuírem para elevar os custos com a manutenção de vias não pavimentadas, a cada período chuvoso.

Por fim, prevê-se a continuidade e o aprofundamento do estudo, considerando que os processos erosivos lineares cadastrados teriam sua gênese relacionada a mais duas hipóteses, uma vez que em alguns casos constatou-se um rebaixamento do nível de base. A primeira hipótese estaria relacionada ao maior aporte de água no sistema, o que por sua vez seria o responsável pela aceleração dos processos de escoamento concentrado, e assim a verticalização da rede de drenagem. A segunda estaria relacionada à influência da uma neotectônica que poderia estar soerguendo lentamente o Escudo, ativando os lineamentos e as falhas e acelerando o entalhamento dos canais pelo aumento de energia potencial e incisão pela água.



## REFERÊNCIAS

- ANTONELI, V. e BEDNARZ J. A. **Erosão de solos sob o cultivo do tabaco (*nicotina tabacum*) em uma pequena propriedade rural no município de Irati – Paraná.** CAMINHOS DE GEOGRAFIA - revista on line <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html> ISSN 1678-6343. 18p.
- BAHIA, V. G.; CURI, N.; CARMO, D. N. Fundamentos da erosão do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 25-31, 1992.
- BEAVIS, S.G. **Structural controls on the orientation of erosion gullies in mid-western New South Wales, Australia.** *Geomorphology*, v. 33, p. 59-72. 2000
- BERTONI, José.; LOMBARDI, Francisco Neto. 5.ed. **Conservação do solo.** São Paulo: Ícone, 2005. 355 p.
- BOIFFIN, J et BRESSON, L.M. Dynamique Deformation des Croûtes superficielles: apport de l'analyse microscopique. Paris AISS/AFES 1987.
- CAMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS U.M, GARRIDO J. "SPRING®: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" *Computers & Graphics*, v.20:, n.3, p.395-403, may-jun 1996.
- CAREY, B. **Erosion Gully.** 2006. Disponível em: < <http://www.derm.qld.gov.au/factsheets/pdf/land/l81.pdf> >. Acesso em: 19 de novembro de 2013.
- CASSETI, Valter. **Geomorfologia.** [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 31 de junho de 2014.
- CASSOL, Elemar. Antônio; LIMA, V. S. **Erosão em entre sulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. Pesquisa Agropecuária.** Brasileira, Brasília, v. 38, n. 1, 2003, p. 117-124.
- CASSOL, Elemar. Antônio. **Erosão do Solo.** Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, 2007. 20 p. Notas de Aula da disciplina AGR 03006 – Erosão e Conservação do Solo.
- CHEMALE Jr. F. **Evolução Geológica do Escudo Sul-rio-grandense.** In Hoz, M e L. F. de Ros (Eds.) *Geologia do Rio Grande do Sul.* Porto Alegre. Centro de Investigação de gon-wana/universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 13-52.
- COLLISCHONN, Erika. 2009. **Inundações em Venâncio Aires/RS: Interações entre as dinâmicas natural e social na formação de riscos socioambientais**

**urbanos**. 2009 (Tese de Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina.

CPRM. **Mapa Geológico de Cobertura do Sul, escala 1:250.000**. Brasília: Serviço Geológico Brasileiro, 2003. CD-Rom

CPRM. **Mapa Geológico do Rio Grande do Sul, escala 1:750.000**. Brasília: Serviço Geológico Brasileiro, 2007. CD-Rom.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Controle de erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de voçorocas urbanas**. São Paulo: DAEE/IPT, 1989. 92p.

DENARDIN, José Eloir *et al.* **Manejo de enxurrada em sistemas plantio direto**. Porto Alegre: Fórum Estadual de Solo e Água, 2005. 88p

DUMMER, Juliana. Voçorocas no Meio Rural: **Um Diagnóstico de Processos Erosivos no Município de Chувиска, RS**. 112 f. 2011. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Geografia). Instituto de Ciências Humanas - Universidade Federal de Pelotas.

DUMMER, Juliana. ; KOESTER, Edinei.; BRUCH, Alexandre. F. **Levantamento Geológico Visando Estudo Sobre Erosão do Solo no Município de Chувиска, RS**. Anais do XVI Encontro Nacional de Geografia .nº1296. Porto Alegre, 2010.

ELLISON, W. D. **Soil erosion studies**. Agric. Eng., St. Joseph, v. 28, 1947.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306p.

FILIZOLA et al. **Controle dos Processos Erosivos Lineares (ravinas e voçorocas) em Áreas de Solos Arenosos**. Circular Técnica 22. Embrapa. Jariuna, São Paulo. 2011. Disponível em: [http://www.cnpma.embrapa.br/download/circular\\_22.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/download/circular_22.pdf). Acesso em: 13 de julho de 2014.

GUERRA, Antônio, José. Teixeira; SILVA, Antônio. Soares. **Erosão e Conservação dos Solos: aplicações, temas e conceitos**. RJ: Bertrand Brasil, 2005. 340p.

GUERRA, Antônio. José. Teixeira; ARAUJO, Gustavo. H. de S; ALMEIDA, J. R. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 2. ed. Rio de Janeiro :Bertrand, 2007. 320p.

HASENACK, H.; WEBER, E. J. **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul na escala 1: 50.000**. Porto Alegre, RS: UFRGS IB Centro de Ecologia, 2010. DVD.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento de Recursos Naturais**. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 796p, v.33.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **Cidades**. Censo Agropecuário de 2009. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2014.

MENDONÇA

MALIK, N. Javed; MOHANTY C. **Active tectonic influence on the evolution of drainage and landscape: Geomorphic signatures from frontal and hinterland areas along the Northwestern Himalaya, India**. Journal of Asian Earth Sciences 29 (2007) 604–618. 28 March 2006. Disponível em: [www.elsevier.com/locate/jaes](http://www.elsevier.com/locate/jaes). Acesso em 10 de agosto de 2014

MEYER, L. D.; FOSTER, G. R.; NIKOLOV, S. **Effect of flow rate and canopy on rill erosion**. Trans. Of the ASAE, St. Joseph, v. 18, n. 5, 1975.

PHILIPP, Rui Paulo; NARDI, Lauro Valentin Stoll; BITENCOURT, Maria de Fátima. **O batólito de Pelotas no Rio Grande do Sul**. In: HOLZ, Michael, ROS, Luiz Fernando De (EDS). Geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CIGO/UFRGS Porto Alegre, 2000, p. 133-160

POUSEN, Jean. **Gully Typology and gully control measures in the European loess belt**. Soil Erosion Agricultural Land. Leuven, 1993. P. 513-530.

PRESS, Frank; SIEVER, Raymond; GROTZINGER, John., JORDAN, Thomas H. **Para Entender a Terra**. Porto Alegre, Editora Artmed, 2006. 656p.

OLIVEIRA, M.A.T. Processos Erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In. GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S; BOTELHO, R.G. M. (orgs.). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1999. p. 57-99.

RAMALHO, Maria Francisca de Jesus. **Geomorfologia e Dinâmica Ambiental: vale do rio Pitimbu**. Natal, RN. Imagem Gráfica, 2003. 87p.

REZENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Ed. Viçosa: NEPUT, 1997. 367p.

SANCHEZ Rodrigo Baracat *et al.* **Variabilidade espacial de Atributos do solo e de fatores de erosão em diferentes pedoformas**. Revista Brasileira Scielo Solo, Bragantia, Campinas, v.68, n.4, p.1095-1103, 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/pdf/brag/v68n4/v68\\_n4a30.pdf](http://www.scielo.br/pdf/brag/v68n4/v68_n4a30.pdf). Acesso em: 28 de julho de 2014.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

STRECK, Edegar Valdir et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. Ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 22p.

SÃO PAULO. Secretaria de Energia e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Controle de Erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientação para o controle de voçorocas urbanas**. 2.ed. São Paulo, DAEE/IPT, 1990. 92p.

SILVA, Tiago, Pinto da *et al.* **A Influência de Aspectos Geológicos na Erosão Linear – médio baixo vale do Ribeirão do Secretário, Paty do Alferes (RJ)**. Geosul, Florianópolis, v. 18, n. 36, p 131-150, jul./dez. 2003.

SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology: an introduction to the study of landforms**. New York: Longman Scientific & Technical, 1991. 537 p: il.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. IBGE. Rio de Janeiro. Brasil, 1977.

VALERIANO, M. de M. **Topodata guia para utilização de dados Geomorfológicos locais**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) São José dos Campos 73p. 2008. Disponível em: < [http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/guia\\_utilizacao\\_topodata.pdf](http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/guia_utilizacao_topodata.pdf)>. acesso em 05 de junho de 2011.

VALENTIN C. J.; POUSEN, Y. L. **Gully Erosion: Impacts, factors and control**. Elsevier B.V. 2005. 132–153. Disponível em: [www.elsevier.com/locate/catena](http://www.elsevier.com/locate/catena). Acesso em: 20 de setembro de 2014.

VIERO, Ana Claudia. **Análise da geologia, geomorfologia e solos no processo de erosão por voçorocas: Bacia do Taboão, RS**. 129f Dissertação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS, Porto Alegre. 2004.

WANG, G.; FANG, S.; SHINKAVERA, S.; GERTNER, G.; ANDERSON, A. **Spatial uncertainty in prediction of the topographical factor for the revised universal soil loss equation (RUSLE)**. Transactions of the ASAE, v.45, p.109-118, 2002.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: United States Department of Agriculture, 1978. p 58.

## ANEXO I: Ficha de cadastro da erosão linear de numero 1 (mapa 2).

FICHA DE CADASTRO DA EROSÃO	
I. Identificação e localização da erosão	Estado: <i>RS</i> Município: <i>Chувиска</i>
<b>Descrição:</b> <i>Voçoroca da divisa.</i>	<b>Localização:</b> <i>Propriedade do Sr. Erno Peter</i>
<b>Acesso:</b> <i>Estr. Serro dos Coqueiros,</i>	
II. Dados regionais	
<b>Bacia Hidrográfica:</b> <i>Bacia Hidrográfica do Arroio Duro</i>	<b>Geomorfologia:</b> <i>Compartimento de Cristas</i>
<b>Geologia:</b> <i>Suíte Dom Feliciano, fácies Cerro Grande</i>	<b>Pedologia:</b> <i>(PVA2), composta por Argissolos associados com Neossolos.</i>
<b>Vegetação Original:</b> <i>Florestal típica de APP removida para implantação de lavouras e pastagens</i>	
III. Dimensões da erosão	
Comprimento aproximado: <i>126m</i>	
IV. Características da área de contribuição	
<b>Uso e ocupação da área de contribuição:</b> <i>Pastagem cultivada com brachiária decumbens (Brachiaria decumbens) na lateral esquerda e mata de acácia na lateral direita. APP (Jusante da encosta), rodovia não pavimentada e lavouras a montante.</i>	
<b>Causas, condicionantes e atenuantes:</b> <i>A proprietária herdeira das terras, D. Zilma esposa do S. Erno Peter mora no local há 68 anos, informou que lembra da erosão desde sua infância. Segundo a proprietária, há 40 anos a erosão se localizava distante da estrada (cerca de 10m). No local sempre foi cultivado milho com uso de curvas de nível. Segundo D. Zilma, seus pais já lutavam para conter a erosão colocando toras de madeira dentro da cava e plantando capim elefante e bambus no interior. Mais recentemente (nos últimos 10 anos) o local foi abandonado para plantação de milho, sendo introduzido braquiária como cobertura do solo e instalado uma cerca elétrica a fim de impedir o acesso do gado dentro da erosão já que segundo os proprietários eventualmente animais são soltos no local para pastarem. Para proprietária o surgimento e avanço do erosão é determinado pela água na chuva vida dos dois lados da estrada. A cerca de 2 anos foi, após solicitação na prefeitura, foi realizada uma tentativa de desvio que sem manutenção contribuiu para estabilização do processo erosivo. Em síntese, as características do meio físico local são indicadoras da fragilidade da área quanto ao desenvolvimento da erosão linear de grande porte, devido, sobretudo a um ponto de talvegue cercado por encostas convexas divergentes que direcionam naturalmente o escoamento para o ponto onde se desenvolveu a erosão. Associado a supressão de mata nativa, certamente realizada quando da ocupação do local, e ao tipo de uso e ocupação do solo para práticas agrícolas deflagraram o avanço da referida erosão que chegou ao estágio de voçoroca. Segundo a proprietária a jusante do eixo principal há afloramento de água. Ainda quanto ao uso da terra, tem-se como condicionante a falta de ordenamento de fluxo superficial natural em eventos chuvosos.</i>	
V. Características da erosão linear	
<b>Dinâmica Erosiva (Características gerais):</b> <i>a erosão possui forma coalescente apresentando e eixos secundários bastante avançados a direta com cabeceira mais larga que a parte de jusante (fig.). O eixo central é o mais estável e os eixos secundários bastante instáveis demonstrando abatimentos sucessivos, em planos de falhas (slickensides). Os taludes possuem forte inclinação em todo o trecho da erosão.</i>	
<b>Previsões de evolução:</b> <i>Existem muitos sulcos a montante dos eixos devido ao escoamento superficial concentrado em área de lavoura com vegetação de baixa cobertura rasteira e sistema radicular em tufo o que facilita a formação de canais de escoamento concentrado em direção ao eixos laterais da voçoroca contribuindo para a ocorrência de movimentos de massa localizados do tipo abatimentos sucessivos e/ou desabamentos de taludes. Também a montante, a lateral esquerda da cabeceira principal recebe escoamento canalizado da estrada do lado direito e do lado esquerdo. Tais mecanismos conferem instabilidade à referida erosão que tende a evoluir remontantemente, e aumentando sua extensão e lateralmente, devido a futuras junções de seus eixos menores.</i>	
VI. Principais impactos	
<i>A deflagração dessa incisão erosiva desencadeou os seguintes impactos:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perda de solo local com redução de área de pastagem;</li> <li>- Perda de área útil a montante pelo realocamento da estrada.</li> <li>- Riscos de acidentes por quedas de animais e veículos.</li> </ul>	
VII. Medidas Preventivas e de contenção implantadas:	
<i>Foi abandonado a área para cultivo e introduzido plantas do tipo Bachiaria a montante do eixos instáveis, isolamento com fio elétrico atualmente ambas medidas encontram-se sem manutenção.</i>	
VIII Medidas preventivas e de contenção sugeridas:	

Como medida preventiva do processo erosivo sugere-se a adequação do uso do solo local à sua capacidade de suporte evitando o desencadeamento de impactos ambientais dessa natureza, enquanto que as alternativas de contenção definitiva visam estabilizar a ocorrência erosiva através de práticas vegetacionais (plantas nativas e exóticas) até implantação de obras de engenharia e bioengenharia mais complexas.

Dentre as inúmeras possibilidades de intervenções para estabilizar a erosão, sugerem as listadas a seguir:

a) Isolamento completo da área em um raio igual ou superior a 10 metros das bordas da erosão, para impedir o trânsito de animais (bovinos e equinos) e favorecer o repovoamento espontâneo em torno da erosão;

b) Implantar curvas de nível e vegetação de cobertura rasteira nativas típicas da região na área de contribuição laterais para reduzir a velocidade do escoamento superficial que atinge os eixos laterais mais instáveis;

c) a montante na cabeceira reordenar o escoamento pluvial com maior número de escoadouros devidamente planejamentos e vegetados, adoção de curvas de nível nas lavouras situadas a montante além da estrada, evitando o desmoronamento dos taludes a erosão.

#### **IX. Identificação da ficha**

Referências: Sr. Wegner

Equipe: *Juliana Dummer (mestranda);  
Dr. Roberto Verdum (orientador)*

Localização: 30°40'31.66"S  
51°58'28.42"O 51°58'28.42"  
Altitude: 236m

Data:  
20/06/2014

## ANEXO II: Ficha de cadastro da erosão linear de numero 2 (mapa 2).

FICHA DE CADASTRO DA EROSÃO		
I. Identificação e localização da erosão		Estado: RS Município: Chuvisca
<b>Descrição:</b> Voçoroca Tietz		<b>Localização:</b> Prop. Sr. Nilton Tietz
<b>Acesso:</b> Estr. Serro dos Coqueiros,		
II. Dados regionais		
<b>Bacia Hidrográfica:</b> Bacia Hidrográfica do Arroio Duro		<b>Geomorfologia:</b> Compartimento de Cristas
<b>Geologia:</b> Complexo Pinheiro Machado composta de granodioritos cinza esbranquiçados, granodioritos cinzentos porfiríticos e veios de granodioritos rosados medindo 30 cm espessura.		<b>Pedologia:</b> (PVA2), composta por Argissolos associados com Neossolos.
<b>Vegetação Original:</b>		
III. Dimensões da erosão		
Comprimento: 140m		
IV. Características da área de contribuição		
<b>Uso e ocupação da área de contribuição:</b> via de circulação não pavimentada, lavoura de tabaco abandonada há 20 anos, atualmente capoeirão.		
<b>Causas, condicionantes e atenuantes:</b> <i>Um antigo morador da região informou que essa erosão existe a pelo menos 30 anos. Segundo o morador, após a área ocupada atualmente pela erosão, trata-se de parte de um lavoura abandonada a cerca de 20 anos a qual chegou a um estágio intenso de degradação e foi abandonada e parte de uma estrada. Como a erosão continua avançando principalmente sobre a estrada. Há necessidade de corrigir seu traçado, tomando áreas produtivas também do mesmo proprietário. Na área acima do capoeirão identificou-se uma mata secundária com maior quantidade de serapilheira. Esta área dá indícios de como seria a mata original existente tanto na lavoura abandonada (área sob capoeirão) como na voçoroca que possivelmente foi suprimida quando da ocupação para fins agrícolas. A gênese da erosão estaria associada não só ao uso inadequado do solo na produção agrícola, mas principalmente ao aporte da água da chuva proveniente da estrada que está concentrado em um único ponto a montante da incisão erosiva. Tanto as terras situadas a Sul como a Norte (limite da estrada) são dos mesmos proprietários, que perdem área utilizável ao plantio, de um lado pelo avanço da erosão, e de outro, pelo avanço da estrada. A erosão já atingiu o lençol freático portanto, trata-se de uma voçoroca que apresenta paredes ao sul com maior estabilidade possivelmente relacionada à presença de vegetação na área acima, pertencente a parte da lavoura abandonada com cobertura vegetal composta principalmente por espécies pioneira.</i>		
V. Características da erosão linear		
<b>Dinâmica Erosiva (Características gerais):</b> voçoroca desenvolve-se por um único eixo, com abatimentos na lateral direita (de menos estabilidade) limite com a rodovia devido a concentração dos escoamento por vala. Os taludes possuem forte inclinação em todo o trecho da erosão, sendo que os taludes da esquerda apresentam maior estabilidade relacionada a vegetação arbórea que passou a desenvolver após o abandono da lavoura a cerca de 20 anos.		
<b>Previsões de evolução:</b> Devido presença canaletas para escoamento pluvial na cabeceira e lateral direita da erosão, prevê-se que a erosão avance sobre rodovia lateralmente e em profundidade até o nível de base do curso d'água a jusante da mesma.		
VI. Principais impactos		
<i>Seu impacto está relacionado ao avanço sobre a estrada de acesso à localidade, bem como perda de área agrícola produtiva, assoreamento de drenagens e aos riscos de segurança a população que vive no seu entorno uma vez que já ocorreram casos de acidentes com veículos e animais no local.</i>		
VII. Medidas Preventivas e de contenção implantadas:		
<i>Não há medidas preventivas ou de contenção implantadas.</i>		
VIII Medidas preventivas e de contenção sugeridas:		
<i>Isolar a área e retirar o fluxo de água da chuva de dentro da voçoroca, fracionando-o pela instalação de um maior número de desaguadouros devidamente planejados ao longo da estrada; Em período seco, suavizar os taludes das voçorocas com auxílio de maquinário, minimizando os riscos de desmoronamento pela verticalização das paredes; Instalar barreiras de contenção no interior da voçoroca, com material disponível na propriedade rural (varas de bambu ou estacas de eucalipto) amarrados com fio rami ou cipó. Colocar drenos de materiais biodegradáveis como bidim ou estopa nas barreiras de contenção.</i>		
IX. Identificação da ficha		
Referências: Sr. Nilton Tietz		
Equipe: Juliana Dummer (mestranda); Dr. Roberto Verdum (orientador)		Data: 18/11/2012
Localização: 30°41'21.59"S 51°58'41.15"O Altitude: 226m		



### ANEXO III: Ficha de cadastro da erosão linear de numero 6 (mapa 2).

<b>FICHA DE CADASTRO DA EROSÃO</b>	
<b>I. Identificação e localização da erosão</b> Estado: RS Município: Chuvisca	
<b>Descrição:</b> Ravina Lavoura Sr. Josino	<b>Localização:</b> São Brás Médio, Prop. Do Sr. Josino
<b>Acesso:</b> Estrada Vino Peter	
<b>II. Dados regionais</b>	
<b>Bacia Hidrográfica:</b> Bacia Hidrográfica do Arroio Duro	<b>Geomorfologia:</b> Compartimento de Colinas
<b>Geologia:</b> Complexo Pinheiro Machado composta de granodioritos cinza esbranquiçados, granodioritos cinzentos porfíricos e veios de granodioritos rosados medindo 30 cm espessura.	<b>Pedologia:</b> (PVA2), composta por Argissolos associados com Neossolos.
<b>Vegetação Original:</b>	
<b>III. Dimensões da erosão</b>	
Comprimento: 85 m	
<b>IV. Características da área de contribuição</b>	
<b>Uso e ocupação da área de contribuição:</b> Lavouras a montante e jusante em área de mata nativa (APP) suprimida.	
<b>Causas, condicionantes e atenuantes:</b> O proprietário, Sr. Josino, informou que a propriedade serviu ao cultivo de cana de açúcar entre as décadas de 30 e 40 em sistema bastante rudimentar com tração animal e prática de queimada. Por volta de 1962 com a chegada das empresas fumageiras na região algumas lavouras de cana foram abandonadas para o cultivo de tabaco, até que na década de 80 a propriedade foi ocupada somente com a produção de tabaco perdurando até dos dias atuais. A origem do ravina segundo o Sr. Josino remonta a década de 70 quando havia um pequeno sulco, lavrado todos os anos e reaberto a cada em eventos chuvoso intenso. Segundo o Sr. Josino em um dado ano após a construção de curvas de nível no local um evento chuvoso extremo rompeu a curva de nível abrindo um sulco maior. Nesse período a área de contribuição da erosão era ocupada com tabaco cultivado em sistema convencional com molchões. O proprietário teve de abandonar a área devido o aprofundamento da erosão, sendo que atualmente do lado esquerdo a área tornou-se campo no qual o proprietário mantém animais e pisoteiam nas bordas da ravina contribuindo para o seu avanço. Na lateral direita da erosão o proprietário segue com o plantio de tabaco em sistema convencional sem curvas de nível direcionando o escoamento superficial da lavoura para do interior da ravina. Trata-se de uma encosta íngreme como solo degradado, textura arenosa indicando a exposição do horizonte saprolítico. Em síntese, as características do meio físico local são indicadores da fragilidade da área quanto ao desenvolvimento de erosões lineares na forma de sulcos, que associadas ao tipo de uso e ocupação do solo historicamente degradante deflagraram o surgimento da referida ravina que pode evoluir ao estágio de uma voçoroca.	
<b>V. Características da erosão linear</b>	
<b>Dinâmica Erosiva (Características gerais):</b> A erosão que ainda não atingiu o lençol freático, trata-se de uma ravina formada por um único eixo principal que recebe escoamento concentrando em diversos pontos vindos da lavoura a montante e lateral direita. Possui maior estabilidade na cabeceira devido a manutenção de vegetação e na lateral esquerda mantida em pouso e isolada com cerca. Os taludes possuem forte inclinação em toda a extensão da ravina em encosta íngreme. A presença de vegetação pioneira por toda a ravina não dificultou a comprovação dos mecanismos erosivos como a existência pipings principalmente, contudo a evolução da erosão se da lateralmente(lado esquerdo) e remontantemente pelo abatimento lento e contínuo dos taludes devido ao escoamento pluvial concentrado da lavoura.	
<b>Previsões de evolução:</b> O escoamento superficial concentrado da lavoura que se estende até a margem da ravina, confere instabilidade da referida erosão que tende a evoluir lateralmente menores.	
<b>VI. Principais impactos</b>	
A deflagração dessa incisão erosiva desencadeou os seguintes impactos: - Perda de solo local com redução de área de cultivo; - Assoreamento do córrego situado a jusante; -Riscos de acidentes por quedas de animais e também de maquinário visto a grande proximidade com a lavoura.	
<b>VII. Medidas Preventivas e de contenção implantadas:</b>	
Isolamento da lateral esquerda da ravina, evitando a aproximação de animais.	
<b>VIII Medidas preventivas e de contenção sugeridas:</b>	
Como medida preventiva do processo erosivo sugere-se a adequação do uso do solo local à sua capacidade de suporte evitando o desencadeamento de impactos ambientais dessa natureza, enquanto	

que as alternativas de contenção definitiva visam estabilizar a ocorrência erosiva através do isolamento da área e de práticas vegetacionais (plantas nativas e exóticas) até implantação de obras de engenharia e bioengenharia mais complexas. Dentre as inúmeras possibilidades de intervenções para estabilizar a erosão, sugerem as listadas a seguir: a) Isolamento da área em um raio igual ou superior a 10 metros considerando esta uma medida mínima para segurança e favorecimento do repovoamento espontâneo em torno da erosão; b) Reordenar o escoamento da lavoura com as instalação de maior número de desaguadouros devidamente planejados e vegetados em locais mais resistentes a erosão bem como a adoção de práticas de manejo do solo visando a redução do escoamento superficial como plantio direto com curvas e nível e parcelamento do solo; c) Revegetar a cabeceira da ravina com espécies nativas típicas da região para reduzir a velocidade do escoamento superficial.

**X. Identificação da ficha**

Referências: Sr. Josino de Ávila

Equipe: Juliana Dummer (mestranda)  
Roberto Verdum (orientador)

Localização: 30°44'20.03"S  
51°58'37.98"O  
Altitude: 180m

Data: 20/07/2014

**ANEXO IV: Ficha de cadastro da erosão linear de numero 15 (mapa 2).**

<b>FICHA DE CADASTRO DA EROSIÃO</b>		
<b>I. Identificação e localização da erosão</b>		Estado: RS Município: Chuvisca
<b>Descrição:</b> Voçoroca divisa rincão	<b>Localização:</b> Prop. Vilson Wegner	
<b>Acesso:</b> Estrada do Rincão		
<b>II. Dados regionais</b>		
<b>Bacia Hidrográfica:</b> Bacia Hidrográfica do Arroio Sutil	<b>Geomorfologia:</b> Compartimento de Colinas.	
<b>Geologia:</b> Complexo Pinheiro Machado composta de granodioritos cinza esbranquiçados, granodioritos cinzentos porfíricos e veios de granodioritos rosados medindo 30 cm espessura.	<b>Pedologia:</b> (PVA2), composta por Argissolos associados com Neossolos.	
<b>Vegetação Original:</b> Floresta típica de APP.		
<b>III. Dimensões da erosão</b>		
<i>Comprimento: 118 m</i>		
<b>IV. Características da área de contribuição</b>		
<b>Uso e ocupação da área de contribuição:</b> A montante, mata de eucalipto, nas laterais lavoura, atualmente em desuso com vegetação pioneira.		
<b>Causas, condicionantes e atenuantes:</b> A forma convexo divergente das encostas proporciona uma grande volume de escoamento pluvial em um único ponto côncavo convergente entre as duas encostas (talvegue) com fragilidades geológicas devido a exposição da camada saprolítica com baixa estabilidade e sustentação. Este escoamento é acentuado devido à presença de rodovias não pavimentadas a montante com canais de escoamento direcionados a incisão erosiva		
<b>V. Características da erosão linear</b>		
<b>Dinâmica Erosiva (Características gerais):</b> a erosão que já atingiu o lençol freático, apresenta 3 eixos de desenvolvimento na cabeceira (fig. 2). O eixo central gerado pela concentração do escoamento da encosta a montante e da canaleta superior da estrada em um cano de concreto. A o eixo secundário direito avança pela concentração de todo o escoamento da encosta neste ponto assim como o acontece no eixo direito. A concentração de escoamento devido a amplitude da bacia de contribuição drenado em um ponto do terreno com camada de solo saprolítico exposto.		
<b>Previsões de evolução:</b> O fato de o solo nas laterais não estar sendo revolvido, e da vegetação natural no interior da voçoroca estar bastante desenvolvida indica que o risco de evolução esta localizado essencialmente na cabeceira limite com a estrada. A frequente manutenção da estrada proporciona certo controle do processo erosivo, contudo a concentração de três canais de desague na erosão em casos extremos de chuva pode gerar erosão remontante severa aumentando sua extensão e lateralmente, devido a futuras junções de seus eixos menores.		
<b>VI. Principais impactos</b>		
A deflagração dessa incisão erosiva desencadeou os seguintes impactos: - Perda de solo local com redução de mata nativa (APP) e área agrícola (lavouras) - Assoreamento do córrego a jusante. - Riscos de acidentes por quedas de animais e veículos visto a proximidade da incisão erosiva da via de circulação sobretudo linha de transporte escola.		
<b>VII. Medidas Preventivas e de contenção implantadas:</b>		
Não a medida preventiva e de contenção instalada a não ser a seguida manutenção da estrada que no entanto é feita com vistas estabilizar o processo erosivo.		
<b>VIII Medidas preventivas e de contenção sugeridas:</b>		
Retirar a canalização pluviométrica da voçoroca, instalar um maior número de desaguadouro devidamente planejamentos e vegetados evitando volume excessivo de água em um único ponto do relevo.		
<b>X. Identificação da ficha</b>		
Referências: Sr. Ivo Wegner		
Equipe: Juliana Dummer (mestranda); Dr. Roberto Verdum (orientador)	Localização: 30°45'47.39"S 52° 0'58.26"O Altitude: 152m	Data: 20/06/2014

## ANEXO V: Ficha de cadastro da erosão linear de numero 32 (mapa 2).

FICHA DE CADASTRO DA EROÇÃO		
I. Identificação e localização da erosão	Estado: RS	Município: Chuvisca
<b>Descrição:</b> <i>Erosão linear Campo APP</i>	<b>Localização:</b> Prop. Do Sr. Ingo Peter	
<b>Acesso:</b> <i>Estrada Costa do Pinheiro</i>		
II. Dados regionais		
<b>Bacia Hidrográfica:</b> <i>Bacia Hidrográfica do Arroio Sutil</i>		<b>Geomorfologia:</b> <i>Compartimento de Cristas</i>
<b>Geologia:</b> <i>Complexo Pinheiro Machado composta de granodioritos cinza esbranquiçados, granodioritos cinzentos porfiríticos e veios de granodioritos rosados medindo 30 cm espessura.</i>		<b>Pedologia:</b> <i>(PVA2), composta por Argissolos associados com Neossolos.</i>
<b>Vegetação Original:</b> <i>Floresta estacional Semidecidual</i>		
III. Dimensões da erosão		
Comprimento aproximado: 250 m		
IV. Características da área de contribuição		
<b>Uso e ocupação da área de contribuição:</b> <i>Lavoura de milho e solo exposto, estrada interrompida por diversos sulcos erosivos a montante e APP (Jusante da encosta).</i>		
<b>Causas, condicionantes e atenuantes:</b> <i>O atual morador (proprietário a mais de 10 anos), informou que quando adquiriu a propriedade já havia o processo erosivo. Segundo o mesmo, a pelo menos 4 anos a erosão aumentou principalmente por um eixo secundário lateral avança em direção a construções da propriedade. A mesma erosão visitada há 4 anos indicava maior estabilidade que atualmente, da indícios de que ao longo da história este uso do solo poderia esta alterando o escoamento hídrico e acelerando o escoamento em direção ao canal principal, provocando sua verticalização. Em 2010 a montante da área não era totalmente cultivava, atualmente é cercada por lavouras de milho e áreas que eram de campo agora estão com solo exposto para plantação. Outro agravante se dá pela estrada abandonada para o tráfego de veículos leves, com grande números de sulcos erosivos formamos pelo escoamento concentrado desde a via principal disposta transversalmente a esta. A inexistência de desaguadouros concentra escoamento em uma encosta de aproximadamente de 200 metros. Tal situação confirmou-se devido ao grande incharcamento do solo em um raio de 10 metros da erosão mesmo após 4 dias de término da chuva. Por se tratar de uma área de uso agrícola intenso, mesmo que parte da bacia estar coberta com mata, além do uso agrícola, teriam mais duas hipótese para a causa, condicionantes da erosão já que há um rebaixamento do nível de base. Uma estaria relacionada ao maior aporte de água no sistema, o que por sua vez seria o responsável pela aceleração dos processo de escoamento concentrado, e assim a verticalização da rede de drenagem. Outra hipótese estaria relacionada a influência da uma neotectônica que poderia estar soerguendo lentamente o Escudo, ativando os lineamentos e acelerando o entalhamento dos canis pelo aumento de energia potencial e incisão pela água.</i>		
V. Características da erosão linear		
<b>Dinâmica Erosiva (Características gerais):</b> <i>A erosão possui canais bastante verticalizados, apresentando um 2 eixos com cabeceira em processo de alargamento e erosão remontante. O eixo central é o mais estável, já o eixo secundário em desenvolvimento, demonstra abatimentos sucessivos. Os taludes possuem forte inclinação nos trechos médio e superior da ravina.</i>		
<b>Previsões de evolução:</b> <i>Existem muitos abatimentos nas paredes do eixo secundário, devido ao escoamento superficial concentrado que proporcionada alta saturação do solo no entorno da ravina. Tais mecanismos conferem instabilidade à referida erosão que tende a evoluir remontantemente, aumentando sua extensão e lateralmente, devido a futuras junções de seus eixos menores.</i>		
VI. Principais impactos		
<i>A deflagração dessa incisão erosiva desencadeia atualmente os seguintes impactos:</i>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perda de solo local com redução de área de campo;</li> <li>- Assoreamento do córrego situado a jusante;</li> <li>- Riscos de acidentes por quedas de animais (segundo os proprietários já ocorreu acidentes com animais no local);- comprometimento das construções da propriedade devido o avanço da ravina sobre as mesmas.</li> </ul>		
VII. Medidas Preventivas e de contenção implantadas:		
<i>Não há medidas preventivas e/ou de contensão implantadas.</i>		
VIII Medidas preventivas e de contenção sugeridas:		
<i>Como medida preventiva do processo erosivo sugere-se a adequação do uso do solo local à sua capacidade de suporte evitando, com manejo adequado utilizando curvas de nível e cordão vegetado. Sugere-se de imediato o isolamento do local e o reordenamento da água pluvial concentrada pelas estradas a montante.</i>		
X. Identificação da ficha		
Referências: Sr. Ingo e Nelda Peter.		
Equipe: <i>Juliana Dummer (mestranda)</i> <i>Roberto Verdum (orientador)</i>	Localização: 30°47'54.86"S 52° 0'18.98"O Altitude: 168	Data: 20/07/2014

## ANEXO VI: Ficha de cadastro da erosão linear de numero 21 (mapa 2).

FICHA DE CADASTRO DA EROSÃO		
I. Identificação e localização da erosão		Estado: <i>RS</i> Município: <i>Chувиска</i>
<b>Descrição:</b> <i>Voçoroca campo Taurino</i>		<b>Localização:</b> <i>Propriedade do sr. Taurino</i>
<b>Acesso:</b> <i>Estrada da Costa do Sutil próximo ao Mercado Kruschiel</i>		
II. Dados regionais		
<b>Bacia Hidrográfica:</b> <i>Arroio Sutil</i>		<b>Geomorfologia:</b> <i>Relevo de Colinas</i>
<b>Geologia:</b> <i>Complexo Pinheiro Machado composta de granodioritos cinza esbranquiçados, granodioritos cinzentos porfíricos e veios de granodioritos rosados medindo 30 cm espessura.</i>		<b>Pedologia:</b> <i>(PVA2), composta por Argissolos associados com Neossolos.</i>
<b>Vegetação Original:</b> <i>Desmatada para implantação de lavouras, pastagem e pecuária.</i>		
III. Dimensões da erosão		
Comprimento aproximado: <i>120m</i>		
IV. Características da área de contribuição		
<b>Uso e ocupação da área de contribuição:</b> <i>pequena estação de tratamento de efluentes de um indústria de água mineral e via publica não pavimentada (montante da erosão) e Mata nativa (jusante)</i>		
<b>Causas, condicionantes e atenuantes:</b> <i>O atual proprietário (há 28 anos) informou que em 1986 o local era campo e possuía uma pequena valeta de aproximadamente 1m de largura por 1m de profundidade. Foi então quando colocou alguns calções de pedra para conter a erosão. Em 1989 o proprietário transformou a área de campo em uma lavoura de milho sem o uso de curvas de nível o que pode ter contribuído para aumentar o processo erosivo. Atualmente a área é de campo, sendo este utilizado para pecuária e para uma estação de tratamento de efluentes de uma indústria de água mineral (do mesmo proprietário) do outro lado da estrada a montante da erosão. Índícios da vegetação, e das paredes a montante da voçoroca com solo saturado, levam a crer o efluente tratado é despejado no campo. Tal fato explicaria o avanço do processo erosivo na cabeceira superior com solapamento do talude. O proprietário da área na intenção de conter a erosão, disse ter feito canais próximo ao taludes laterais da erosão. Nesta erosão o lençol freático já foi atingido tratando-se, portanto o de uma voçoroca desenvolvida em Argissolos com horizonte B textural, o que por sua vez é um obstáculo a infiltração superficial. Incisão erosiva está desconectada da rede de drenagem natural, no entanto a estrada a montante e a forma côncava convergente do relevo proporciona alta concentração de escoamento pluvial. Em síntese, as características do meio físico local são indicadoras da fragilidade da área quanto ao desenvolvimento da erosão linear de grande porte, que associada ao tipo de uso e ocupação do solo deflagraram o surgimento da referida voçoroca. Tudo indica que a falta de ordenamento de fluxo superficial natural em eventos chuvosos e artificial pelo despejo de efluentes associado ao pisoteio de animais na borda da voçoroca são atualmente os agentes de aceleração do processo de erosivo.</i>		
V. Características da erosão linear		
<b>Dinâmica Erosiva (Características gerais):</b> <i>A voçoroca desenvolve-se em um eixo principal que possui paredes bastante verticalizadas, com abatimentos laterais, mas principalmente na cabeceira.</i>		
<b>Previsões de evolução:</b> <i>A voçoroca evolui em um processo de alargamento e erosão remontante em direção a rodovia.</i>		
VI. Principais impactos		
<i>Perda de área útil; Acidente com pessoas e animais.</i>		
VII. Medidas Preventivas e de contenção implantadas:		
<i>Plantio aleatório e bambus sem monitoramento e manutenção.</i>		
VIII Medidas preventivas e de contenção sugeridas:		
<i>Isolamento da área; Reordenamento do escoamento pluvial e dos efluentes da estação de tratamento situada a montante; Suavização dos taludes e plantio de vegetação de cobertura rasteira. Instalação de barreias de contenção a jusante.</i>		
X. Identificação da ficha		
Referências: <i>Sr. Taurinho</i>		
Equipe: <i>Juliana Dummer (mestranda) Roberto Verdum (orientador)</i>		Localização: <i>30°48'31.29"S 52° 4'16.37"O Altitude: 172m</i> Data: <i>18/04/2014</i>