

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - MESTRADO



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES MORFOHIDROGRÁFICAS VINCULADAS À
CONSTRUÇÃO DO RESERVATÓRIO E DA DINÂMICA DE COBERTURA E USO
DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CHASQUEIRO – RS.

TAMARA FELIPIM

Pelotas, 2014

TAMARA FELIPIM

ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES MORFOHIDROGRÁFICAS VINCULADAS À
CONSTRUÇÃO DO RESERVATÓRIO E DA DINÂMICA DE COBERTURA E USO
DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CHASQUEIRO – RS.

Dissertação de Mestrado apresentado ao
Programa de Pós Graduação em Geografia
– Mestrado como requisito parcial para a
obtenção do título de Mestre em Geografia

Orientador: Dr. Adriano Luís Heck Simon

Pelotas, Novembro, 2014

Banca Examinadora

Prof. Dr. Adriano Luís Heck Simon (Orientador)

Instituto de Ciências Humanas (ICH) - Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Prof. Dr. Maurício Meurer

Instituto de Ciências Humanas (ICH) - Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Profa. Dra. Simone Emiko Sato

Instituto de Ciências Humanas da Informação (ICHI) - Fundação Universidade do Rio Grande (FURG).

Profa. Dra Rosangela Lurdes Spironello (Suplente)

Instituto de Ciências Humanas (ICH) - Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Dedico esse trabalho à minha Família, que sempre me apoiou em todas as minhas decisões.

.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, meu refúgio, amigo certo das horas incertas.

Aos meus pais Erli e Beatriz, que não se contentaram em apenas me dar a vida, mas também carinho, amor e apoio incondicional em todos os momentos de vida. Amo vocês!

A minha irmã Taivana... suas palavras sempre foram bálsamo pra mim, mesmo a distância, sempre por perto. Amo você!

A professora Rosa Lucas (*in memoriam*) por não ter medido esforços para que pudesse entrar no Mestrado.

Ao professor Adriano Simon: mais que um professor e orientador um amigo! Agradeço sua dedicação, paciência e compreensão. Foi um desafio e tanto!

Aos professores e ao programa de Pós Graduação em Geografia – Mestrado.

Ao técnico de laboratório Allan de Oliveira, pelos inúmeros auxílios sobre os programas de ArcGis.

Aos amigos Clarissa de Miranda, Mariana Casalinho, Carlos Vinicius Pinto e Andersson Peter, sempre presentes nessa caminhada, apoiando, incentivando e dando força. Obrigado por tudo!

Aos meus colegas da Geografia, em especial a Bruna Mendes da Rosa pelo auxílio na elaboração dos mapas, ao Fábio de Castilhos pelo auxílio em campo e ao Maurício Von Ahn, pela parceria de laboratório e sempre disposto a ajudar.

Enfim, agradeço a CAPES pela concessão da bolsa e a toda a UFPel por ter me proporcionado a oportunidade de fazer uma pós-graduação.

*Seria mais fácil fazer como todo mundo faz
O caminho mais curto, produto que rende mais*

*Mas nós vibramos em outra frequência
Sabemos que não é bem assim
Se fosse fácil achar o caminho das pedras
Tantas pedras no caminho não seria ruim*

Engenheiros do Hawaí

RESUMO

FELIPIM, Tamara. **Análise das alterações morfohidrográficas vinculadas construção do reservatório e da dinâmica de cobertura e uso da terra da Bacia Hidrográfica do Arroio Chasqueiro – RS.** 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A ação antrópica em bacias hidrográficas é responsável pela imposição de mecanismos de controle diretos e indiretos sobre a morfohidrografia. A Bacia do Arroio Chasqueiro, localizada no município de Arroio Grande, Estado do Rio Grande do Sul, teve sua rede de drenagem interceptada a partir da construção de um reservatório para captação de água. Aliada à construção do reservatório, ocorreu uma reconfiguração espacial atrelada à intensa dinâmica de Cobertura e Uso da Terra. Neste sentido as pesquisas vinculadas à Antropogeomorfologia ganham destaque na medida em que possibilitam explicar as características das mudanças morfohidrográficas pelas quais uma bacia hidrográfica passa em decorrência da ação antrópica, pois entende-se que o Homem é o agente geomorfológico capaz de organizar e construir novas formas do relevo, bem como alterar processos em escala de tempo histórica. Partindo destas considerações iniciais, esta pesquisa teve como objetivo geral identificar e analisar as alterações morfohidrográficas na bacia do Arroio Chasqueiro, decorrentes do barramento imposto ao sistema fluvial e da dinâmica de Cobertura e Uso das Terras. Para atender ao objetivo proposto foram analisados dois cenários distintos: 1947 (mais próximo das condições de morfologia original) e 2010 (sob condições de morfologia antropogênica). Mapas Geomorfológicos e de Cobertura e Uso da Terra destes dois cenários foram elaborados a fim de compreender as alterações ocorridas na bacia. Posteriormente foram analisadas as densidades de rios e de drenagem, tanto no contexto geral da bacia, como em amostras circulares dispostas em áreas com concentração de nascentes ou marginais ao reservatório. Constatou-se um aumento dos segmentos de canais fluviais localizados em compartimentos de fundo de vale com seção transversal em “V”, e uma redução dos segmentos de canais fluviais localizados em compartimentos de fundo de vale com seção transversal plana e dos canais pluviais. As áreas alagadas pelo reservatório Chasqueiro contribuíram para a diminuição dos canais fluviais localizados em compartimentos de fundo de vale plano. Houve uma redução nas densidades de rios e de drenagem de um cenário para outro, tanto no contexto geral da bacia como na maior parte das amostras circulares analisadas nos diferentes setores na bacia sob distintas condições de Cobertura e Uso das Terras. Destaca-se o aumento das Culturas Temporárias e da Silvicultura, que contribuiu para a diminuição das áreas de Campos Limpos e Sujos, com consequentes alterações morfohidrográficas e considera-se positivo o aumento das coberturas Florestais, sobretudo nas áreas de nascentes. Verificou-se que as mudanças na morfohidrografia da bacia do Arroio Chasqueiro estão atreladas a dois fatores principais: (1) nas cabeceiras de drenagem e média bacia as mudanças encontram-se ligadas mais diretamente à dinâmica de Cobertura e Uso da Terra, e (2) já em

locais marginais ao reservatório, localizados na baixa bacia, as alterações morfohidrográficas estão ligadas mais diretamente ao próprio reservatório. Por fim considera-se que a análise temporal da rede de drenagem enquanto geoindicador de mudanças ambientais antropogênicas demonstrou resultados satisfatórios, devendo ser utilizada em estudos que consideram alterações ambientais desencadeadas na escala de tempo humana.

Palavras-Chave: Análise Ambiental, Antropogeomorfologia, Cartografia Geomorfológica, Rede de Drenagem, Ação Antrópica.

ABSTRACT

FELIPIM, Tamara. **Analysis of morphohydrographic changes bound to the construction of reservoir and the land cover and land use dynamics the Arroio Chasqueiro watershed – RS.** 2014. 108 f. Dissertation (Master's) – Post Graduation Program in Geography. Federal University of Pelotas, Pelotas.

The anthropic action in watersheds is responsible for the imposition of direct and indirect control mechanisms on the morphohydrography. The Chasqueiro watershed, located in the town of Arroio Grande, in the State of Rio Grande do Sul, had its drainage network intercepted after the construction of a reservoir for water catchment. Besides the construction of the reservoir there was a spatial reconfiguration coupled with the intense land use and land cover dynamic. In this sense, the researches linked to Anthropogeomorphology are highlighted as they enable the explanation of the characteristics of morphohydrographic changes by which a watershed undergoes due to the anthropic action, as it is understood that the man is the geomorphological agent who is able to organize and construct new landforms, as well as change the processes in historical time scale. Based on these initial considerations, this research had as its general purpose identifying and analyzing the morphohydrographic changes in the Chasqueiro watershed, resulting from the river backplane imposed to the river system and the land cover and land use dynamics. In order to fulfill the proposed purpose, two distinct scenarios were analyzed: 1947 (closer to the original morphology conditions) and 2010 (under anthropogenic morphology conditions). Geomorphological and land use/cover Maps of these two scenarios were elaborated in order to enable the understanding of the changes which occurred in the watershed. Later the river and drainage densities were analyzed, both in the basin general context, as well as in circular samples disposed in areas with a concentration of springs or marginal to the reservoir. An increase in the segment of river channels located in valley bottom compartments with “V” transversal section was noticed as well as a decrease of river channels segments located in valley bottom compartments with flat transversal section and of the pluvial channels. The areas flooded by the Chasqueiro reservoir contributed for the reduction of river channels located in flat valley bottom compartments. There was a decrease in river and drainage densities from one scenario to the other, both in the basin general context as well as in most of the circular samples analyzed in the different sectors in the basin under distinct conditions of land cover and land use. We highlight the increase of Temporary Cultures and the Silviculture, which contributed for the decrease of the areas of Clean and Dirty Fields, with consequent morphohydrographic changes with a positive consideration on the increase of forest cover, mainly in the spring areas. It has been noticed that the changes in the morphohydrography of the Chasqueiro watershed are linked to two main factors: (1) in the drainage headwaters and in the medium basin the changes are seen as more directly connected to the the land cover and land use dynamics, and (2) in the

reservoir marginal places, located in the low basin, the morphohydrographic changes are more directly linked to the reservoir itself. Finally, it is considered that the drainage network temporal analysis as a geindicator of anthropogenic environmental changes presented positive results, and it should be used in studies which consider environmental changes triggered in the human time scale.

Key words: Environmental Analysis, Anthropogeomorphology, , Geomorphological Mapping, Drainage Network. Anthropic Action.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo	04
Figura 2: Lista dos 27 geoindicadores propostos por Berger (1996)	14
Figura 3 Definições dos geoindicadores de “Estado-Pressão-Resposta”:	15
Figura 4: Estrutura Geológica e Geomorfológica da Bacia do Arroio Chasqueiro.. .	18
Figura 5: Zonas Morfopedológicas, Geomorfológicas e Unidades de Solos.	21
Figura 6: Mapa Geomorfológico adaptado do Projeto RADAMBRASIL (1986) e Mapa dos Solos adaptado de Cunha et al. (1996)	22
Figura 7: Anaglifos dispostos e georreferenciados, em amarelo o limite da bacia	37
Figura 8: Imagem PRISM com a delimitação da bacia.....	39
Figura 9: Organização da legenda de cobertura e uso da Terra.	40
Figura 10: Mapa com a distribuição dos setores e amostras circulares pertencentes a cada setor.	53
Figura 11 :Conjunto da amostra 1 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	55
Figura 12: Conjunto da amostra 2 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra	56
Figura 13: Conjunto da amostra 3 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	57
Figura 14 :Conjunto da amostra 4 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	58
Figura 15: Em primeiríssimo plano, Campos Limpos, logo após, sua evolução para Campos Sujos e ao fundo Áreas Florestais com alguns afloramentos rochosos.	59
Figura 16: Conjunto da amostra 5 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	59
Figura 17: Conjunto da amostra 6 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	60
Figura 18: Conjunto da amostra 7 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	61
Figura 19: Conjunto da amostra 8 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	62
Figura 20: Conjunto da amostra 9 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	63
Figura 21: Conjunto da amostra 10 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	64
Figura 22 Conjunto da amostra 11 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	65
Figura 23: Conjunto da amostra 12 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	66
Figura 24: Conjunto da amostra 13 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	67

Figura 25: Afloramentos rochosos com a presença de Áreas Florestais no Setor 1 da Bacia	69
Figura 26: Conjunto da amostra 14 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	70
Figura 27: Conjunto da amostra 15 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	71
Figura 28: Conjunto da amostra 16 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	72
Figura 29: Conjunto da amostra 17 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	73
Figura 30: Conjunto da amostra 18 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	74
Figura 31: Conjunto da amostra 19 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	75
Figura 32: Conjunto da amostra 20 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	76
Figura 33: Conjunto da amostra 21 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	77
Figura 34: Conjunto da amostra 22 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	78
Figura 35: Conjunto da amostra 23 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	79
Figura 36: Conjunto da amostra 24 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	81
Figura 37: Conjunto da amostra 25 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	82
Figura 38: Canal fluvial com retomada erosiva, indicando uma reativação fluvial. ..	83
Figura 39: Conjunto da amostra 26 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	84
Figura 40: Conjunto da amostra 27 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	85
Figura 41: Conjunto da amostra 28 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	86
Figura 42: Conjunto da amostra 29 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	87
Figura 43: Conjunto da amostra 30 com dados de Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra.....	88
Figura 44: Uma das margens do reservatório, sem Área de Preservação Permanente e práticas inadequadas de manejo do solo.....	89

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Médias anuais de temperatura e precipitação no Município de Pelotas entre os anos de 1971 a 2000.....	25
Gráfico 2: Médias mensais de temperatura e precipitação no Município de Pelotas entre os anos de 1971 a 2000.....	26
Gráfico 3: áreas das coberturas e usos da terra na bacia do Arroio Chasqueiro nos anos de 1947 e 2010.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Ocorrência de feições verificadas a partir dos mapeamentos geomorfológicos de 1947 e 2010.	46
Tabela 2: Densidade de Rios e Densidade de Drenagem da bacia do Arroio Chasqueiro nos anos de 1947 e 2010.	48

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Base cartográfica da Alta e Média Bacia do Arroio Chasqueiro – RS....	104
ANEXO 2: Mapa Geomorfológico da Alta e Média Bacia do Arroio Chasqueiro – RS (1947).....	105
ANEXO 3: Mapa Geomorfológico da Alta e Média Bacia do Arroio Chasqueiro – RS (2010).....	106
ANEXO 4: Mapa de Cobertura e Uso da Terra da Alta e Média Bacia do Arroio Chasqueiro – RS (1947).....	107
ANEXO 5: Mapa de Cobertura e Uso da Terra da Alta e Média Bacia do Arroio Chasqueiro – RS 2010.....	108

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
3. CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ALTA E MÉDIA BACIA DO ARROIO CHASQUEIRO (RS).....	18
4. METODOLOGIA E OPERACIONALIZAÇÃO.....	30
4.1 Revisão de Literaturas.....	30
4.2 Técnicas cartográficas	31
4.2.1 Elaboração do mapa base.	31
4.3 Organização do Sistema de Legenda dos Mapas Geomorfológicos dos anos de 1947 e 2010.....	31
4.3.1 Elaboração do mapa geomorfológico de 1947	35
4.3.2 Elaboração do mapa geomorfológico de 2010	38
4.4 Mapeamentos de Cobertura e Uso da Terra	39
4.4.1 Organização da Legenda dos Mapas de Cobertura e Uso da Terra dos anos de 1947 e 2010.	39
4.4.2 Mapa de Cobertura e Uso da Terra de 1947	40
4.4.3 Mapa de Cobertura e Uso da Terra do ano de 2010.	40
4.5 Densidade de Rios e Densidade de Drenagem.....	41
4.6 Análise temporal com base em amostras circulares.....	42
4.7 Trabalhos de Campo.....	42
5. ANÁLISE DE RESULTADOS	44
5.1 Caracterização Geomorfológica da Bacia do Arroio Chasquerio.....	45
5.2 Análise da dinâmica de Cobertura e Uso da Terra.....	49
5.3. Análise das amostras circulares na bacia do Arroio Chasqueiro.	52
5.3.1 Setor das Nascentes.....	54
5.3.2. Setor de Transição.....	69
5.3.3. Setor Marginal ao Reservatório:	80
5.4 Algumas medidas de proteção ambientais para a bacia.....	90
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXOS	103

1.INTRODUÇÃO

A Geografia é a ciência dedicada a estudar a relação do Homem com a natureza, buscando entender como essas relações se processam no tempo e no espaço. O mundo atual passa por uma série de transformações, e o Homem, em busca de abrigo e conforto vem se apropriado cada vez mais dos elementos do sistema físico-ambiental, muitas vezes de forma agressiva, o que obriga um redesenho forçado da paisagem natural.

De acordo com CHRISTOFOLETTI (1999), uma das formas de investigar a dinâmica do meio ambiente que se tem mostrado mais eficiente é aquela cujo embasamento teórico é a abordagem sistêmica, aplicada às bacias hidrográficas. Assim podemos compreender a evolução antrópica sobre o meio natural das bacias hidrográficas que se processa de duas formas distintas: a partir de intervenções diretas, quando elas incidem diretamente sobre os canais, e intervenções indiretas, quando as atividades antrópicas no entorno dos canais são capazes de modificá-los Park (1981) e Knighton (1984) (apud GUERRA & CUNHA 2001).

Salienta-se que antes de qualquer interferência antrópica, as bacias hidrográficas são sistemas naturais em certo estado de equilíbrio, ou seja, os rios estão em equilíbrio com seus fluxos, onde há um balanço entre a carga e a descarga líquida, transporte de sedimentos, erosão e deposição, onde o rio mantém um certo estado de equilíbrio dinâmico da nascente a foz, logo, quando são submetidas à ação antrópica direta e indireta há uma grande alteração nesse sistema, obrigando ele a buscar um novo de equilíbrio dinâmico.

Quando o sistema hidrográfico é submetido a um barramento, ele tem uma brusca mudança em seu nível de base, havendo um predomínio de deposição de

sedimentos. Todo o rio a montante desse barramento, precisa atingir um novo perfil de equilíbrio, rearranjando seus canais fluviais diante das alterações desencadeadas.

O nível de base de um rio é o ponto-limite abaixo do qual a erosão das águas correntes não pode trabalhar, constituindo o ponto mais baixo a que o rio pode chegar, sem prejudicar o escoamento de suas águas.

Quando um sistema é submetido a um barramento, a montante deste, o nível de base local é levantado, alterando a forma do canal e a capacidade de transporte sólido, quando ocorre o assoreamento na desembocadura e no fundo do vale principal e afluentes. Os impactos registrados no local não se limitam às áreas próximas do reservatório e a faixa de inundação, estendendo-se gradualmente para montante, ao longo dos perfis dos rios. Geram o aumento no fornecimento de sedimentos para o reservatório, modificando muitas vezes, o seu tempo útil e alterando a biota fluvial (Lousã, 1986). Na área próxima ao reservatório ocorrem significativas mudanças advindas do controle artificial das descargas líquidas de sedimentos, tais como: o entalhe do leito, a erosão das margens e a deposição a jusante, que atinge longas distâncias

Para PEREZ FILHO *et al.* (2001): “As formas variadas, rápidas e agressivas como o homem tem interferido na dinâmica natural da Terra fornecem elementos para alguns pesquisadores defenderem a ideia de, no presente, estarmos na vigência de uma situação de ocorrência de processos geomorfológicos com gênese antrópica”.

De acordo com Pereira (2013), a Antropogeomorfologia é o estudo do ambiente que resulta da presença e da intervenção antrópica (RODRIGUES, apud SANTOS FILHO, 2011) no meio natural; tratando-se do estudo no tempo e no espaço (NIR; GOUDIE, apud SANTOS FILHO, 2011), das mudanças no ambiente físico provocadas por ações antrópicas, considerando em sua análise três elementos morfológicos básicos: formas, materiais e processos da superfície terrestre. (HART, 1986; SANTOS FILHO, 2011).

Dessa forma admite-se que o homem é um agente geomorfológico. Assim, fica claro que as relações entre homem e o relevo não se dão somente na construção de uma nova morfologia. A atividade humana implica, de forma geral, na alteração de taxas, intensidades, magnitudes, frequências e limiares dos processos

geomorfológicos, além de retirar e remobilizar grande quantidade de material (PEREIRA, 2013).

Deve-se levar em consideração que além das mudanças geomorfológicas que o homem pode desencadear numa bacia hidrográfica, ele ainda pode interferir de forma decisiva na dinâmica de Cobertura e Uso da Terra, com técnicas cada vez mais modernas para o cultivo delas, sobretudo a partir da retirada da cobertura vegetal, a partir da qual é desencadeada a dinamização dos processos erosivos. Essas ações devem ter atenção especial, pois com a evolução temporal dos diferentes usos da terra, pode acarretar na gênese ou dinamização de processos geomorfológicos mais severos, e ainda impactar o ambiente físico trazendo consequências diretas à seu agente modelador (PINTON, 2007)

Ainda a fim de melhor compreender a interferência antrópica sobre os sistemas físicos ambientais, lança-se mão dos geoindicadores, que são “medidas de magnitudes, frequências, taxas, tendências de processos ou fenômenos geológicos que se estendem por um período máximo de até 100 anos” (Coltrinari, 2001 p. 306).

A rede de drenagem pode ser considerada como importante geoindicador em bacias hidrográficas (COLTRINARI, 2001), pois as mudanças que ocorrem ao longo de tempo em função da atuação antrópica direta e indireta tem reflexos nas condições espaciais dos canais fluviais, podendo ser mensuradas qualitativamente e quantitativamente.

De acordo com estas considerações iniciais, a presente pesquisa teve como **Objetivo Geral** identificar e analisar as alterações morfohidrográficas na bacia do Arroio Chasqueiro, decorrentes do barramento imposto ao sistema fluvial e da dinâmica de ocupação e uso das terras. Esta análise abrange dois cenários distintos: 1947 (mais próximo das condições de morfologia original) e 2010 (sob condições de morfologia antropogênica).

Na figura 1, visualiza-se o mapa de localização da área de estudo.

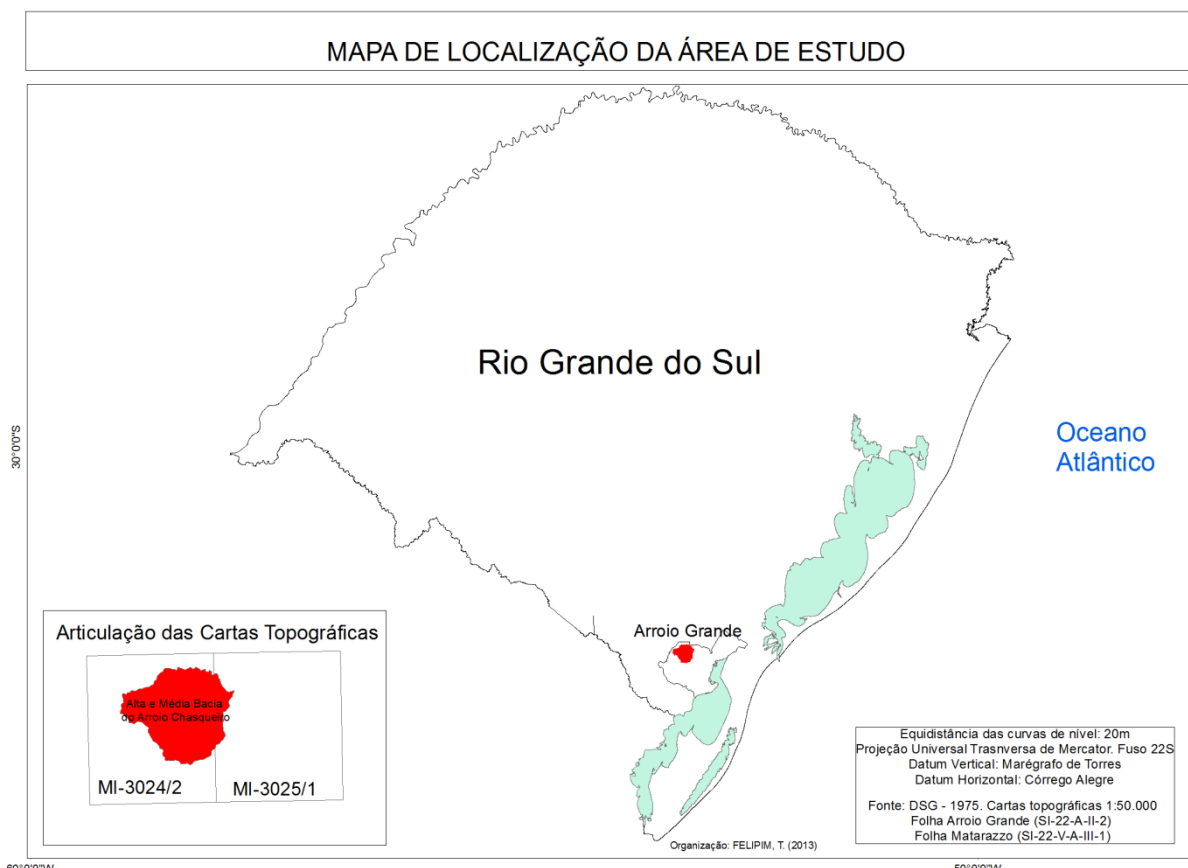


Figura 1: Mapa de localização da área

A partir do objetivo geral, foram propostos os seguintes **Objetivos Específicos:**

- (1) Identificar as principais formas do relevo da área, com ênfase às feições que expressam maior dinâmica erosiva e deposicional, a partir de mapeamentos geomorfológicos dos anos de 1947 e 2010;
- (2) Avaliar a Densidade de Rios (D_r) e a Densidade de Drenagem (D_d) da bacia do Arroio Chasqueiro em dois cenários distintos (1947 e 2010);
- (3) Obter dados sobre a cobertura e o uso da terra nos cenários de 1947 e 2010, a fim de analisar a interferência do processo de ocupação na alteração da configuração espacial dos canais de drenagem da bacia do Arroio Chasqueiro.

Diante dos objetivos elaborados foram consideradas as seguintes Hipóteses:

1. O barramento do sistema fluvial da bacia do Arroio Chasqueiro desencadeou mudanças nos índices de densidade de rios e de drenagem;

2. A interceptação do sistema de drenagem da bacia do Arroio Chasqueiro foi responsável pela reorganização dos perfis transversais dos canais fluviais, com ampliação dos segmentos localizados em compartimento com fundo de vale plano, indicando aumento no processo de sedimentação;
3. A reorganização da rede de drenagem em função do barramento imposto desencadeou a evolução de feições do relevo que indicam maior dinâmica erosiva e deposicional;
4. A rede de drenagem será um indicador geoambiental para a bacia do Arroio Chasqueiro na análise das alterações desencadeadas pela ação antrópica dentro da escala de tempo histórica;;
5. A dinâmica de uso da terra na bacia do Arroio Chasqueiro teve papel coadjuvante na alteração espacial dos canais fluviais, sendo que o barramento realizado interferiu de forma mais decisiva na reorganização do sistema de drenagem da área.

A organização da presente dissertação de mestrado está estruturada em 6 capítulos:

No 1º capítulo, faz-se uma introdução da proposta de estudo;

No 2º capítulo apresenta-se a fundamentação teórica que embasou a pesquisa, descrevendo o método adotado bem como os principais conceitos norteadores;

No 3º capítulo apresenta-se a caracterização geográfica da Alta e Média Bacia do Arroio Chasqueiro;

No 4º capítulo estão detalhados os procedimentos metodológicos utilizados para atender aos objetivos propostos, compreendendo as técnicas de gabinete, as técnicas cartográficas e as técnicas de campo.;

No 5º capítulo apresenta-se a análise dos resultados, com caracterização geomorfológica e de Cobertura e Uso da Terra da bacia, as análises de densidade de rios e de drenagem, as análises por amostras, e ainda algumas medidas de proteção ambiental que podem ser adotadas para a bacia em questão;

Por fim, no **6º capítulo**, são apresentadas as considerações finais acerca da pesquisa realizada.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Moletta, (2005) o homem em busca de abrigo, conforto e qualidade de vida passou a explorar os bens naturais. Essa exploração dos elementos do sistema físico-ambiental se deu de forma a atender as necessidades do sistema socioeconômico (CASSETI, 1991). Com o desenvolvimento científico aliado ao desenvolvimento de novas tecnologias e à industrialização, houve uma apropriação desses bens em larga escala. Logo, a ação antrópica sobre os sistemas físico-ambientais é alvo de estudos de diferentes ramificações do conhecimento científico.

A inter-relação entre os sistemas físico-ambientais e socioeconômicos dá origem às Organizações Espaciais, que são reconhecidas como o objeto de estudo da Geografia (CHRISTOFOLETTI, 1978, 1983, 1986-1987, 1990, 1999; ABLER, 1971; CHORLEY; KENNEDY; 1971, CHORLEY, 1971; GREGORY, 1992).

Na Geografia, as investigações são orientadas para a análise espacial das organizações derivadas da relação do sistema socioeconômico com os elementos do sistema físico-ambiental, assumindo um caráter integrador com intuito de diagnosticar a magnitude e as características das intervenções antrópicas sobre os elementos naturais.

A partir deste aporte teórico-metodológico coloca-se em pauta a interferência do sistema socioeconômico sobre o sistema físico-ambiental, provocando alterações – por meio de entradas excessivas ou mínimas de energia e matéria e/ou perturbações na dinâmica do sistema físico-ambiental – que condicionam as situações de controle e desequilíbrio ambiental.

Para elucidar essa integração entre os sistemas físico-ambiental e socioeconômico, a orientação metodológica da pesquisa vincula-se a Teoria Geral dos Sistemas aplicada à Geografia, mais especificamente à Geomorfologia.

De acordo com Barros, (2012), o conceito de sistema é a chave para entender muito do que é produzido na Geografia atualmente, sobretudo na Geografia Física, pois ele permite que entendamos que o todo é mais complexo que a soma das partes, logo essa abordagem pode auxiliar na compreensão da complexidade das relações entre os elementos naturais e das relações entre sociedade e natureza.

O início da temática dos sistemas na ciência moderna apresenta uma grande contribuição a partir da década de 1950, quando tem-se o surgimento da Teoria Geral dos Sistemas, proposta por Ludwig Von Bertalanffy (VALE, 2004). Pode-se dizer que a ideia geral dessa teoria é de que os fenômenos naturais devem ser organizados como sistemas abertos, que se baseiam na troca de matéria e energia, buscando assim entender a natureza através da inter-relação entre seus elementos (CHRISTOFOLETTI, 1990).

Essa teoria busca acabar com a particularização dos estudos científicos e propor uma abordagem holística dos fenômenos naturais. Além disso, outro ponto fundamental dessa abordagem é a de que os sistemas funcionam a partir de um equilíbrio dinâmico, que uma vez tendo sua resistência e capacidade de resiliência rompido com o novo aporte de matéria e energia, tende a buscar uma nova situação de equilíbrio (CHRISTOFOLETTI, 1990).

De acordo com Limberger (2006), a teoria sistêmica foi introduzida na Geomorfologia por Strahler, em 1950, onde o autor trabalhou com sistemas de drenagem, considerando-os como sistemas abertos. Após Strahler figuraram também Culling (1957), Hack (1960), Chorley (1962), Howard (1965), Chorley e Kennedy (1971), estes com maior contribuição.

Chorley; Kennedy (1971) apresentam uma classificação onde são distinguidos onze tipos de sistemas; porém, quatro deles, conforme destaca Christofolletti (1999), são mais relevantes para o campo de atuação da Geografia Física e dos estudos ambientais em geral. São eles: os sistemas morfológicos, os sistemas em sequencia ou encadeantes, os sistemas de processo-resposta e os sistemas controlados, que, de acordo com suas funcionalidades podem ser concebidos sob a ótica dos sistemas abertos (onde a entrada de matéria e energia é constante no tempo e no espaço).

De acordo com TRICART (1977, p.19),

[...] o conceito de sistema é o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente. Ele permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade da análise – que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação – e a necessidade contrária, de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente. Ainda mais, o conceito de sistema é, por natureza, dinâmico, e por isso adequado a fornecer os conhecimentos básicos para uma atuação – o que não é o caso de um inventário, por natureza estático.

O enfoque da pesquisa está voltado para os sistemas abertos controlados, que de acordo Chorley; Kennedy (1971) e Christofletti (1999), “são aqueles que apresentam atuação do homem sobre os sistemas de processo resposta. A complexidade é aumentada pela intervenção humana”.

Esses sistemas possuem a particularidade de conter *chaves* ou *válvulas* sobre as quais o homem pode intervir para produzir modificações na distribuição de matéria e energia. Estas *válvulas* ocupam pontos estratégicos dentro dos sistemas, sendo capazes de desencadear mudanças funcionais nos atributos dos sub-sistemas, demonstrando assim seu caráter de importância (SIMON, 2010).

Dentre as várias formas de entender como as relações de entrada e saída de energia se processam, podemos citar como exemplo uma Bacia Hidrográfica, que é entendida por Rodrigues (2006) como:

[...] o conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. A noção de bacia hidrográfica inclui naturalmente a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores d'água, curso d'água principal, afluente, subafluente, etc. Em todas as bacias hidrográficas deve existir uma hierarquização na rede hídrica e a água se escoar normalmente dos pontos mais altos para os mais baixos. O conceito de bacia hidrográfica deve incluir também a noção de dinamismo, por causa das modificações que ocorrem nas linhas divisórias de água sob o efeito dos agentes erosivos, alargando ou diminuindo a área da bacia. (RODRIGUES, 2006)

A noção de bacia hidrografia é de fundamental importância para a análise geográfica, de acordo com Silva; Botelho (2012),

“cresceu enormemente o valor da bacia hidrográfica como unidade de análise e planejamento ambientais. Nela é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico” (SILVA; BOTELHO, 2012, p.155).

De acordo com Santos (2004), o critério de bacia de hidrográfica como unidade de análise geográfica é amplamente utilizado porque constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, composto por terras topograficamente drenadas

por um curso de água e seus afluentes, onde as interações físicas podem ser facilmente interpretadas:

Esta unidade territorial pode ser entendida como uma caixa preta, onde os fenômenos e interações podem ser interpretados *a priori* pelo *input* e *output*. Nesse sentido, são tratadas como unidades geográficas, onde os recursos naturais se integram. Além de constituir uma unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização (SANTOS, 2004, p.40)

Nesse sentido, facilita o entendimento da adoção de bacias hidrográficas como unidades de análise e planejamento ambiental, pois “não há área de terra, por menor que seja, que não integre uma bacia hidrográfica” (SANTOS, 2004, p. 40).

Destaca-se ainda que a visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade natural de análise, pois a partir dela podemos analisar a evolução da ação antrópica sobre o meio natural. Essa interferência se processa sob dois aspectos, que são ressaltados por Park (1981) e Knighton (1984) (apud Guerra; Cunha 2001):

Modificações ocorridas diretamente no canal fluvial para controlar as vazões ou para alterar a forma do canal imposta pelas obras de engenharia, visando a estabilizar as margens, atenuar os efeitos de enchentes, retificar o canal e extrair cascalhos [...] o outro grupo relaciona-se às mudanças fluviais indiretas que resultam das atividades humanas, realizadas fora da área dos canais, mas que modificam o comportamento de descarga e da carga sólida (GUERRA & CUNHA, 2001, p.238).

Como se observa há interferências antrópicas diretas e indiretas nas bacias hidrográficas. Antes de qualquer interferência, as bacias são sistemas naturais em certo estado de equilíbrio, ou seja, há um balanço entre a carga e a descarga líquida, transporte de sedimentos, erosão e deposição, onde o rio mantém certa uniformidade da nascente a foz. Quando são submetidas à ação antrópica, ocorrem alterações de diferentes magnitudes nesse sistema, obrigando ele a buscar um novo perfil de equilíbrio.

Quando o sistema é submetido a um barramento, ele tem uma brusca mudança em seu nível de base, ou seja, na linha altimétrica em que um rio não consegue erodir mais, havendo um predomínio de deposição de sedimentos. Quando há essa alteração no nível de base, todo o rio a montante desse barramento precisa atingir um novo perfil de equilíbrio, rearranjando seus canais fluviais diante das alterações desencadeadas.

Antes do barramento, o nível de base desse sistema é natural, mais próximo de sua morfologia original, que segundo Rodrigues (2005) é:

[...] a que não sofreu intervenção direta nas formas originais, ou seja, os sistemas geomorfológicos podem ter sido objeto de interferências importantes do ponto de vista dos processos, como no caso da ação do desmatamento, mas não sofreram remanejamentos diretos significativos de material como aqueles que ocorrem em áreas com aragem, pastagem intensiva e uso de trator (superfícies agrícolas) ou cortes, aterros e substituição por materiais tecnogênicos (superfícies urbanas) (p.104).

De acordo com Nir (1983), as análises antropogeomorfológicas devem contemplar períodos pré e pós-significativa intervenção antrópica, destacando a necessidade de um cenário base, que de acordo com Rodrigues (2005) podemos chamar de morfologia original, para a avaliação das derivações antrópicas sobre a morfohidrografia.

Esse período pós-intervenção antrópica pode ser compreendido como de organização da morfologia antropogênica, onde os atributos do sistema já foram alterados significativamente e o sistema precisa atingir um novo equilíbrio dinâmico.

Para conseguir dimensionar esses dois conceitos – morfologia original e antropogênica – lança-se mão da cartografia geomorfológica, que Ferreira (2003) descreve como “uma importante ferramenta nos estudos ambientais e no planejamento físico-territorial, gerando subsídios para o entendimento dos ambientes naturais”.

A cartografia geomorfológica não permite apenas o entendimento dos ambientes naturais, ela vai além, com mapeamentos de cenários recentes, ela pode auxiliar na compreensão dos aspectos antrópicos envolvidos na alteração dos sistemas naturais.

É por isso que Ross (2005) afirma que:

Os mapas geomorfológicos, ao contrário dos demais mapas temáticos, apresentam um grau de complexidade maior. Essa complexidade decorre da dificuldade de se apreender e representar uma realidade relativamente abstrata – as formas do relevo - sua dinâmica e gênese. (ROSS, 2005, p. 51)

Aliando a técnica, a arte e a ciência exigidas na cartografia, reúne-se a isso, elementos geomorfológicos para dar vida às formas do relevo, sejam elas naturais ou antrópicas. Logo, pode-se afirmar que o trabalho de Cartografia Geomorfológica deve ser apoiado em critérios de representação gráfica bem definidos, a fim de otimizar a leitura e facilitar a interpretação dos fenômenos geomorfológicos (SOUZA, 2006).

Em mapeamentos geomorfológicos de cenários recentes, pode-se notar que todas as transformações realizadas pela ação humana resultam na

descaracterização das formas e consequente desequilíbrio dos processos geomórficos existentes, bem como na produção de morfologias artificiais (antropogênicas). Tais feições demonstram a situação do homem enquanto agente geomorfológico que atua na dinamização dos processos morfohidrográficos. A análise da evolução e interferência da ação antrópica sobre a morfogênese e morfodinâmica insere-se nos preceitos da Antropogeomorfologia, tendo sido abordada por autores como Nir (1983), Rodrigues (1997, 2001, 2004, 2005), Peloggia (2005), Perez Filho et al. (2001) e Simon (2007, 2010).

A Antropogeomorfologia estuda as interferências antrópicas sobre o relevo, assim, o homem é o agente geomorfológico. Por isso, torna-se cada vez mais necessário entender a sociedade como agente geomorfológico, que por meio do emprego de suas técnicas é capaz de transformar a paisagem em diferentes escalas. As ações sociais realizadas neste sentido podem ser denominadas de tecnogênicas, partindo desde a utilização dos primeiros instrumentos técnicos até a utilização de equipamentos capazes de modificar potencialmente as paisagens naturais (LISBÔA, 2004).

Um destes instrumentos técnicos é a ocupação e uso das terras, que se dá a partir de alterações na cobertura vegetal original através da prática de atividades agropastoris tecnizadas e também pela expansão urbano-industrial.

Com a ação antrópica no meio físico, a partir da retirada da cobertura vegetal, ocorre uma dinamização dos processos erosivos e de sedimentação. Essas ações devem ter atenção especial, pois com a evolução temporal dos diferentes usos da terra, podem acarretar na gênese ou dinamização de processos geomorfológicos mais severos, e ainda impactar o ambiente físico trazendo consequências diretas à seu agente modelador (PINTON, 2007).

Em relação à dinâmica de cobertura e uso da terra, Lambim et. al (2003), ponderam que:

a mudança do uso da terra é sempre causada pela múltipla interação de fatores originados de diferentes níveis de organização mantenedores dos sistemas homem-ambiente. A mistura de forças motrizes das mudanças do uso da terra varia no tempo e no espaço, de acordo com as condições específicas da relação homem-ambiente (LAMBIM et.al, 2003, p. 217).

Os autores citados ainda avaliam que mudanças do uso da terra podem ser tão intensas que “quando são globalmente agregadas, afetam significativamente aspectos chave do funcionamento do sistema da Terra” (LAMBIN et. al, 2003).

Neste sentido, as informações sobre a dinâmica do uso da terra ganham grande relevância, pois, permitem a obtenção de dados sobre “elementos-chaves para a identificação da gênese das intervenções em sistemas naturais que levaram à ocorrência de algumas situações impactantes ou potenciais” (SIMON et. al, 2006, p. 53).

Como nota-se o homem tem grande papel como agente dinamizador de processos geomorfológicos. Além de influenciar na dinâmica de uso da terra, ele pode influenciar em outros aspectos, como em canais fluviais com obras antrópicas, ou a partir da construção de reservatórios de água, por exemplo.

A influência antrópica sobre a morfohidrografia pode ocorrer de forma direta ou indireta (BROWN, 1971). O controle direto acontece de forma localizada, a partir da construção de reservatórios, da retificação ou canalização de cursos fluviais, das atividades de mineração, construção de estradas, pontes e dutos, da exploração de aquíferos e da irrigação das lavouras. Ação antrópica indireta sobre a morfohidrografia possui maior dimensão areal e encontra-se atrelada à dinâmica de ocupação e uso das terras, que expõe as formas do relevo à ação mais efetiva dos processos operantes (DREW, 1986; SIMON, 2007).

Os estudos do efeito da ação antrópica sobre o equilíbrio e funcionamento dos sistemas morfohidrográficos, por muito tempo estiveram em segundo plano nas pesquisas atreladas a geomorfologia (BROWN, 1971).

Segundo SIMON (2010), o reconhecimento de que as condições de controle direto e indireto impostas pelas atividades antrópicas poderiam conduzir a reorganização das formas e processos morfohidrográficos, possibilitou a ampliação de pesquisas geomorfológicas que consideram o Homem enquanto agente dinamizador dos processos morfohidrográficos, colocando em pauta a Antropogeomorfologia.

A fim de compreender a interferência antrópica sobre os sistemas físico-ambientais, lança-se mão dos geoindicadores, que de acordo com Coltrinari, (2001), são:

[...] medidas de magnitudes, frequências, taxas, tendências de processos ou fenômenos geológicos que se estendem por um período máximo de até 100 anos, tendo como cenário de abrangência a superfície terrestre, sujeitos a variações significativas para a compreensão das mudanças ambientais rápidas (COLTRINARI, 2001 p. 306)

O conceito de geoindicadores teve origem no trabalho de Berger (1996). O autor citado desenvolveu estudos baseados em mudanças ambientais ocorridas em tempo limitado na superfície terrestre. Berger elaborou uma lista com 27 geoindicadores principais, os quais podem ser aplicados em diferentes localidades e que promovem a avaliação das condições ambientais de tais localidades. A Figura 1 apresenta esses geoindicadores e o grau de influência natural e antrópica de cada um deles, bem como o geoindicador escolhido para trabalhar na pesquisa.

GEOINDICADOR	INFLUENCIA NATURAL	INFLUENCIA HUMANA
Química e padrões de crescimento dos corais	*	*
Crostras e fissuras na superfície do deserto	*	+
Formação e reativação de dunas	*	+
Magnitude, duração e frequência das tempestades de poeira	*	+
Atividade em solos congelados	*	+
Flutuações de geleiras	*	-
Qualidade da água subterrânea	+	*
Química da água subterrânea na zona não saturado	*	*
Nível da água subterrânea	+	*
Atividade Cárstica	*	+
Nível e salinidade dos lagos	*	*
Nível relativo do mar	*	+
Sequencia e composição de sedimentos	*	*
Sismicidade	*	+
Posição da linha de costa	*	*
Colapso das vertentes (escorregamentos)	*	*
Erosão de solo e sedimentos	*	*
Qualidade do solo	+	*
Fluxo fluvial	*	*
Morfologia dos canais fluviais	*	*
Acumulação e carga de sedimentos nos rios	*	*
Regime da temperatura em sub-superfície	*	+
Deslocamento da superfície	*	+
Qualidade da água superficial	*	*
Atividade vulcânica	*	-
Extensão, estrutura e hidrologia das áreas úmidas	*	*
Erosão eólica	*	+

Figura 2: Lista dos 27 geoindicadores propostos por Berger (1996). Fonte: Coltrinari (2001, p. 308)

*Muito influenciado por, ou muito útil para; + Pode ser influenciado por, ou serve para;

- Não é importante ou não tem utilidade. Em vermelho o geoindicador que foi utilizado nas análises da presente.

Os geoindicadores ambientais se destacam por serem investigadores de problemas que se referem aos recursos naturais, pois apontam diversos índices de degradação para locais diferentes em espaços de tempo limitados. São

considerados também, de acordo com Coltrinari (2001), instrumentos de pesquisa, conhecimento das condições ambientais e alterações ocorridas.

Segundo Rufino (2002), os geoindicadores devem ser interpretados de modo que se permitam conexões, inter-relações e efeitos entre os problemas apontados.

Dentre os modelos conceituais para nortear a seleção e aplicação de geoindicadores ambientais, o modelo “Pressão-Estado-Resposta”, criado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em 1993, é o mais utilizado mundialmente. É um modelo simples, de fácil aplicabilidade, sendo compatível em diferentes escalas e condições espaciais.

Na Figura 2, podemos observar como o modelo “Pressão-Estado-Resposta” funciona:

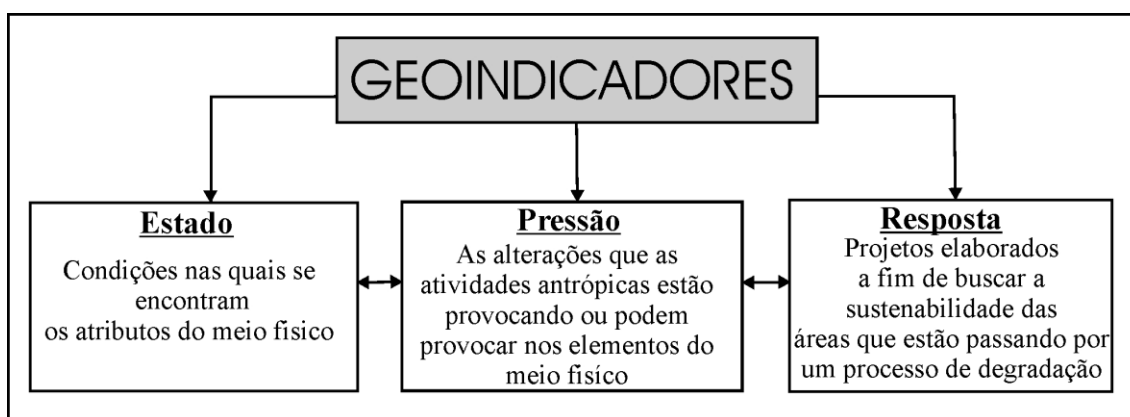


Figura 3: Definições dos geoindicadores de “Estado-Pressão-Resposta”

Fonte: Rufino (2002, p. 20)

Esse modelo fundamenta-se num tripé, onde o estado é a qualidade do recurso natural, onde as atividades humanas exercem uma pressão alterando esse estado que automaticamente gera uma resposta a essa pressão exercida.

De acordo com a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (1993), os indicadores são assim definidos:

1. Indicadores de estado, valores quantitativos referentes às características e o estado dos aspectos físicos do ambiente natural, assim como a qualidade e quantidade de seus recursos naturais. No caso da área de estudo, o estado “original” está representado pelos mapas geomorfológico e de cobertura e uso e da terra do ano de 1947, antes de sofrer intervenções antrópicas mais severas, e mais próximo das características de geomorfologia original.
2. Indicadores de pressão, valores quantitativos que representam pressões exercidas pelas atividades humanas sobre o meio, causando modificações no

estado e quantidade de recursos naturais. No caso da bacia do Arroio Chasqueiro, a pressão sofrida foi a imposição de um barramento para captar água, visando atender a demanda dos rizicultores à jusante, além das alterações ocorridas na dinâmica de uso da terra, resultantes, sobretudo, da reorganização de atividades agropastoris.

3. Indicadores de resposta são os indicadores que mostram as medidas da sociedade frente aos problemas ambientais, através de políticas adotadas como respostas. No caso da área de estudo a resposta frente a intervenção antrópica poderá ser visualizada nos mapas geomorfológico e de cobertura e uso de cobertura da terra do ano de 2010, ou seja, como esse sistema se reorganizou após o barramento e a dinâmica de Cobertura e Uso da Terra ocorrida ao longo de 63 anos, bem como podem ser analisadas propostas de mitigação se houveram danos severos ao sistema físico ambiental.

Para fazer uso desses geoindicadores, Berger (1996) propõem que eles devem responder a quatro questões básicas:

1. O que está acontecendo no ambiente? (condições e tendências).

No caso desta pesquisa, o barramento realizado no sistema hidrográfico, com consequente alteração no nível de base e transformações espaciais decorrentes da dinâmica de cobertura e uso da terra.

2. Por que está acontecendo? (causas, humanas e /ou naturais).

No que diz respeito a pesquisa, a crescente demanda de produção agrícola, fez com que um reservatório de água fosse construído para subsidiar a irrigação das lavouras de arroz. Além do mais, a dinâmica de uso da terra na área ocorreu em função da inserção de assentamentos rurais e também de práticas de silvicultura vinculadas à indústria de papel e celulose.

3. Por que é importante? (efeitos ecológicos, econômicos e na saúde).

Na área em estudo, sendo a produção orizícola a fonte de renda de muitos produtores, além de exportação e alimentação humana, o reservatório torna-se necessário para atender essa demanda, porém é preciso levar em consideração que estudos acerca do impacto causado pela construção desse reservatório devem ser realizados, a fim de poder quantificar essas mudanças bem como atitudes para que elas sejam amenizadas ou revertidas.

4. O que se pode fazer acerca disso? (implicações no planejamento e nas políticas).

Para a bacia do Arroio Chasqueiro, esse barramento traz consigo uma série de implicações, entre elas, o rearranjo forçado da morfohidrografia, podendo desencadear processos erosivos e deposicionais, que tendem a ser acentuados ainda pelo uso da terra. Logo, é necessário um planejamento para que essas mudanças sejam amenizadas ou revertidas.

Os geoindicadores ambientais são importantes parâmetros utilizados para medir problemas relacionados aos recursos que a natureza dispõe, eles funcionam como termômetro que avalia essas transformações (CANIL, 2006). Assim, a rede de drenagem pode ser considerada como importante geoindicador em bacias hidrográficas (COLTRINARI, 2001), pois as mudanças que ocorrem ao longo de tempo em função da atuação antrópica direta e indireta, tem reflexos nas condições espaciais dos canais fluviais, podendo ser mensuradas qualitativamente e quantitativamente, a fim de compreender a magnitude dos impactos desencadeados pelas atividades antrópicas.

O uso e aplicação dos geoindicadores ambientais são amplamente utilizados em pesquisas voltadas à áreas urbanas, Briguenti (2005), Canil (2006), Capellari (2011), Buzato (2012). Logo, este estudo pode ser considerado como pioneiro em áreas rurais ao considerar como geoindicador as mudanças na rede de drenagem, haja vista que as mesmas são desencadeadas e/ou aceleradas e/ou modificadas pela ação antrópica.

3. CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ALTA E MÉDIA BACIA DO ARROIO CHASQUEIRO (RS).

Para iniciar uma caracterização geográfica da área de estudo - Alta e Média Bacia do Arroio Chasqueiro (RS), faz-se necessário reportar às características geológicas que compõem a base estrutural da área de pesquisa, pois é através dessa estrutura que podemos compreender a gênese, a composição e os processos vinculados à geomorfologia, além dos demais fatores que atuam sobre essa estrutura, como clima, cobertura vegetal e processos intempéricos.

A caracterização geológica e geomorfológica da área lançou mão das informações bibliográficas e cartográficas do Projeto RADAMBRASIL (1986). Dados bibliográficos e cartográficos sobre as zonas morfopedológicas, zonas geomorfológicas e unidades de solos, foram obtidas de Cunha et al. (1996), em escala 1:50.000.

A Figura 3 mostra como está organizada a estrutura geológica e geomorfológica da área de estudo, de acordo com RADAMBRASIL (1986):

Província Geológica	Domínio Morfoestrutural	Região Geomorfológica	Unidade Geomorfológica
Mantiqueira	Embasamentos em Estilos Complexos	Planalto Sul-rio-grandense (Escudo Cristalino Sul-rio-grandense)	Planaltos Residuais Canguçu - Caçapava do Sul
			Planalto Rebaixado Marginal

Figura 4: Estrutura Geológica e Geomorfológica da Bacia do Arroio Chasqueiro. Fonte: Adaptado de RADAMBRASIL (1986), mapas em escala 1:750.000. Organizado por Tamara Felipim.

Segundo o RADAMBRASIL (1986), a Alta e Média Bacia do Arroio Chasqueiro está situada sobre a Província Geológica Mantiqueira. Entende-se por província geológica extensas regiões cujas porções constituintes se caracterizam por apresentarem história geológica similar ou aspectos estruturais, petrográficos ou fisiográficos semelhantes (RADAMBRASIL, 1986).

Segundo o RADAMBRASIL 1986, os aspectos tectônicos, no domínio da Província Mantiqueira, estão representados:

[...] por complexas estruturas dobradas linearmente e falhamentos de dimensões locais ou regionais, que expressam o comportamento dos pacotes rochosos durante a sucessão dos episódios geológicos onde a transposição de eventos geotectônicos e as sucessivas reativações dos padrões de fraturamento existentes edificaram o arcabouço de arquitetura complexa (RADAMBRASIL, 1986 p. 248).

Esta província é paralela à costa atlântica do sudeste e sul do Brasil, delineando uma faixa de direção NE – SW com mais de 3.000 Km de comprimento que se estende desde o paralelo 15° S até o Uruguai. Encontra-se bordejada, a leste, pela margem continental e pelas bacias costeiras do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas (BIZZI et al. 2003).

A Província Mantiqueira em sua porção sul abarca rochas sedimentares, ígneas e metamórficas (CARVALHO, 1932). Como podemos verificar na Figura 3 dentro dos limites da Província Geológica da Mantiqueira está situado o Domínio Morfoestrutural dos Embasamentos em Estilos Complexos, inseridos nestes, a Região Geomorfológica do Planalto Sul Rio-grandense, ou Escudo Cristalino Sul Rio-grandense e por fim, as duas Unidades Geomorfológicas imbricadas nesta região: Planaltos Residuais de Canguçu-Caçapava do Sul e Planalto Rebaixado Marginal (Figura 3).

O Domínio Morfoestrutural dos Embasamentos em Estilos Complexos corresponde à núcleos de rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino, altamente metamorfizadas, falhadas e dobradas (RADAMBRASIL, 1986). Neste domínio são encontradas duas regiões geomorfológicas: o Planalto Sul Rio-Grandense e as Serras do Leste Catarinense. A área de estudo, porém, encontra-se totalmente inserida na região geomorfológica do Planalto Sul Rio-grandense, que limita-se a norte com a Depressão Central Gaúcha, a leste com a Planície Costeira Interna e a sul adentra o território uruguaio (RADAMBRASIL, 1986).

Nessa região geomorfológica – Planalto Sul Rio-grandense – são registradas duas unidades geomorfológicas: os Planaltos Residuais de Canguçu-Caçapava do Sul e o Planalto Rebaixado Marginal (RADAMBRASIL, 1986).

A unidade Geomorfológica dos Planaltos Residuais de Canguçu – Caçapava do Sul possui relevo dissecado em forma de colinas, com áreas de topos planos ou incipientemente dissecados, com altitudes em torno de 400m. Já a unidade Geomorfológica do Planalto Rebaixado Marginal é uma superfície dissecada, com altitudes que variam entre 100 e 200m (RADAMBRASIL, 1986).

Além da classificação do RADAMBRASIL (1986), também foi utilizada a classificação das Zonas Geomorfológicas e de Unidades de Solos proposta por Cunha et al. (1996), que pode proporcionar uma melhor visualização e compreensão da associação entre formas do relevo e classes de solos, conforme o Figura 4.

Zona Morfopedológica	Zona Geomorfológica	Unidade de Solos	
Zona Alta	Terras Altas Rochosas	Neossolo Litólicos e Argissolos	
	Terras Altas não Rochosas	Argissolos e Neossolos Litólicos	
	Terras Altas não Rochosas Planas	Luvissolos e Neossolos Litólicos	
Zona Central	Colinas Interserranas	Argissolos e Chernossolos	
	Colinas Cristalinas	Luvissolo; Chernossolo Argilúvico Hidromórfico	
Zona das Lombadas	Lombadas	Hidromórfico-cinzento, Planossolos e Gleissolos.	
Zona das Planícies	Planície Alta Atacada	Planossolo e Planossolo Solódico	
Zona Inundável	Planície Baixa	Neossolos, Gleissolos e Plintossolos	

Figura 5: Zonas Morfopedológicas, Geomorfológicas e Unidades de Solos. O termo “Zona morfopedológica” foi criado para destacar as associações entre zonas geomorfológicas e unidades de solos caracterizados por Cunha et al.

Fonte: Adaptado de Cunha et al. (1996). Organizado por Tamara Felipim.

Para melhor elucidar as informações Figura 4, foi elaborada uma representação cartográfica onde se procurou especializar os dados de Cunha et al. (1996) e do RADAMBRASIL (1986) (Figura 2). Como podemos verificar na Figura 5, algumas análises sobre as localizações das Unidades de Solo dentro de cada Zona Geomorfológica podem ser realizadas.

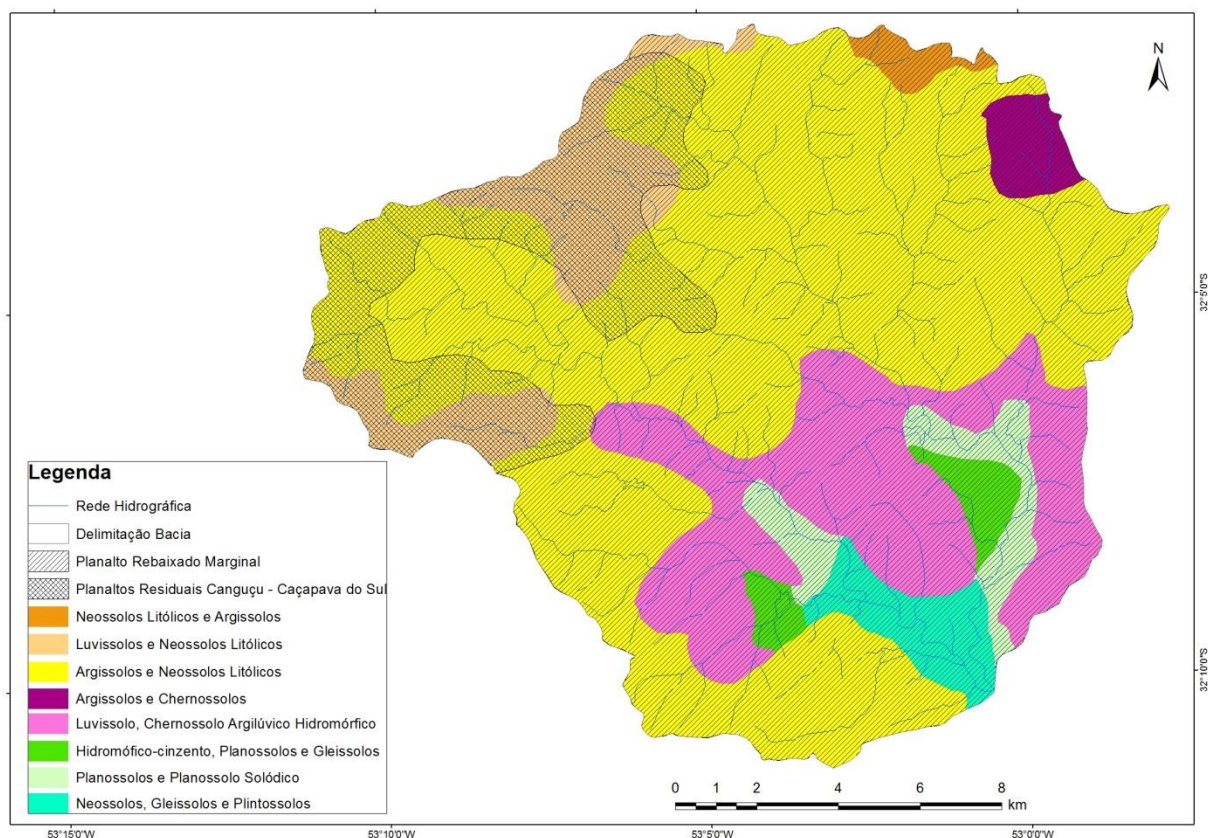


Figura 6: Mapa Geomorfológico adaptado do Projeto RADAMBRASIL (1986) e Mapa dos Solos adaptado de Cunha et al. (1996). Organizado por Tamara Felipim

A Zona Morfopedológica Alta, compreende as partes mais elevadas do relevo. O material de origem predominante dos solos advém das rochas cristalinas e metamórficas (CUNHA et al.1996). Para Sombroek (1969), a Zona Alta compreende as Zonas Geomorfológicas das Terras Altas Rochosas, Terras Altas não Rochosas e Terras Altas não Rochosas Planas (Figura 5).

A Zona Geomorfológica das Terras Altas Rochosas apresenta relevo fortemente ondulado e escarpado, com afloramentos rochosos e solos muito rasos, com algumas exceções onde os solos são menos rasos (CUNHA, et. al, 1996). A principal Unidade de Solo nesta zona é composta por Neossolos Litólicos e Argissolos, de origem granítica. Normalmente são solos rasos e de baixo teor de matéria orgânica. Essa unidade ocorre em apenas 2,55Km² da bacia, ou seja, apenas 1,03% da área total. A cobertura vegetal é de mata rala, porém com intensa vegetação de arbustos.

A Zona Geomorfológica das Terras Altas não Rochosas compreende superfícies com relevo ondulado a fortemente ondulado, e caracteriza-se pela ocorrência de solos muito rasos que apresentam pouca fertilidade. As terras são

utilizadas principalmente para Pastagens, e nas pequenas propriedades, normalmente a terra é utilizada com cultivos aráveis (CUNHA et al., 1996). Nesta Zona Geomorfológica encontram-se principalmente Argissolos e Neossolos Litólicos.

Esses solos são bem drenados e rasos, oriundos de xistos quartzíticos, migmatitos homogêneos e heterogêneos. Notam-se poucos afloramentos rochosos e na superfície do solo ocorrem cascalhos. A terra é usada, predominantemente, para pastoreio e pastagem. Arbustos são poucos sendo que as gramíneas perenes são duras, ásperas e cobrem todo o solo (CUNHA et. al, 1996). Essa unidade ocorre em 152,54 km², ou seja recobre 61,74% da área total da bacia, conforme a Figura 5.

Por fim, dentro da Zona Morfopedológica da Zona Alta, encontramos a Zona Geomorfológica das Terras Altas não Rochosas Planas, onde ocorrem altitudes mais elevadas e topos planos ou suavemente ondulados. A terra é usada com cultivos aráveis e a cobertura de pastos existente é de boa qualidade, com poucos arbustos. A Unidade de Solo presente nesta Zona Geomorfológica é composta por Luvisolos e Neossolos Litólicos sendo que essas unidades recobrem 20,5 Km² da área, ou seja, 8,3% da área total da bacia. São solos bem drenados com vegetação arbustiva resultante de um desmatamento intenso e progressivo (Figura 5).

Saindo da Zona Morfopedológica Alta, passamos para a Zona Morfopedológica Central, que, de acordo com Cunha et al. (1996), compreende áreas com relevo um pouco menos ondulado, onde ocorrem solos mais profundos e desenvolvidos oriundos de rochas cristalinas e metamórficas. A Zona Morfopedológica Alta encontra-se dividida em duas Zonas Geomorfológicas: Colinas Interserranas e Colinas Cristalinas (CUNHA, et. al. 1996).

De acordo com Cunha et al. (1996), as Colinas Interserranas possuem relevo ondulado, apresentam solos profundos ou razoavelmente profundos. Há poucos afloramentos rochosos. A terra é usada para Pastagens, com gramas de boa qualidade ou por cultivos anuais.

As Unidades de Solo presentes na Zona Geomorfológica das Colinas Interserranas são os Argissolos e Chernossolos, oriundos provavelmente de xistos e granitos. Essas unidades recobrem 4,55 Km² da área, ou seja 1,84% da área da bacia. São solos bem drenados, predominantemente profundos ou quase profundos, com pouca fertilidade natural. A vegetação predominante é composta por gramíneas densas e de baixa qualidade. Muitas partes são usadas, predominantemente, para culturas aráveis de grãos, como milho e trigo (CUNHA et al. 1996).

Ainda inserida na Zona Morfopedológica Central, encontra-se a Zona Geomorfológica das Colinas Cristalinas (Figura 5), onde o relevo varia de suavemente ondulado a ondulado e os solos são de bem a moderadamente drenados. Predominam solos profundos com ocorrência de poucos afloramentos rochosos e não há pedregosidade. Geralmente não ocorrem arbustos ou vegetação de florestas, mas há presença de cultivo de eucaliptos. As terras são utilizadas para pastagens e os cultivos aráveis são de importância significativa (CUNHA, et. al, 1996).

As Unidades de Solo predominantes na Zona Geomorfológica das Colinas Cristalinas são Luvisolos e Chernossolos Argilúvicos Hidromórficos, de origem granítica e de migmatitos homogêneos e heterogêneos, recobrando 44,51 km² da área, ou seja, 18% da área da bacia. Nesses solos há presença de culturas aráveis, que são usados principalmente para a pastagem. As gramíneas são densas e de qualidade regular. Bosques de eucaliptos são comuns (CUNHA et. al, 1996).

A jusante da Zona Morfopedológica Central, ocorrem as superfícies inseridas na Zona Morfopedológica das Lombadas (Cunha et al. 1996), que compreende as formações sedimentares mais antigas do Pleistoceno. Ocupa as partes mais altas da área sedimentar entre as coxilhas e as planícies, com solos de qualidade variável, desde bem drenados até mal drenados.

Inserida na Zona Morfopedológica das Lombadas, está a Zona Geomorfológica de Lombadas (CUNHA et al. 1996), que caracteriza-se por superfícies muito extensas, com inclinações vastas e suaves (Figura 5). Em geral o relevo é mais suave com topos planos e os solos são de moderados a imperfeitamente drenados. A terra é utilizada quase que exclusivamente para pastagens. A cobertura vegetal é densa, porém nota-se também a presença de gramíneas.

As Unidades de Solo presentes na Zona Geomorfológica das Lombadas são solos Hidromórfico-cinzento, Planossolos e Gleissolos, oriundos de rochas filitosas. Essa unidade corresponde a 5,21 Km² da área, ou seja 2,11% da área total da bacia. São solos de moderadamente a bem drenados e profundos. A terra é usada, preferencialmente para o pastoreio, mas as plantações de eucaliptos são ocasionais. Algumas partes da terra são usadas ainda para culturas, sendo que nas áreas mais planas há algum tipo de cultivo de arroz irrigado (CUNHA et. al. 1996).

A Zona Morfopedológica das Planícies (Figura 5), por sua vez, corresponde às terras planas não inundadas, com solos mal drenados, de qualidade variável, formadas por sedimentos do período Pleistocênico (CUNHA et. al, 1996).

Inserida na Zona Morfopedológica das Planícies, encontramos a Zona Geomorfológica da Planície Alta Atacada, que ocorre junto aos grandes arroios no seu baixo curso, não necessariamente se tratando de áreas inundáveis, porém suscetíveis às enchentes. Partes da Planície Alta Atacada são formadas por sedimentos que foram, seletivamente, erodidos por muitos rios durante o final do Pleistoceno, mas não em toda a extensão, pois pode ter havido recobrimento substancial por sedimentos mais recentes (CUNHA, et. al 1996).

De acordo com Cunha et. al, (1996), as Unidades de Solo presentes nesta Zona Geomorfológica correspondem aos Planossolos e Planossolos Solódicos, oriundos de sedimentos arenosos, e recobrem 9,09 Km² da área, ou seja, 3,68% da área total da bacia. A terra é usada para o pastoreio e cultivo do arroz irrigado e a vegetação natural é composta de macegas e gramíneas em áreas não cultiváveis.

Por fim, nas superfícies mais baixas da área em estudo, próximas ao reservatório do Chasqueiro, ocorre a Zona Morfopedológica Inundável, que segundo Cunha et. al (1996), compreende as terras de sedimentos Holocênicos que estão temporária ou permanentemente inundadas por água de rios ou lagoas. Essas terras são de imperfeitamente a muito mal drenadas. As superfícies são planas e grande parte delas são usadas para o pastoreio durante o verão com gramíneas de má a boa qualidade. Muitas partes estão cobertas por mata natural ou por banhados.

Inserida nos limites dessa Zona Morfopedológica está a Zona Geomorfológica da Planície Baixa, que segundo Cunha et. al (1996), compreende as terras que sofrem inundações frequentes e ocasionais por riachos, rios e pela Lagoa Mirim. Os solos, no geral, são recentes e desenvolvidos a partir de sedimentos Holocênicos.

As Unidades de Solo presentes são os Neossolos, Litólicos, Plintossolos e Gleissolos oriundos de sedimentos fluviais, e ocorrem junto aos rios principais, sendo que essas unidades correspondem a 8,11 Km² da área da bacia, ou seja, 3,28% da área total. São estreitas faixas de terra, que permanecem inundadas por um curto período do ano. Os sedimentos majoritariamente são arenosos. A terra é usada, quase que exclusivamente para pastagem. As gramíneas são muito densas e perenes.

A conjuntura estrutural e morfopedológica descrita para a alta e média bacia do Arroio Chasqueiro está submetida a um conjunto de condições atmosféricas, onde predomina o clima subtropical úmido, enquadrando-se na classificação de Köppen como “Cfa”, (clima temperado, com chuvas bem distribuídas e com verões suaves).

Através de gráficos das Normais Climatológicas de Pelotas (município mais próximo da bacia com dados disponíveis), entre os anos de 1971 e 2000, constata-se que a média total anual das precipitações é de 1.366 mm, estabelecendo-se, portanto, entre o mínimo de 823 mm (1989) e o máximo de 1893 mm (1997). Já a temperatura média anual registrada nas imediações de Pelotas é de 17,8°C. A média das temperaturas mínimas concentra-se em torno dos 17°C (1988) e a média das temperaturas máximas em torno de 18,6°C (1977), conforme pode ser observado no Gráfico 1.



Gráfico 1: Médias anuais de temperatura e precipitação no Município de Pelotas entre os anos de 1971 a 2000. Fonte: Estação Agroclimatológica de Pelotas EMBRAPA/UFPeL. Organizado por Tamara Felipim. Adaptado de Simon (2007).

No Gráfico 2 podemos observar que a média mensal de precipitações registradas na Estação Agroclimatológica de Pelotas é de 113,9 mm, com pico no mês de Fevereiro (média de 153,3 mm) e menores registros de precipitação no mês de Março (média de 97,4 mm), porém se observa-se uma distribuição homogênea do regime pluvial ao longo do ano. Nota-se que as estações do ano são bem definidas, onde a média anual fica em 17,8°C, sendo Janeiro o mês mais quente, com temperatura média de 23,2 °C, e Julho o mês mais frio, com temperatura média de 12,3 °C.

Ainda no Gráfico 2 pode-se verificar também a transição das estações do ano, com o decréscimo das temperaturas a partir de março, com o equinócio do Outono e

o acréscimo das temperaturas a partir de Setembro, quando ocorre o equinócio da Primavera.

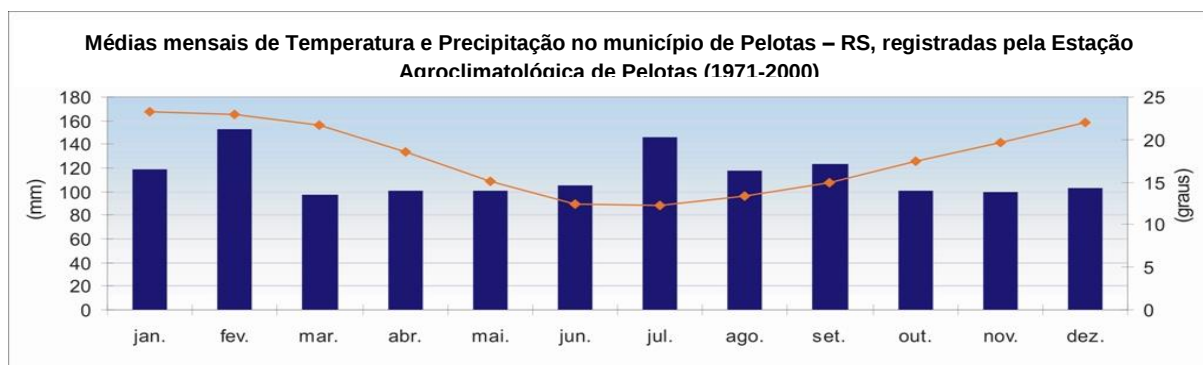


Gráfico 2: Médias mensais de temperatura e precipitação no Município de Pelotas entre os anos de 1971 a 2000. Fonte: Estação Agroclimatológica de Pelotas EMBRAPA/UFPeI. Organizado por Tamara Felipim. Adaptado de Simon (2007).

O clima age como fator externo, podendo ser modificador das características morfológicas, agindo por meio do intemperismo nas rochas, sendo que o intemperismo químico é predominante na bacia, a partir do desgaste das vertentes e transporte de sedimentos (SIMON, 2007). A sazonalidade das características climáticas da área em estudo também atua de forma direta na composição da cobertura vegetal, composta desde áreas de campos naturais até coberturas vegetais densas situadas, sobretudo, em fundos de vale.

De acordo com o Projeto RADAMBRASIL, (1996), a Região Fitoecológica de paisagem que recobre a Alta e Média bacia do Arroio Chasqueiro é caracterizada por extensões de Savana (campos). A Savana apresenta vasta distribuição geográfica e no que se refere ao clima, desenvolvendo-se tanto em condições ombrófilas como estacionais. De acordo com o Projeto RADAMBRASIL (1986), a região Fitoecológica da Savana (campos) encontra-se dividida em três formações: Savana Arbóreo Aberta, Savana Gramíneo Lenhosa e Savana Parque, esta última, porém, não é encontrada na área de estudo.

A Savana Arbóreo Aberta caracteriza-se por apresentar dois estratos distintos: um herbáceo, composto principalmente de gramíneas, e poucas leguminosas, e outro arbóreo, composto por fanerófitas de pequeno porte, chegando a formar pequenas florestas de galeria, com espécies como o coronilha, branquilha, bugueiro, entre outros (RADAMBRASIL, 1986). Ocorrem na maior parte da área em estudo.

A ação antrópica nas áreas de Savana Arbóreo Aberta se dá quase que exclusivamente pela pecuária (valendo-se das espécies gramíneas que existem) e a agricultura tem pouca representatividade, pois ocorrem alguns afloramentos rochosos e solos rasos (RADAMBRASIL, 1986).

A formação Savana Gramíneo Lenhosa, segundo RADAMBRASIL (1986), é caracterizada por um tapete herbáceo com predomínio de gramíneas, mas também conta com uma distribuição regular de plantas lenhosas, com arbustos e árvores, por vezes isolados formando capões e/ou florestas de galeria ao longo dos cursos de água. Ocorrem predominantemente na porção leste da área em estudo.

Esses campos são utilizados principalmente para pecuária. Porém a própria pecuária, o fogo e as práticas agrícolas com manejo errado, foram responsáveis pela eliminação das pastagens naturais dando lugar a espécies invasoras como Carquejas, Maria-Mole, Vassouras entre outros (RADAMBRASIL, 1986).

De acordo com Bernardes (1962), as características naturais do espaço gaúcho influenciaram na organização das atividades socioeconômicas e na consequente distribuição da população pelo Estado, sendo que a primeira fase de ascensão econômica e populacional do Rio Grande do Sul ocorreu nas áreas de Campo, destinadas, em princípio, à intensa atividade pecuária. A segunda fase do processo de organização do espaço gaúcho ocorreu nas zonas de mata, ocupadas pelos colonizadores europeus principalmente alemães e italianos, a partir de 1824 (SIMON, 2007).

No estado do Rio Grande do Sul os processos de ocupação e integração com o restante do Brasil Colônia ocorreram de forma tardia, se comparados com as regiões Nordeste e Sudeste do Brasil. “A região permaneceu inexplorada por mais de um século, enquanto que no restante da América portuguesa se desenvolviam os engenhos de açúcar” (PESAVENTO, 1997, p. 7).

O município de Arroio Grande possui suas raízes históricas inseridas na primeira fase de povoamento do espaço gaúcho, ou seja, a ocupação das áreas de campo. Localizado ao sul do estado do Rio Grande do Sul (Figura 6), Arroio Grande possui seu território inserido desde as áreas do Escudo Cristalino Sul-riograndense até a Planície Costeira Interna, nas margens da Lagoa Mirim.

Arroio Grande possui topografia privilegiada, pois as planícies da margem direita da BR 116 (sentido Arroio Grande – Pelotas) são propícias às plantações orizícolas, principal fonte de renda do município. As terras altas que se localizam a

esquerda da BR 116 (sentido Arroio Grande – Pelotas), são ótimas para o plantio de soja, feijão, milho, frutíferas e pecuária, outra fonte de riqueza para o município (CONCEIÇÃO, 2010).

O município possui serviços bem distribuídos e organizados de saúde pública e educação, de comércio e algumas indústrias de arroz. Sua colonização é de origem açoriana e os primeiros povoamentos começaram na segunda metade do século XVIII, a partir de 1732, quando em Portugal foram concedidas as sesmarias à açorianos que vinham estabelecer-se no sul do Rio Grande do Sul (CONCEIÇÃO, 2010).

O território onde hoje está situado o município de Arroio Grande primeiro pertenceu ao município de Rio Grande, depois ao município de Piratini, e por último ao município de Jaguarão. Sua emancipação política ocorreu em 24 de março de 1873 (IBGE, 2013).

O município teve como sustentáculo inicial o gado e a partir de 1909 começou a perder sua hegemonia como principal produto gerador de riqueza com o surgimento da primeira lavoura de arroz, dos irmãos Osório, localizada no Distrito do Liscano. A partir daí o arroz tomou impulso encontrando no município o solo adequado e um grande potencial hídrico. Nas décadas de 1950 e 1960, Arroio Grande chegou a ser considerado o segundo maior produtor de arroz do Rio Grande do Sul. Hoje, com a inserção de novas tecnologias, encontra-se entre os 10 maiores produtores do Estado (CONCEIÇÃO, 2010). A Barragem do Chasqueiro aumentou o potencial de desenvolvimento das lavouras de arroz irrigado no município.

Atualmente existem projetos de fruticultura, piscicultura, bacia leiteira, plantio de eucaliptos que estão ampliando os horizontes produtivos de Arroio Grande. O município possui um dos maiores rebanhos do estado e ainda tem sua economia baseada na produção de grandes áreas de terra, porém com a chegada dos assentamentos rurais sua realidade aos poucos está mudando e as grandes fazendas estão sendo divididas em pequenas propriedades produtivas (CONCEIÇÃO, 2010).

Conforme a Base cartográfica da Bacia da alta e média bacia do Arroio Chasqueiro (Anexo 1), pode-se observar a localização da Alta e Média bacia do Arroio Chasqueiro. Os limites do reservatório Chasqueiro foram inseridos sobre as linhas que representam as curvas de nível e a rede hidrográfica para que se pudesse compreender a extensão das áreas inundadas, uma vez que os limites do

reservatório não se encontravam representados nas cartas topográficas utilizadas para a elaboração da base cartográfica.

A Bacia do Arroio Chasqueiro é integrante do conjunto de bacias que drenam diretamente para a Lagoa Mirim e tem como principal afluente o Arroio Chasqueirinho. A área à montante do barramento é de aproximadamente 247,09 Km².

Na alta e média bacia do Arroio Chasqueiro foram desenvolvidos quatro Projetos de Assentamentos (PA): o PA Novo Arroio Grande, o PA Potreiro da Ponte, o PA Estiva e o PA Santana (OLANDA, 2008), instalados a partir do final da década de 1990.

O primeiro PA foi o Novo Arroio Grande, criado em 14 de outubro de 1997, no qual

foram instaladas 83 famílias oriundas do Alto Uruguai das quais 32 evadiram (38,55%). (...) Algumas famílias voltaram para sua região de origem, possibilitando que famílias acampadas oriundas do município de Arroio Grande viessem a ser chamadas a fazer parte do assentamento (OLANDA, 2008).

Os demais PAs implantados foram o PA Estiva, criado em 19 de outubro de 1999, no qual foram assentadas sete famílias que permaneciam lá até 2006; o PA Potreiro da Torre, criado em 9 de novembro de 1999, o qual iniciou com 12 famílias assentadas, tendo restado até 2006 apenas seis famílias (50% de evasão). Há ainda o PA Santana (criado na mesma data do PA Potreiro da Torre), onde foram assentadas 38 famílias, restando até 2006 apenas 30 delas, ou seja, com uma evasão de 21,05 % (OLANDA, 2008).

Percebe-se que há muitas dificuldades na hora de manter os assentados nos PAs e isso se deve à falta de infraestrutura e investimentos. Outro agravante, é que uma vez situados dentro da bacia hidrográfica do Arroio Chasqueiro, esses PAs não tem acesso facilitado às águas da barragem (SILVA, 2010).

Esse problema se estende a outros pequenos agricultores – não assentados – que vivem de uma pecuária extensiva e agricultura diversificada, que depende prioritariamente de condições climáticas favoráveis e apresentam um baixo custo tecnológico para manutenção das atividades.

4. METODOLOGIA E OPERACIONALIZAÇÃO.

A metodologia consiste em descrever passo a passo aquilo que será realizado no decorrer desenvolvimento da pesquisa. Sendo assim, no decorrer deste capítulo serão descritos os procedimentos vinculados à revisão bibliográfica e as técnicas cartográficas que abrangem a elaboração do mapa base, a elaboração dos mapas geomorfológicos de 1947 e 2010, e mapas de Cobertura e Uso da Terra de 1947 e 2010, além da análise a partir amostras circulares, avaliação das densidades de rios e drenagem, e trabalhos de campo.

4.1 Revisão de Literaturas.

Esta etapa consistiu no levantamento e análise de literaturas que compreendem os conceitos de sistemas abertos controlados, inseridos dentro dos sistemas processo-resposta, Antropogeomorfologia, morfologia original e antrópica, cobertura e uso da terra e geoindicadores.

Assim, foram obtidas algumas referências balizadoras que nortearam a pesquisa. Para os conceitos de sistema, sistema aberto controlado e processo-resposta, amparou-se principalmente em Tricart (1977) e Chistofolletti (1990). As discussões acerca da Antropogeomorfologia foram orientadas por Nir (1983), Simon (2007, 2010). Questões vinculadas à Morfologia original e antrópica tiveram respaldo na obra de Rodrigues (2005) e a análise dos Geoindicadores ambientais foi norteada por Coltrinari (2001). Por fim, questões atreladas a Cobertura e Uso da

Terra e Bacia Hidrográfica tiveram como principais referências Lambin et al. (2003), Santos (2004) e Silva & Botelho (2012).

4.2 Técnicas cartográficas

4.2.1 Elaboração do mapa base.

A base cartográfica da área em estudo (Anexo 1) foi elaborada no programa ArcGIS 10.0 (licença de uso do Laboratório de Estudos Aplicados em Geografia Física da UFPEL) a partir da base cartográfica do Rio Grande do Sul em escala 1:50.000, organizada por Hasenack; Weber (2010). Foram utilizadas duas folhas topográficas:

*Folha Arroio Grande (SI.22-V-A-II-2), MI-3024/2, baseada em fotografias aéreas do ano de 1975, com edição e impressão no ano de 1980, em escala 1:50.000, do DSG, projeção UTM, Datum Horizontal Córrego Alegre (MG), Datum Vertical Marégrafo de Torres (RS).

*Folha Matarazzo (SI.22-V-A-III-1), MI-3025/1, baseada em fotografias aéreas do ano de 1975, com edição e impressão no ano de 1980, em escala 1:50.000, do DSG, projeção UTM, Datum Horizontal Córrego Alegre (MG), Datum Vertical Marégrafo de Torres (RS).

De acordo com as curvas de nível foi delimitada a área da bacia hidrográfica, levando em consideração as nascentes e os pontos cotados. Inseridos neste limite ainda encontram-se a malha viária e a rede de drenagem.

Essa base serviu de apoio para os demais mapeamentos, uma vez que os dados de sensores remotos utilizados para a organização dos mapas geomorfológicos e de Cobertura e Uso da Terra foram georreferenciados dentro do limite da bacia junto à base cartográfica.

4.3 Organização do Sistema de Legenda dos Mapas Geomorfológicos dos anos de 1947 e 2010

A concepção do sistema de legenda foi realizada para atender aos mapeamentos geomorfológicos dos anos de 1947 e 2010. A simbologia utilizada

nos mapeamentos geomorfológicos baseou-se na adaptação das propostas de Tricart (1965) e Verstappen; Zuidan (1975), Cunha (2001) e Simon (2007, 2010) por meio da seleção de símbolos adequados à representação das feições geomorfológicas da área, em uma única legenda.

Para Tricart (1965) o mapa geomorfológico refere-se à base da pesquisa e não à concretização gráfica da pesquisa realizada. O mapa geomorfológico nada mais é do que a tradução gráfica dos resultados e das concepções obtidas por meio de materiais cartográficos e trabalhos de campo (SIMON, 2010). Tricart (1965) ainda explica que esse documento é complexo em sua essência pelo fato de ser constituído por várias informações que fornecem subsídios à análise do relevo. A interpretação de tal documento cartográfico pode, em alguns casos, ser limitada justamente pela gama de símbolos e cores nele representados.

A identificação e a classificação das formas do relevo, necessariamente implicam em considerar a gênese, a idade ou ainda os processos morfogenéticos atuantes (ROSS, 2003). A questão da escala de tratamento ou de representação se constitui na premissa básica para o grau de detalhamento ou de generalização da informação. Nesse sentido a escala adotada para a realização dos mapeamentos geomorfológicos de 1947 e 2010 foi de 1:50.000, podendo ser considerada como escala de detalhe.

Com base nas recomendações da Sub-Comissão de Cartas Geomorfológicas da UGI (União Geográfica Internacional), a carta geomorfológica de detalhe, em escala grande, deve comportar quatro tipos de dados: morfométricos, morfográficos, morfogenéticos e cronológicos (TRICART, 1965).

a) Dados Morfométricos: correspondem às informações métricas importantes, apoiadas em cartas topográficas ou outras formas de levantamento. Geralmente as informações métricas são intrínsecas aos sinais ou símbolos para a representação das formas do relevo, a exemplo de extensão de terraços ou escarpas erosivas, declividade de vertentes, dentre outras.

b) Dados Morfográficos: correspondem a formas de relevo resultantes do processo evolutivo, sendo sintetizadas como formas de aggradação e de degradação. Dentre as formas de degradação destacam-se as escarpas de falha ou erosivas, ravinas e voçorocas. Como formas de aggradação destacam-se depósitos aluviais em planícies de inundação. Os aspectos morfográficos encontram-se estreitamente

ligados aos morfogenéticos, ou seja, as formas geralmente expressam as respectivas gêneses.

c) Dados Morfogenéticos: referem-se aos processos responsáveis pela elaboração das formas representadas. Assim, na representação cartográfica do relevo, as diversas formas devem figurar de tal maneira que sua origem ou sua gênese sejam diretamente compreensíveis.

d) Dados Cronológicos: correspondem ao período de formação ou elaboração de formas ou feições. A representação cronológica pode ser expressa através de cores, que mesmo que adotadas com outro sentido, podem oferecer subsídios dessa natureza.

Quanto aos princípios da representação da carta geomorfológica, Tricart (1965) considera, como primeiro passo, a necessidade de uma base cartográfica. A adição de curvas de nível nos mapas geomorfológicos, extraídas das cartas topográficas, pode se constituir em alternativa para suprir a ausência de informações morfométricas, desde que não sobrecarreguem os limites da visibilidade. A base topográfica pode proporcionar ainda a adição de outras informações morfométricas, como por exemplo, a declividade, dissecação horizontal e vertical.

Para Verstappen; Zuidan (1975), a finalidade de um mapeamento geomorfológico é a de “oferecer uma imagem concisa e sistemática do relevo e dos fenômenos que estão ligados a ele” (p. 15). Os autores citados explicam ainda que esses documentos constituem-se em ferramentas de grande valor na avaliação dos recursos naturais devido às relações existentes entre as características geomorfológicas e os demais fatores do meio ambiente.

Segundo Simon (2010) o método proposto por Verstappen; Zuidan (1975) compreende os aspectos morfométricos, morfográficos e morfogenéticos, buscando também a representação da litologia e dos processos morfológicos por meio de legendas que são flexíveis à adaptação para diferentes cenários e propostas de trabalho.

Verstappen; Zuidan (1975) discorrem também sobre a importância das fotografias aéreas. Elas são o registro detalhado da superfície terrestre aumentando assim a eficiência do levantamento geomorfológico, podendo ainda subsidiar informações morfométricas e dados litológicos. Os autores destacam três

tipos de mapas geomorfológicos: Mapas preliminares, Mapas com fins gerais e Mapas com fins especiais.

Os Mapas Preliminares são aqueles em que as informações são obtidas pelas fotografias aéreas, como dados topográficos de rupturas de declive, colos erosivos, e divisores de água. Geralmente são elaborados antes do trabalho de campo, servindo como ponto de partida para os demais mapas.

Os Mapas com Fins Gerais, não possuem uma finalidade específica. Nele identificam-se as unidades genéticas do relevo por meio de cores uniformes agrupadas em símbolos correspondentes à origem das feições do relevo. São resultados de investigações geomorfológicas puras.

E os Mapas com Fins Especiais representam uma complementação das informações dos mapas com fins gerais, incluindo sempre a litologia e a topografia. São produtos das investigações geomorfológicas. Neste caso os mapas geomorfológicos da Alta e Média bacia do Arroio Chasqueiro podem ser considerados como mapas de Fins Especiais, pois atendem ao objetivo específico de analisarem as alterações morfohidrográficas desencadeadas pelo agente antrópico, sendo selecionados para isto símbolos que expressam a maior dinâmica erosiva e deposicional.

Para Verstappen; Zuidan (1975) a seleção das principais unidades do relevo que se vai descrever fica a critério do geomorfólogo que está realizando o mapeamento, pois há variações de região para região, e assim, não é prudente que se fixem normas, sendo também resguardada a flexibilidade de adaptação das legendas.

Cunha (2001), explica as principais diferenças nos mapeamentos propostos por Tricart (1965) e Verstappen; Zuidan (1975) apontando para a distinção no agrupamento dos símbolos utilizados na representação das feições do relevo. Tricart (1965) agrupa a maioria de seus símbolos em conformidade com os tipos de formas, sendo os grandes grupos de sua classificação: as formas de vertentes, ação das águas correntes das feições litológicas.

Para Verstappen; Zuidan (1975) as feições são agrupadas de acordo com sua origem destacando as formas de origem denudativa e as formas de origem fluvial. Os autores citados também incluem em sua classificação a morfometria e a topografia.

A organização do sistema de legendas dos mapeamentos geomorfológicos da alta e média bacia do Arroio Chasqueiro, para os anos de 1947 e 2010 encontrou respaldo em trabalhos de Cunha (2001) e Simon (2007 e 2010). Foi enfatizada a morfografia, onde é representada a simbologia pertinente às principais formas do relevo da área em estudo, com maior ênfase para as feições de relevo que indicam maior dinâmica erosiva desencadeada pelo escoamento superficial das águas pluviais.

A organização da legenda se deu de forma a agrupar os conjuntos de feições de acordo com os aspectos monogenéticos, respeitando a seguinte estrutura: Litologia (que por estar em uma área de litologias homogêneas caracterizadas por granitoides, foi definida a partir do estabelecimento das Unidades Geomorfológicas enquanto cores de fundo), Formas de Origem Denutativa, Ação das Águas Correntes e Formas de Origem Fluvial, Morfometria e Modelado Antrópico e Alterações na Topografia.

As Formas de Origem Denutativa incluem as feições erosivas como colos erosivos e rupturas topográficas, que foram agrupadas em dois tipos: suaves e abruptas.

A Ação das Águas Correntes (TRICART, 1965) e as Formas de Origem Fluvial (VERSTAPPEN; ZUIDAN, 1975) foram agrupadas em um único grupo: Ação das Águas Correntes e Formas de Origem Fluvial, abrangendo as feições hidrográficas, as formas de acumulação, bem como o modelado de entalhe.

A Morfometria, existente na classificação de Verstappen; Zuidan (1975) foi adotada no mapeamento da presente pesquisa para caracterizar as curvas de nível, os topos cotados, as linhas de cumeada suaves e agudas e as formas de vertentes.

A organização da legenda dos mapeamentos geomorfológicos pode ser verificadas nos seus respectivos mapas (Anexos 2 e 3).

4.3.1 Elaboração do mapa geomorfológico de 1947

Para a elaboração do mapa geomorfológico do ano de 1947, foram utilizadas 24 fotografias áreas de quatro faixas de voo que abrangem o município de Arroio Grande. Essas fotografias são pancromáticas em escala aproximada de 1:40.000,

disponíveis para consulta e obtenção na Agência da Lagoa Mirim (ALM/UFPel). As aerofotografias e as faixas utilizadas são as seguintes:

*Faixa 30: Fotografias 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181;

*Faixa 31: Fotografias 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24;

*Faixa32: Fotografias 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88

*Faixa33: Fotografias 132, 133, 134.

As fotografias áreas foram digitalizadas e posteriormente foram organizados anaglifos tridimensionais para que se pudesse ter uma visão estereoscópica. Os anaglifos foram preparados no software livre StereoPhotoMaker – com acesso e download no endereço eletrônico <<http://stereo.jpn.org/eng/stphmkr/>> seguindo as orientações de Souza (2010) e Felipim (2013) para elaboração dos mesmos.

O StereoPhotoMaker é um software computacional que permite a visualização de imagens estereoscópicas tridimensionais. A partir deste software é possível a geração anaglifos em vermelho-ciano, vermelho, verde, vermelho-azul e amarelo azul. As imagens tridimensionais obtidas a partir dos pares estereoscópicos podem ser salvas em diversos formatos, como .jpg, .tiff, .bpm e .gif. (SOUZA, 2010).

Em meio digital, a interpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas é realizada a partir do método Anáglifo, que resulta da sobreposição de fotografias estereoscópicas em cores complementares (vermelho e azul-esverdeado), que quando observado com o uso de óculos especiais de lentes coloridas provoca a percepção de profundidade. Conforme Tommaselli (2009), os óculos permitem que um olho receba somente a informação em vermelho e o outro somente receba a informação azul. As imagens separadas são fundidas pelos mecanismos cerebrais, gerando a sensação da tridimensionalidade.

Depois de organizados os anaglifos, eles foram importados para um programa de Sistema de Informações Geográficas – SIG. No caso da pesquisa, foi usado o ArcGIS 10.0 (licença de uso de Laboratório de Estudos Aplicados em Geografia Física - UFPEL)

Depois de importados, eles foram georreferenciados a partir de, pelo menos, quatro pontos em comum entre o anaglifo e a base cartográfica. Preferencialmente esse pontos devem estar bem distribuídos sobre os quatro vértices dos anaglifos, podendo também ser considerados os entroncamentos de estradas, pontes, estradas férreas. O erro médio do georreferenciamento ficou em torno de 8m.

Os anaglifos georreferenciados e dispostos sobre a delimitação da bacia podem ser visualizados na Figura 7:

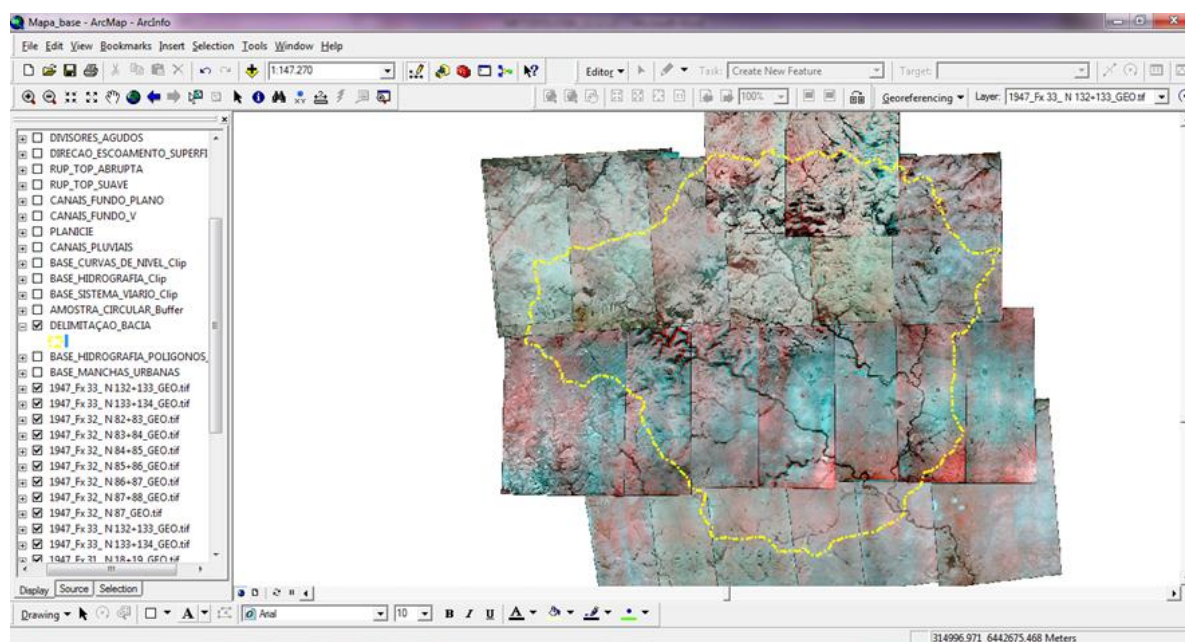


Figura 7: Anaglifos dispostos e georreferenciados, em amarelo o limite da bacia. Organizado por Tamara Felipim.

Realizado o processo de georreferenciamento dos anaglifos iniciou-se o mapeamento geomorfológico da alta e média bacia do Arroio Chasqueiro. Para uma melhor organização do processo de mapeamento geomorfológico decidiu-se operacionalizar o mesmo por sub-bacias, sempre da montante para jusante, em virtude também da correta inserção dos símbolos de cada feição.

O mapeamento iniciou-se pela rede de drenagem, extraindo-se os canais pluviais, canais localizados em compartimentos de fundo de vale com seção transversal em “V”, e canais localizados em compartimento de fundo de vale com seção transversal plana. Corpos de água quando existentes, também foram mapeados.

Posteriormente iniciou-se a delimitação das formas de vertentes, direção do escoamento superficial e formas de origem denudativa com ênfase nos colos, rupturas abruptas rupturas suaves.

Seguiu-se um parâmetro para não se deixar espaços em branco, pois na natureza as formas do relevo ocorrem em continuidade, mas quando a escala de detalhe não permitiu a inserção de todos os símbolos das formas que ocorriam em determinado fragmento espacial, optou-se pela inserção de símbolos que caracterizavam melhor a feição e que se encaixavam nos objetivos do trabalho.

Em vertentes mais alongadas e retilíneas, optou-se por inserir a simbologia referente à direção do escoamento superficial, pois justamente devido a sua retilinidade torna-se difícil identificar outras feições. Deve-se levar em consideração também, a harmonia entre uso da terra e formas relevo, não sendo possível identificar feições erosivas como sulcos, ravinas e voçorocas, isto é válido apenas para o cenário de 1947.

4.3.2 Elaboração do mapa geomorfológico de 2010

Para o mapeamento geomorfológico da alta e média bacia do Arroio Chasqueiro do ano de 2010, foi utilizada uma imagem do sensor PRISM (Panchromatic Remote-Sensing Instrument for Stereo Mapping), componente do satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite) do ano de 2010. O sensor PRISM opera na faixa de luz visível, com uma banda pancromática e resolução espacial de 2,5 m. Capaz de adquirir imagens para gerar modelos digitais de superfície (MDS) com grande acurácia, ele possui três sistemas óticos independentes para visualização com as visadas nadir, dianteira (forward) e traseira (backward), Essa imagem foi obtida junto à Associação de Municípios da Zona Sul – AZONASUL.

Embora não tivesse a estereoscopia para essa imagem, as feições foram mapeadas de acordo com os elementos interpretativos da imagem e como a resolução espacial é 2,5 m, isso permitiu uma aproximação das feições sem que houvesse estouro de pixel. Em conjunto com a imagem do sensor PRISM foi utilizado o software Google Earth com possibilidade de visualização em 3D para eventuais dúvidas de feições do relevo.

Na Figura 8 podemos ver a bacia disposta sob imagem PRISM:

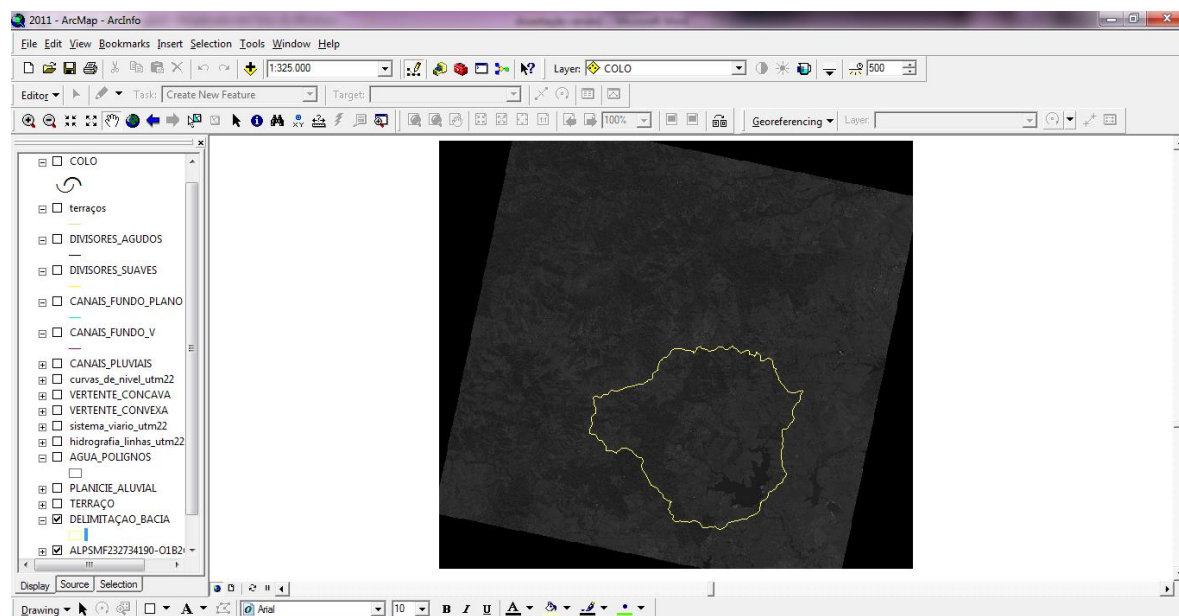


Figura 8: Imagem PRISM com a delimitação da bacia. Organizado por Tamara Felipim.

Embora sem a estereoscopia, o mapeamento geomorfológico de 2010, seguiu as mesmas orientações do mapa geomorfológico de 1947 no que tange a identificação das formas do relevo. Nesse cenário, porém, foi possível identificar mais feições: os sulcos erosivos e os terraços para cultivos agrícolas.

4.4 Mapeamentos de Cobertura e Uso da Terra

4.4.1 Organização da Legenda dos Mapas de Cobertura e Uso da Terra dos anos de 1947 e 2010.

A definição da nomenclatura utilizada nos mapas de Cobertura e Uso da Terra foi baseada no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE 2006), bem como sua identificação pelo sistema de cores RGB (Red-Green-Blue). A classificação de uso da terra é dividida em níveis dependendo da escala de análise, onde o Nível I é a Classe, o Nível II a Subclasse e Nível III a Unidade. Entretanto, “o sistema de classificação está aberto para a inclusão de níveis mais detalhados, ressaltando-se que, quanto maior o nível de detalhamento pretendido, maior a exigência de informação suplementar.” (IBGE, 2006, p. 37). Isto permite maior flexibilidade à identificação e ao mapeamento dos usos.

A Figura 9 mostra a classe, subclasses e unidades utilizadas no mapeamento, bem como suas respectivas cores:

SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE USO DA TERRA				
NIVEL I Classe	NIVEL II Subclasse	NIVEL III Unidade	COR (RGB)	CATACTERÍSTICAS
Áreas Antrópicas Agrícolas	Cultura Temporária		255 255 0	Cultura de plantas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a produção deixa o terreno disponível para novo plantio, sendo que, neste sentido as áreas de solo exposto foram abrangidas pela classe das culturas temporárias. Dentre as culturas destacam-se a de cereais e tubérculos.
	Silvicultura		255 191 0	Áreas de vegetação implantadas com intenso controle do trato, cultivo e colheita. Fornece matéria-prima para a indústria madeireira e de celulose.
	Instalações Agrícolas		179 179 179	Estabelecimentos agrícolas de dimensões significativas, abrangendo galpões, casas, pomares, hortas, estábulos e similares, significativos para a escala de mapeamento e indicadores de práticas agrícolas em menor escala areal.
	Pastagem		205 137 0	Na área em estudo tanto áreas de pastagem como áreas destinadas à prática pecuária.
Áreas de Vegetação Natural	Campestre	Campo Limpo	214 255 168	São áreas de formação campestre onde predominam gramíneas ralas de boa qualidade. Geralmente situadas nas extensões de vertentes convexas e algumas áreas de topo.
		Campo Sujo	12 242 165	São áreas de formação campestre que mesclam gramíneas, arbustos, capões florestais que não podem ser considerados como áreas florestais, e afloramentos rochosos. Geralmente situadas nas extensões de fundo de vale, vertentes côncavas e áreas de topo.
	Florestal		115 168 0	Formações arbóreas em diferentes estágios de desenvolvimento, situadas geralmente nos fundos de vale (florestas de galeria)
Água	Corpos de água continentais	Abasteci- mento agrícola	235 255 255	Referem-se aos corpos de água naturais e artificiais que não são de origem marinha, tais como rios, canais, lagos e lagoas de água doce, represas, açudes, etc.

Figura 2: Organização da legenda de cobertura e uso da Terra. Adaptado de IBGE (2006).

4.4.2 Mapa de Cobertura e Uso da Terra de 1947

O mapa de Cobertura e Uso da Terra do ano de 1947 foi elaborado a partir dos anaglifos gerados para a confecção do mapa geomorfológico do mesmo ano, sendo que também foi utilizado o óculos 3D para melhor visualização das coberturas e classes de uso da terra. Os polígonos foram identificados de acordo com os elementos interpretativos das fotografias aéreas (cor, textura, forma e padrão). A vetorização/delimitação se deu de forma manual para que os polígonos tivessem maior fidelidade para com as classes de Cobertura e Uso da Terra.

4.4.3 Mapa de Cobertura e Uso da Terra do ano de 2010.

Para o mapeamento de Cobertura e Uso da Terra da alta e média bacia do Arroio Chasqueiro do ano de 2010, foi utilizada a imagem do sensor PRISM componente do satélite ALOS, com resolução espacial de 2,5m, com imagem

pancromática. Trata-se da mesma imagem utilizada para a estruturação do mapa geomorfológico do ano de 2010.

Embora não tivesse a estereoscopia para essa imagem, os polígonos foram delimitados de acordo com a interpretação dos elementos que possibilitaram a definição das coberturas e classes de uso da terra, potencializados pela resolução da mesma de 2,5 m, o que permitiu uma aproximação visual dos usos sem que houvesse estouro de pixel, primando pela manutenção da homogeneidade com a escala de trabalho adotada. Também lançou-se mão do Google Earth com visualização em 3D para eventuais dúvidas de feições, sendo que neste cenário as principais dúvidas foram esclarecidas durante a realização dos trabalhos de campo.

4.5 Análise das Densidades de Rios e de Drenagem.

Christofolletti (1980), explica que a densidade de rios “é a relação existente entre o número de cursos de água e a área da bacia hidrográfica” podendo ser calculada pela equação: $D_r = N/A$, onde D_r é a densidade de rios, N é o número de canais de primeira ordem e A é a área total da bacia.

A densidade de drenagem, por sua vez, “correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia de drenagem” (CHRISTOFOLETTI, 1980), sendo calculada pela equação: $D_d = L_t/a$, onde D_d é a densidade de drenagem, L_t é o comprimento total dos canais, e A é a área total da bacia. A densidade de drenagem reflete de forma objetiva a permeabilidade e porosidade do terreno, podendo-se inferir características do solo e do relevo.

A densidade de drenagem tem várias atuações na dinâmica de uma bacia hidrográfica, pois resulta da inter-relação entre o clima, a vegetação e a sua litologia (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Os cálculos de densidade de rios e drenagem serviram para orientar as análises dos resultados, no que concerne as alterações oriundas do barramento, e também pelo fato de a rede de drenagem ser um geoindicador capaz de demonstrar as alterações desencadeadas pela ação antrópica dentro da escala tempo histórica.

4.6 Análise temporal com base em amostras circulares.

As amostras circulares servem para avaliar as alterações temporais nos índices de densidade de drenagem e rios nas nascentes e em setores localizados da bacia, como por exemplo nascentes próximas ao barramento, entroncamentos de canais que se encontram também às margens do reservatório.

De acordo com Nunes et al. (1995), as amostras circulares, devem ser dispostas abrangendo 30% da área analisada, levando em consideração a escala 1:50.000, válido para bacias hidrográficas.

Desta forma as amostras circulares dispostas na bacia do Arroio Chasqueiro possuem área de 2,5 Km² e abrangem o maior número de nascentes possível em setores de interesse da pesquisa. No caso da bacia do Arroio Chasqueiro, foram dispostas 30 amostras, uma vez que a bacia possui uma área aproximada de 247 Km².

A análise das amostras circulares pretendeu elucidar o comportamento diferenciado dos setores da bacia hidrográfica diante das alterações impostas tanto pelo barramento, quanto pela dinâmica de cobertura uso da terra.

Estas amostras foram organizadas a partir do cenário de 1947 (o mais próximo da morfologia original registrado), compreendido como ponto de partida para análise das alterações ocorridas em função das mudanças do nível de base e na dinâmica de ocupação e uso da terra. A disposição das amostras junto às nascentes ocorreu em virtude da compreensão de que estes canais atuam como geoindicadores da reorganização da rede de drenagem diante das alterações desencadeadas pela construção do reservatório e pela dinâmica de cobertura e uso da terra.

4.7 Trabalhos de Campo

Os trabalhos de campo foram organizados, primeiramente, para reconhecimento da área de estudo.

Depois de realizados os mapeamentos em gabinete, partiu-se a campo a fim de confrontar dados mapeados com dados “in loco”. Esse confronto de dados ocorreu principalmente com o cenário mais recente, no caso 2010, para que se

constatassem feições geomorfológicas e questões vinculadas a Cobertura e Uso da Terra, tendo como principal função a validação das informações mapeadas.

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Após realizados os procedimentos metodológicos de elaboração dos produtos cartográficos, foram obtidos cinco mapas: a base cartográfica (Anexo 1), que serviu como ponto de partida para a elaboração dos demais mapas; dois mapas geomorfológicos; um de 1947 e outro de 2010 (Anexos 2 e 3, respectivamente), e por fim, dois mapas de Cobertura e Uso da Terra: um de 1947 e outro de 2010 (Anexos 4 e 5, respectivamente). Esses mapas servirão como principal subsídio para a análise dos resultados.

Como pode-se observar nos mapas geomorfológicos de 1947 e 2010 há inúmeras diferenças entre os cenários de pré e pós-intervenção antrópica. No cenário de pré-intervenção, do ano de 1947, considerado como cenário de Morfologia Original (Rodrigues, 2005), observa-se pelo Anexo 2 (mapa geomorfológico de 1947) um predomínio de canais fluviais localizados em compartimentos de fundo de vale com seção transversal em “V”, muitas rupturas suaves, e os depósitos aluviais se concentrando na porção sudeste da bacia. Neste cenário não foram verificados reservatórios de água.

Analisando o mapa geomorfológico de 2010, (Anexo 3), no cenário de morfologia antropogênica, observa-se que os canais fluviais localizados em compartimentos de fundo de vale com seção transversal em “V” continuam predominando porém, os canais em fundo de vale com seção transversal plana sofreram uma redução significativa. Observa-se também terraços agrícolas, e alguns sulcos erosivos, vinculados às áreas de Culturas Temporárias. Nesse cenário também encontramos a principal intervenção antrópica: a construção do reservatório Chasqueiro para captação de água e outros inúmeros reservatórios menores.

No que concerne a Cobertura e Uso da Terra, também notamos mudanças significativas de um cenário para outro. Enquanto que no cenário de Morfologia Original (Rodrigues, 2005), no ano de 1947, há predominância de coberturas da terra, no cenário de Morfologia Antropogênica, no ano de 2010, há predominância de usos da terra atrelados às principais atividades antrópicas.

No cenário de 1947, considerado como de Morfologia Original (Rodrigues, 2005) encontram-se seis coberturas e usos da terra, sendo que há predominância da cobertura da terra, com Campos Limpos e sujos, e em menor expressão as Áreas Florestais, já nos usos encontra-se com maior expressão as Pastagens, seguidas pelas instalações agrícolas e Culturas Temporárias.

No cenário de 2010, considerado como de Morfologia Antropogênica, essa configuração muda. Nesse cenário, encontram-se oito coberturas e usos da terra, porém a predominância aqui é do uso da terra com as Culturas Temporárias. Outros usos encontrados são Pastagens, instalações agrícolas, reservatórios e Silvicultura. Salienta-se que no cenário de 1947, considerado como de morfologia original, os usos de Silvicultura e reservatórios não existiam. Também há as coberturas da terra, com Campos Limpos, Campos Sujos e Áreas Florestais.

5.1 Caracterização Geomorfológica da Bacia do Arroio Chasqueiro.

A Bacia do Arroio Chasqueiro, de acordo com o Projeto RADAMBRASIL (1986), localiza-se na Região Geomorfológica do Escudo Cristalino abrangendo duas Unidades Geomorfológicas: os Planaltos Residuais de Canguçu – Caçapava do Sul e Planalto Rebaixado Marginal. Como pode-se observar nos mapas geomorfológicos dos anos de 1947 e 2010 (Anexos 2 e 3), boa parte das nascentes da porção noroeste da bacia localizam-se no Planalto Residual de Canguçu – Caçapava do Sul, ficando a maior parte da bacia sob o Planalto Rebaixado Marginal, assim pode-se dizer que a bacia do Arroio Chasqueiro encontra-se assentada sobre litologias cristalinas do Pré-Cambriano, que são superfícies medianamente dissecadas, típicas da borda oriental do Escudo Sul-Riograndense (RADAMBRASIL, 1986).

As atividades de fotointerpretação, aliadas aos trabalhos de campo, demonstraram que predominam topos aplainados, muitas vezes interrompidos por

colos erosivos – que indicam a existência de seções nas quais a litologia encontra-se mais suscetível a ação dos processos erosivos que atuam na formação do manto intempérico.

Depois de realizados os mapeamentos geomorfológicos, os dados foram tabulados para que se pudesse fazer uma análise comparativa dos cenários de pré e pós-intervenção antrópica. Na Tabela 1 encontram-se os dados sobre as feições geomorfológicas mapeadas nos dois cenários:

Feição	Mapeamento de 1947	Mapeamento de 2010
Nº de nascentes	1.421	1.293
Canais fluviais em compartimentos de Fundo de Vale em “V”	663,72 Km	690,03 Km
Canais fluviais em compartimentos de Fundo de Vale Plano	111,31 Km	26,27 Km
Canais Pluviais	308,13 Km	360,07 Km
Colos Erosivos	79	85
Divisores Suaves	227,48 Km	239,21 Km
Divisores Agudos	30,02 Km	27,33 Km
Rupturas Topográficas Suaves	51,38 Km	31,91 Km
Rupturas Topográficas Abruptas	16,41 Km	12,60 Km
Depósitos aluviais	1,05 Km ²	0,99 Km ²
Terraços Agrícolas	Não ocorrem	Ocorrem
Sulcos	Não ocorrem	0,8 Km
Reservatórios de água	Não ocorrem	14,85 Km ²

Tabela 1: Ocorrência de feições verificadas a partir dos mapeamentos geomorfológicos de 1947 e 2010.

Como pode-se observar na Tabela 1, houve um decréscimo no número de nascentes, sendo que 128 nascentes foram extintas no decorrer desses 63 anos. Também houve diminuição nos canais fluviais localizados em compartimentos de

fundo de vale com perfil transversal plano, nos divisores agudos, nas rupturas topográficas abruptas e suaves e nos depósitos aluvias de um cenário para outro. Entretanto, os canais fluviais localizados em compartimentos com seção transversal em “V”, colos erosivos e divisores suaves tiveram seu número aumentado, indicando uma dinâmica maior dos processos erosivos e que possivelmente podem ter sido desencadeados pela dinâmica de Cobertura e Uso da Terra. Outro fator de extrema relevância no cenário pós-intervenção antrópica, em 2010, é a presença de reservatórios de água, neste cenário também aparecem os terraços agrícolas e os sulcos erosivos, indicativos da ação antrópica no local.

A diminuição dos canais fluviais se deve em grande parte pela própria construção do Reservatório Chasqueiro, que inundou áreas onde no cenário de 1947 predominavam canais fluviais situados em compartimentos de fundo de vale com seção transversal plana. Conforme observa-se nos mapas geomorfológicos de 1947 e 2010 (Anexos 2 e 3, respectivamente) no cenário de 1947 não existiam reservatórios de água. Já no cenário de 2010 os reservatórios passaram a ocupar uma área de 14,85 Km², ou seja, pouco mais de 6% da área total bacia. Logo, houve uma considerável interceptação dos canais de drenagem da bacia, não somente pelo Reservatório Chasqueiro, mas também por pequenos açudes construídos para a irrigação e captação de água em propriedades onde predominam, sobretudo, as Culturas Temporárias.

Outro fator importante que deve ser considerado é a alteração do nível de base local causada pela construção do Reservatório Chasqueiro. O estabelecimento de um novo nível de base pode ter desencadeado processos que atuaram nas alterações espaciais da rede de drenagem da bacia, pois a interceptação pode alterar a capacidade de transporte, conduzindo à deposição de sedimentos e assoreamento dos fundos de vale, além de interromper a transferência no transporte de sedimentos. Por outro lado, o comportamento complexo da rede de drenagem diante deste barramento pode também estar sendo manifestado a partir da reativação de alguns segmentos de canal fluvial, sobretudo àqueles que se encontram em áreas com significativas alterações na Cobertura e Uso da Terra e também nas áreas de nascentes em todos os setores da bacia.

As alterações nos comprimentos totais de rupturas de declive tanto abruptas como suaves, bem como nos divisores agudos, se devem em grande parte pelas intervenções ocorridas de forma indireta na bacia, ou seja, influenciadas pela

dinâmica de Cobertura e Uso da Terra (Anexos 4 e 5). Para que as práticas agrícolas sejam possíveis é preciso um preparo do solo para receber as mais variadas culturas, seja com a criação de terraços agrícolas – observados apenas no cenário de 2010 – ou suavização das irregularidades do solo – o que pode ter ocasionado a redução das rupturas topográficas. Além disso, as práticas agrícolas podem acelerar ou desencadear processos erosivos, que também aparecem no cenário de 2010, caso dos sulcos erosivos e o aumento de colos erosivos, em função da retirada da cobertura original, exposição do solo aos agentes erosivos em decorrência das práticas agrícolas sazonais.

Esses processos de intervenção indireta que ocorrem no interior da bacia são também responsáveis pelo rearranjo da morfohidrografia. Uma vez que as atividades antrópicas realizadas fora dos canais modificam o comportamento de descarga e da carga sólida (GUERRA & CUNHA, 2001).

Outra análise realizada foi a comparação nas densidades de rios e densidades de drenagem dos dois cenários, que uma vez calculados, foram dispostos na Tabela 2:

Índice	1947	2010
Densidade de Rios	5,75	5,23
Densidade de Drenagem (Km/Km²)	3,13	2,89

Tabela 2: Densidade de Rios e Densidade de Drenagem da bacia do Arroio Chasqueiro nos anos de 1947 e 2010.

A análise das densidades de rios e de drenagem da bacia revela um decréscimo de um cenário para outro. A densidade de rios que era de 5,75 em 1947 passou a ser de 5,23 em 2010, ao passo que a densidade de drenagem que era 3,13 km/km² em 1947 reduziu para 2,89 km/km² em 2010.

Essas diminuições, tanto nas densidades de rios quanto de drenagem podem ser explicadas pelas interferências antrópicas diretas na bacia, vinculadas às interceptações causadas pelos reservatórios, como também pelas interferências indiretas, atreladas à dinâmica de Cobertura e Uso da Terra. Na área em estudo a remoção de Áreas Florestais de encosta ou de galeria e dos campos nativos, cedeu espaço às práticas agrícolas em pequenas e médias propriedades rurais, além da Silvicultura.

Tanto para o plantio de Culturas Temporárias como para a Silvicultura, é necessário o preparo do solo, onde são usadas técnicas cada vez mais modernas de plantio, seja com terraços agrícolas ou aplainamento de irregularidades das superfícies, fazendo com que haja remoção da cobertura vegetal, com implicações na infiltração e no escoamento subsuperficial, que podem diminuir a recarga do lençol freático explicando a diminuição nos canais de primeira ordem e a diminuição nas densidades de rios e de drenagem verificadas. Além disso, intervenções diretas como o soterramento de canais fluviais para ampliação de lavouras, verificados em campo, contribuem para suprimir nichos de nascentes, fato que ajuda a explicar a diminuição dos índices de densidade de rios e drenagem.

5.2 Análise da dinâmica de Cobertura e Uso da Terra

Nos Anexos 4 e 5 se encontram os mapas de Cobertura e Uso da Terra dos anos de 1947 e 2010, respectivamente, cenários de pré e pós-intervenção antrópica. Primeiramente é de crucial importância compreender a diferença entre Cobertura e Uso da Terra.

De acordo com o Manual Técnico do IBGE, a cobertura da terra foi definida como os elementos da natureza como a vegetação (natural e plantada), água, gelo, rocha nua, areia e superfícies similares (IBGE, 2006).

Já o uso da terra pode ser entendido como processo no qual a cobertura da terra é modificada ou convertida (Lambin et al, 1999), se refere ao aproveitamento da terra geralmente para fins lucrativos. Diversos usos podem ocorrer simultaneamente ou de forma alternada. O uso da terra, dentre as várias definições existentes, foi considerado como uma série de operações desenvolvidas pelos homens, com a intenção de obter produtos e benefícios, através da utilização dos recursos da terra. O uso da terra está relacionado à função socioeconômica (agricultura, habitação, proteção ambiental) (IBGE, 2006).

Assim podemos definir como cobertura os Campos Limpos, Campos Sujos e Áreas Florestais verificados na bacia do Arroio Chasqueiro. Esses tipos de cobertura da terra aparecem em ambos os cenários.

Os Campos Limpos, Campos Sujos e Áreas Florestais são enquadrados, de acordo com o IBGE (2006), na classe de Áreas de Vegetação Natural. O IBGE, (2006), define os Campos Limpos como áreas de formação campestre onde

predominam gramíneas ralas e de boa qualidade. Geralmente situadas nas extensões de vertentes convexas e algumas áreas de topo da bacia do Arroio Chasqueiro.

Os Campos Sujos são compreendidos como áreas de formação campestre que mesclam gramíneas, arbustos, capões florestais que não podem ser considerados como Áreas Florestais, e afloramentos rochosos. Geralmente situados nos compartimentos de fundo vale, vertentes côncavas e áreas de topo (IBGE, 2006)

Ainda de acordo com o IBGE (2006), as Áreas Florestais são compreendidas como formações arbóreas em diferentes estágios de desenvolvimento, situadas geralmente nas encostas e nos fundos de vale, estas últimas, denominadas de florestas de galeria.

Os usos de terra presentes na bacia são: Cultura Temporária, Instalações Agrícolas e Pastagem, que aparecem em ambos os cenários. Porém, encontram-se no cenário de pós-intervenção antrópica, dois novos usos: a Silvicultura e Abastecimento Agrícola (referentes aos reservatórios de água de diferentes dimensões). Estes usos, exceto o Abastecimento Agrícola, se enquadram na classe das Áreas Antrópicas Agrícolas.

O IBGE (2006) define as Culturas Temporárias como cultura de plantas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a produção deixam o terreno disponível para o novo plantio, sendo que, neste sentido, as áreas de solo exposto foram abrangidas pela classe das Culturas Temporárias. Dentre as Culturas Temporárias verificadas em campo na área em estudo destacam-se cereais e tubérculos.

As Instalações Agrícolas são definidas pelo IBGE (2006) como estabelecimentos agrícolas de dimensões significativas, abrangendo galpões, casas, pomares, hortas, estábulos e similares, significativos para a escala de mapeamento e indicadores de práticas agrícolas em menor escala areal.

As áreas de Pastagem, de acordo com o IBGE, (2006), compreendem superfícies onde as áreas de vegetação natural ou algum outro uso da terra foi alterado para a implantação de Pastagens voltadas à prática da pecuária.

A Silvicultura é definida por Simon, (2010) como áreas de vegetação implantadas com intenso controle no trato, cultivo e colheita. Fornece matéria prima para a indústria madeireira e de celulose.

Já a água para Abastecimento Agrícola, insere-se dentro da classe Água, e é compreendida de acordo com o IBGE (2006) como os corpos de água naturais ou artificiais que não são de origem marinha, tais como rios, canais, lagos e lagoas de água doce, represas, açudes, entre outros. Para este trabalho foram considerados como Abastecimento Agrícola apenas as represas e açudes.

Depois de compreendido a diferença entre Cobertura e Uso da Terra, bem como as características das classes pertencentes a cada um, parte-se para a análise da evolução da dinâmica de Cobertura e Uso da Terra encontradas nos dois cenários, de acordo com os mapas dos Anexos 4 e 5. Para melhor elucidar essas informações, foi elaborado um gráfico com as coberturas e usos da terra bem como sua área correspondente em cada cenário.

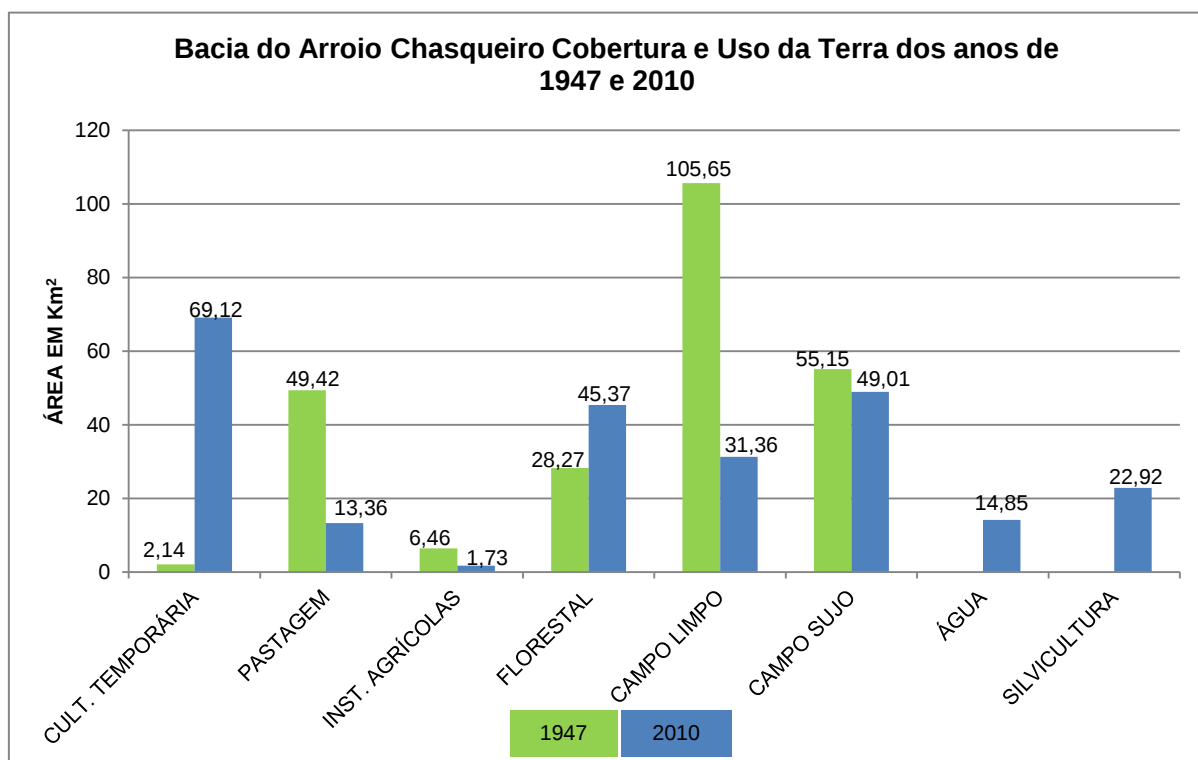


Gráfico 3: Áreas das coberturas e usos da terra na bacia do Arroio Chasqueiro nos anos de 1947 e 2010. Org. Felipim, T.

Pode-se notar que as mudanças mais significativas foram a redução das áreas de Campo Limpo e o acréscimo das Culturas Temporárias, que, como pode ser observado nos mapas de Cobertura e Uso da Terra, (Anexos 4 e 5), onde prevaleciam os Campos Limpos e as Pastagens em 1947, no cenário de 2010, as Culturas Temporárias passaram a ocupar esses espaços. Os Campos Sujos sofreram um pequeno decréscimo.

As Áreas Florestais tiveram um acréscimo de área bem significativo. Isso pode ter ocorrido em virtude da implantação de áreas de Silvicultura. As empresas que exploram a celulose, tem como contrapartida a preservação de áreas verdes nativas, seja com reservas legais ou áreas de preservação permanente, o que também pode ser observado no mapa de uso e cobertura da terra de 2010, Anexo 5, é que nas áreas de nascentes onde foram implantadas glebas de Silvicultura, as Áreas Florestais foram preservadas em sua maioria.

As Pastagens e os Campos Limpos além de cederem lugar as Culturas Temporárias, também deram lugar ao próprio reservatório Chasqueiro.

O grande salto de área das Culturas Temporárias está atrelado também aos projetos de assentamentos rurais que ocorreram no interior da bacia, a partir do ano de 1997 (OLANDA, 2008).

5.3. Análise das amostras circulares na bacia do Arroio Chasqueiro.

Para melhor compreender os resultados obtidos a partir dos mapeamentos geomorfológicos e de Cobertura e Uso da Terra, foram analisadas também 30 amostras circulares dispostas em três setores distintos da bacia. A análise de amostras circulares permite uma avaliação localizada das alterações ambientais ocorridas, possibilitando uma relação com os dados gerais obtidos para a bacia hidrográfica. Neste sentido, a análise de amostras procurou compreender se todos os setores da bacia responderam da mesma forma às alterações ambientais ocorridas, justamente porque se compreende a bacia hidrográfica como um sistema complexo e também porque no caso da bacia do Arroio Chasqueiro ocorreram tanto alterações no nível de base (em virtude da construção do reservatório), quanto mudanças significativas na Cobertura e Uso da Terra. Na Figura 10, podemos ver a distribuição dos setores, bem como quais amostras pertencem a cada um deles:

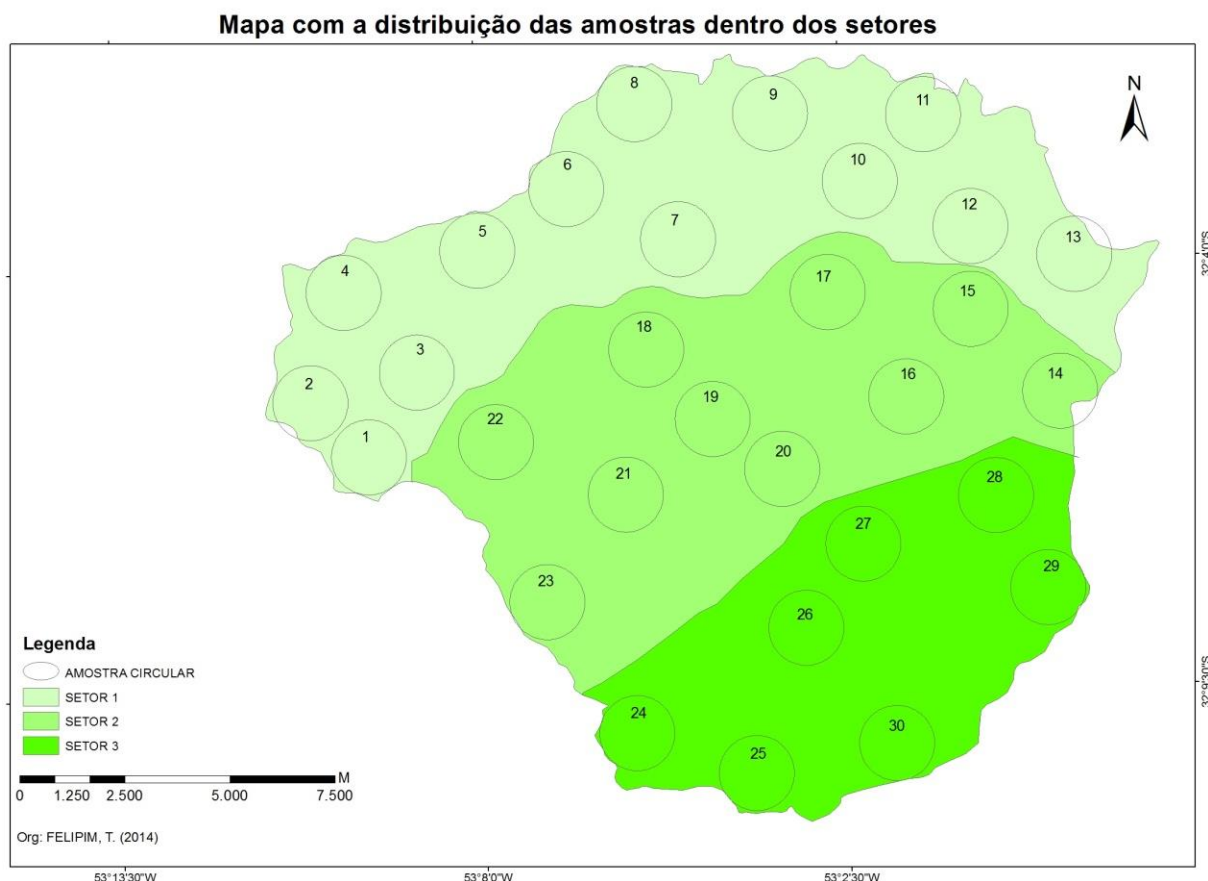


Figura 3: Mapa com a distribuição dos setores e amostras circulares pertencentes a cada setor. Org. FELIPIM, T.

Os setores estão assim divididos:

Setor 1, Setor da Alta Cania: onde se concentram a maior parte das nascentes da Bacia do Arroio Chasqueiro. Caracterizada por uma elevada concentração de curvas de nível, (conforme pode ser visualizado nos mapas geomorfológicos, Anexos 2 e 3), indicando que o relevo nessa porção é mais acidentado e declivoso, logo este setor é considerado o setor de produção de sedimentos. Esse é o setor com maior concentração de amostras, são 13 amostras circulares (amostras de 1 a 13), conforme pode ser visualizado na Figura 10.

Setor 2, Setor de Transição: é o setor intermediário, pode-se observar um distanciamento das curvas de nível, indicando altitudes e declividades menores. Neste setor concentram-se os entroncamentos de canais de ordens superiores, com ocorrência de alguns depósitos aluviais, bem como o predomínio de vertentes retilíneas. Nesse setor, estão 10 amostras circulares (amostras de 14 a 23).

Setor 3, Setor Marginal ao Reservatório: o que mais chama atenção é o próprio reservatório. As curvas de nível já estão em altitudes bem menores, o que propiciou a construção do reservatório, que se caracteriza como principal

mecanismo de controle direto da bacia. Nesse setor estão dispostas 7 amostras circulares (amostras 24 a 30).

Para melhor compreender as alterações em cada amostra de cada setor, elas foram organizadas da seguinte maneira: foi extraído o conteúdo interno de cada amostra em cada mapa dos dois cenários, tanto para o geomorfológico como para os de Cobertura e Uso da Terra. Assim, para cada amostra, obteve-se um conjunto de quatro amostras circulares, a ainda para fins comparativos com a bacia hidrográfica inseriu-se a densidade de rios e a densidade de drenagem de cada amostra além da legenda com as classes de Cobertura e Uso da Terra verificadas, bem como sua extensão espacial nos dois cenários.

5.3.1 Setor da Alta Bacia.

As análises das amostras circulares iniciaram-se pelo Setor da Alta Bacia, assim, para cada conjunto de amostras, serão detalhadas as alterações que nelas ocorreram. Este setor abrange 91,75 Km² e nele estão distribuídas 13 amostras. No setor 1, a análise da dinâmica de Cobertura e Uso da Terra aponta para a predominância de Campos Limpos e Sujos no cenário de 1947. Já em 2010, há uma mescla em termos de coberturas e usos da terra, onde aparecem algumas áreas de Culturas Temporárias e pequenas áreas de Silvicultura. Há também aumento das Áreas Florestais indicando a preservação das nascentes. Como há presença de Culturas Temporárias há também a incidência de terraços agrícolas para esses cultivos.

A amostra 1 do setor 1, está representada na Figura 11.

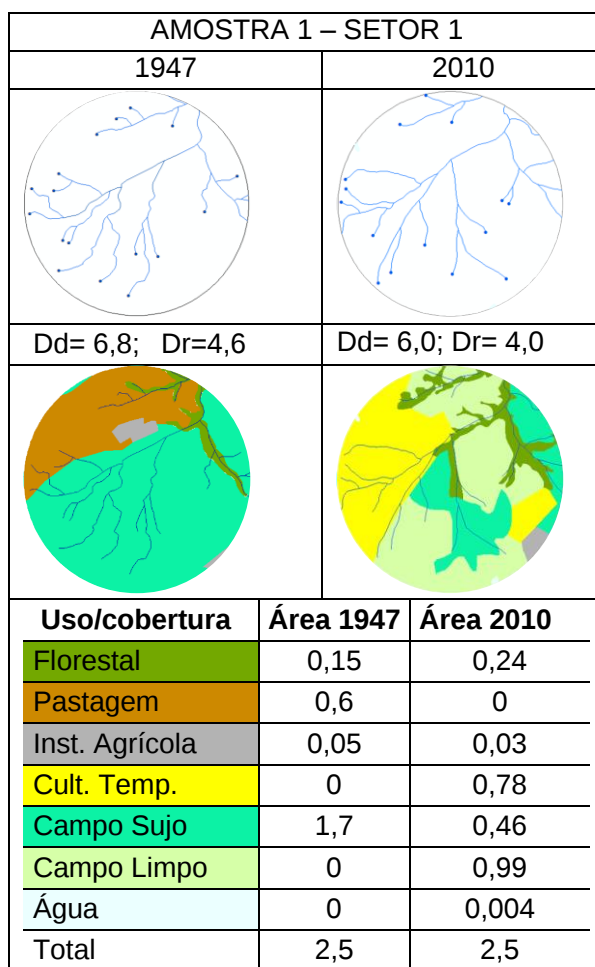


Figura11:Conjunto da amostra 1 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

As densidades de Drenagem (Dd) e de Rios (Dr) tiveram comportamento análogo ao da bacia como um todo, com diminuição em ambas na comparação de um cenário para o outro. Embora a Área Florestal tenha aumentado, as Pastagens desapareceram e o Campo Sujo foi retraído, dando lugar ao campo limpo. Houve implantação de significativas áreas de Culturas Temporárias no cenário de 2010.

A amostra 2 do setor 1, está representada na Figura 12

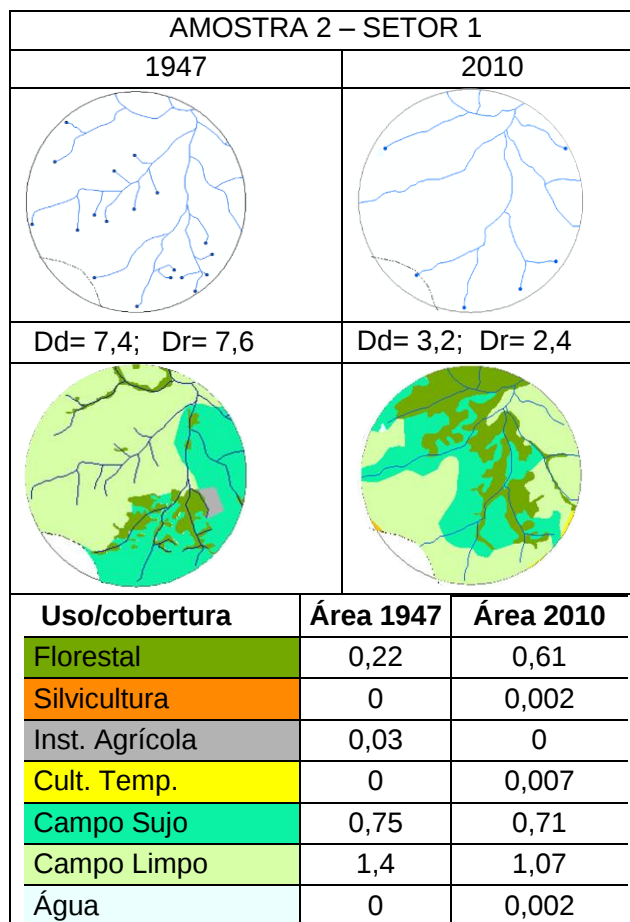


Figura 4: Conjunto da amostra 2 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

No conjunto da amostra 2 observa-se que as Densidades de Drenagem (Dd) e de Rios (Dr) apresentaram uma significativa diminuição de um cenário para outro, obedecendo ao padrão geral da bacia.

Cabe ressaltar que essa é uma amostra do Setor das Nascentes, logo com altitudes mais elevadas, o que pode explicar, por exemplo, o aumento das Áreas Florestais, indicando uma preservação das nascentes. Já os Campos Limpos e Campos Sujos tiveram suas áreas diminuídas de um cenário para o outro, observa-se que algumas áreas de Campo Limpo deram lugar ao Campo Sujo, uma evolução natural esperada. Também aparecem, no cenário de 2010, pequenas áreas de Silvicultura e Culturas Temporárias.

A amostra 3 do setor 1, está representada na Figura 13:

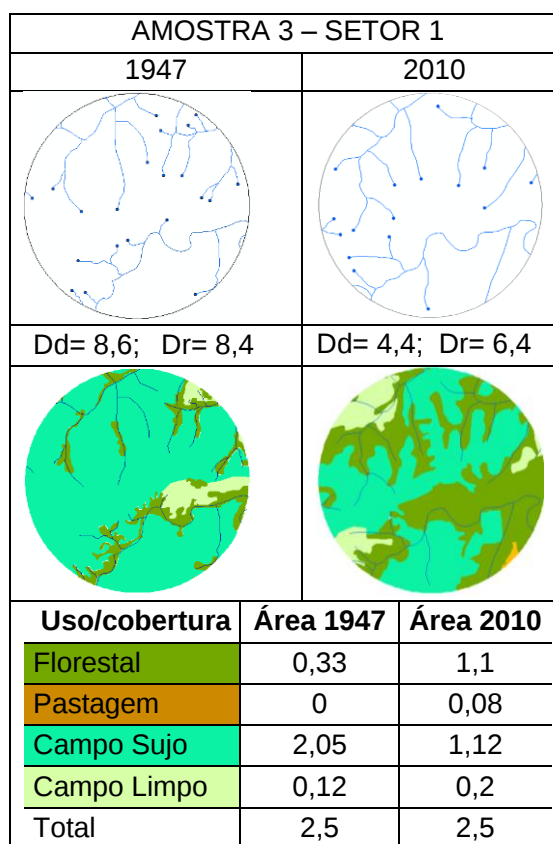


Figura 13: Conjunto da amostra 3 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

De modo geral o conjunto da amostra 3 do setor 1, visualizada na Figura 13, se comportou de modo semelhante a bacia como um todo, com a diminuição em ambos os índices, tanto na Densidade de Drenagem (Dd) como na Densidade de Rios (Dr).

No que concerne a Cobertura e Uso da Terra, as amostras também seguiram o padrão da bacia, com aumento das Áreas Florestais e diminuição dos Campos Sujos.

A amostra 4 do setor 1, está representada na Figura 14:

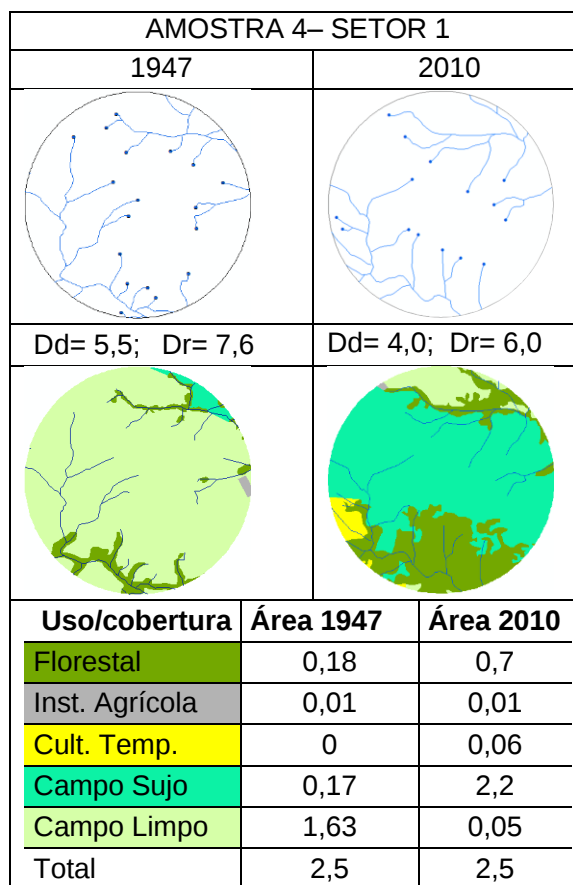


Figura 145:: Conjunto da amostra 4 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Na Figura 14, encontra-se o conjunto da amostra 4, onde o comportamento das Densidades de Drenagem (Dd) e de Rios (Dr) foi análogo ao da bacia, pois os dois índices diminuíram, embora não tenha sido uma redução tão significativa quanto da amostra 3.

A Área Florestal também aumentou, e os Campos Limpos deram lugar principalmente aos Campos Sujos, o que é uma sucessão ecológica em áreas onde a ação antrópica não é significativa, pois onde há Campo Limpos que não são submetidos a práticas agrícolas, a tendência natural é que eles se desenvolvam para Campos Sujos e posteriormente pequenas matas. A evolução de áreas de Campos Limpos sem intervenção antrópica pode ser observada na Figura 15.



Figura15: Em primeiro plano, Campos Limpos, logo após, sua transição para Campos Sujos e ao fundo Áreas Florestais com alguns afloramentos rochosos. Felipim, T.(2013).

O conjunto da amostra 5, observado na Figura 16:

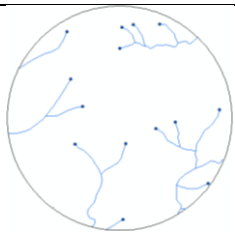
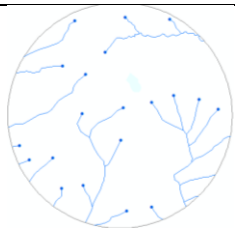
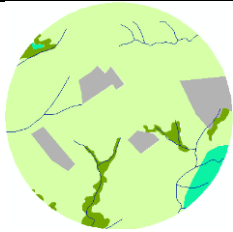
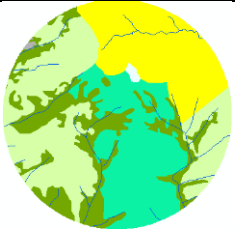
AMOSTRA 5 – SETOR 1		
	1947	2010
		
	Dd= 5,7; Dr= 6	Dd= 3,4 ; Dr= 8
		
Uso/cobertura	Área 1947	Área 2010
Florestal	0,12	0,49
Inst. Agrícola	0,23	0,00
Cult. Temp.	0,00	0,59
Campo Sujo	0,07	0,62
Campo Limpo	2,08	0,79
Água	0,00	0,01
	2,50	2,50

Figura 6: Conjunto da amostra 5 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Pode-se notar um comportamento da Densidade de Drenagem (Dd) análogo ao da bacia, porém o índice da Densidade de Rios (Dr), teve um aumento, de 6 para 8.

As Áreas Florestais tiveram pequeno aumento, o que pode explicar o acréscimo da densidade de rios. Os Campos Limpos deram lugar a Campos Sujos e áreas de Culturas Temporárias evidenciando, de forma geral, um aumento nas coberturas com visíveis reflexos na proteção das nascentes e evolução dos canais de primeira ordem.

O conjunto da amostra 6 pode ser observado na Figura 17:

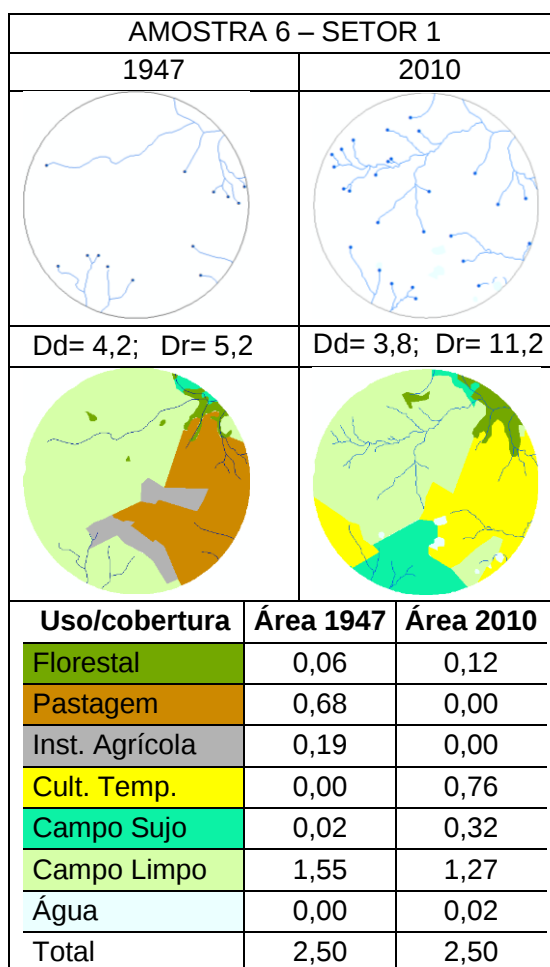


Figura 17: Conjunto da amostra 6 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

No conjunto da amostra 6, observa-se que a Densidade de Drenagem diminuiu, seguindo o padrão da bacia, já a Densidade de Rios (Dr) teve seu índice aumentado significativamente, passando de 5,2 em 1947 para 11,2 em 2010, indicando uma possível retomada erosiva na cabeceira de drenagem atrelado à presença de vários colos erosivos e inúmeros canais pluviais, como pode ser verificado no mapa geomorfológico de 2010 (Anexo 3).

Quanto à Cobertura e Uso da Terra, observa-se a extinção das Pastagens que deram lugar as Culturas Temporárias, um pequeno aumento nas Áreas Florestais e Campos Sujos, bem como a presença de alguns pequenos reservatórios de água. Os Campos Limpos tiveram um pequeno decréscimo de um cenário para outro.

O conjunto da amostra 7 pode ser observado na Figura 18:

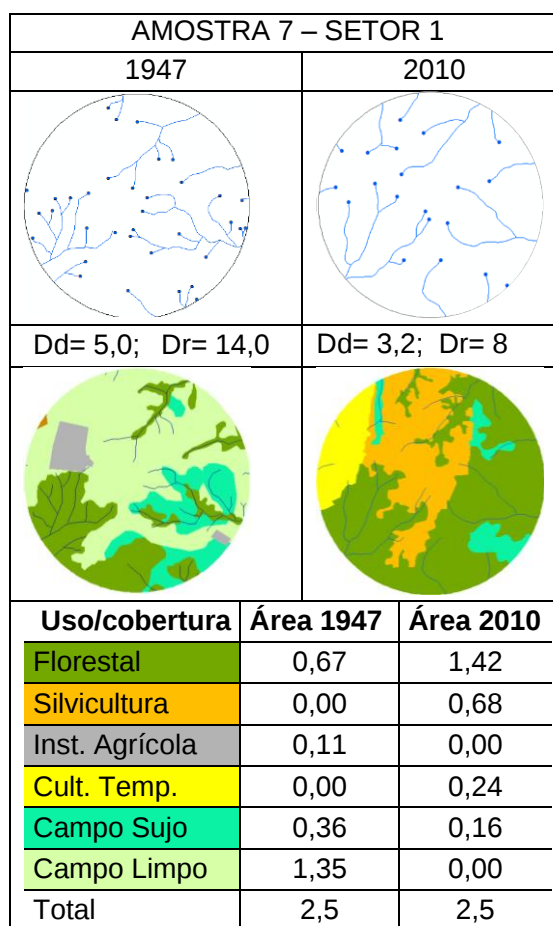


Figura 18: Conjunto da amostra 7 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

No conjunto da amostra 7, observa-se que tanto as Densidades de Drenagem (Dd) e de Rios (Dr), tiveram diminuição nos seus índices, de um cenário para outro.

Embora a presença de Áreas Florestais tenha aumentado significativamente, um fator que pode ter sido decisivo para a diminuição desses índices é a presença de Culturas Temporárias, mas principalmente de Silvicultura, que ocupam espaços no cenário de 2010 onde antes era ocupado por Campos Limpos, em cabeceiras de drenagem e próximas das áreas de ocorrência de nascentes.

O conjunto da amostra 8 pode ser observado na Figura 19:

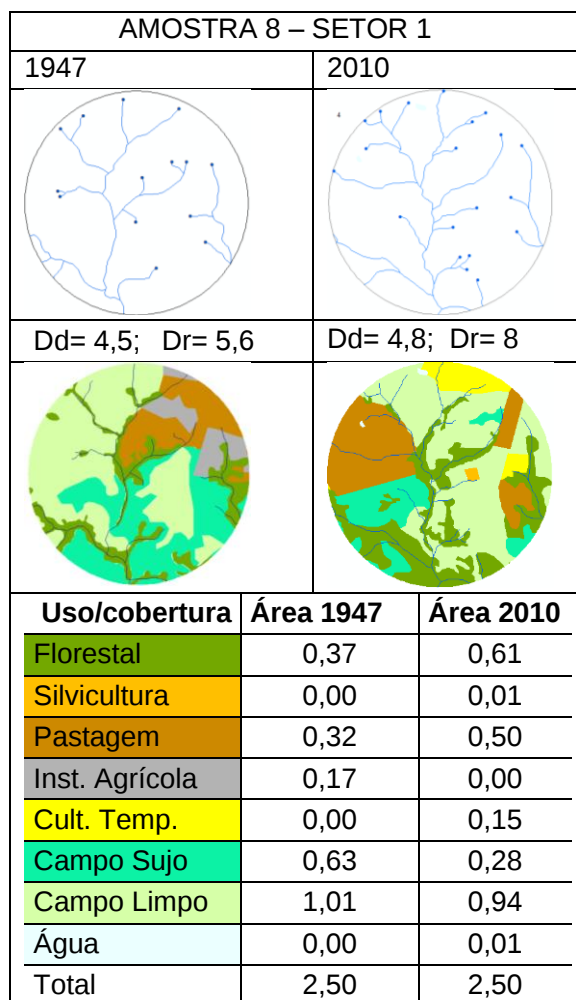


Figura 197: Conjunto da amostra 8 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

No conjunto da amostra 8, nota-se que tanto as Densidades de Drenagem (Dd) e de Rios (Dr) tiveram aumento em seus índices. Verifica-se um aumento nos canais de primeira ordem, indicando retomada erosiva. Conforme pode ser visualizado no Anexo 3, há presença de colos erosivos, e divisores suaves na área de abrangência desta amostra, indicando a dinamização dos processos erosivos desencadeados pelos canais fluviais.

No que tange a Cobertura e Uso da Terra, houve um pequeno aumento das Áreas Florestais e áreas de Pastagem. Observa-se a presença de pequenas áreas de Culturas Temporárias, Silvicultura e reservatórios. Já as áreas de campo sujo diminuiram.

O conjunto da amostra 9 pode ser observado na Figura 20:

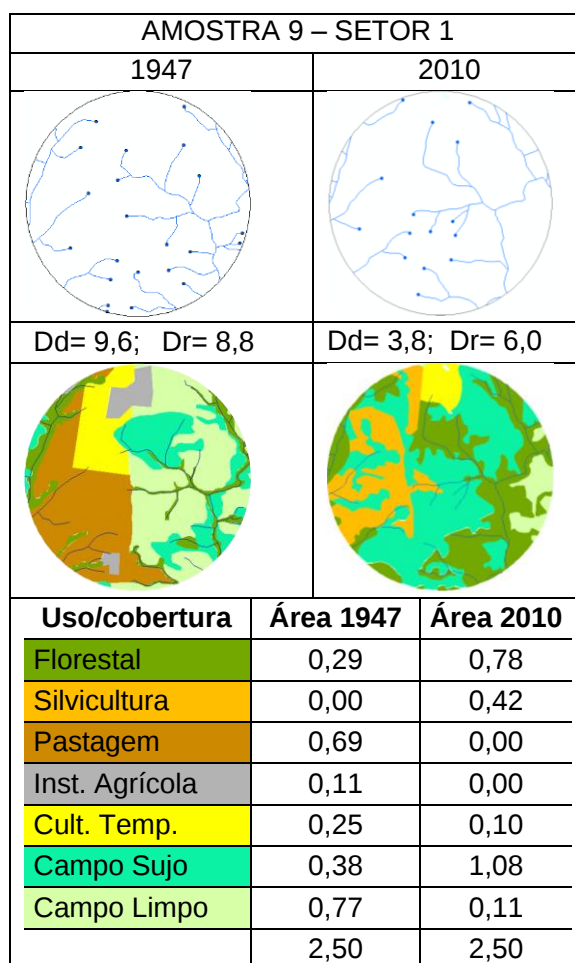


Figura 80: Conjunto da amostra 9 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

No conjunto da amostra 9, observa-se que o padrão de comportamento da bacia foi mantido, uma vez que os índices de Densidade de Drenagem (Dd) e de Rios (Dr) diminuíram.

Isso pode ser explicado pela presença de áreas com Silvicultura, que ocupa espaços onde antes eram ocupados pelas Pastagens, mantendo por um período de tempo maior a proteção do solo contra os agentes erosivos. Os Campos Sujos aumentaram, bem como as Áreas Florestais. Os Campos Limpos e Culturas Temporárias diminuíram e as Pastagens e Instalações Agrícolas desapareceram.

O conjunto da amostra 10 pode ser observado na Figura 21:

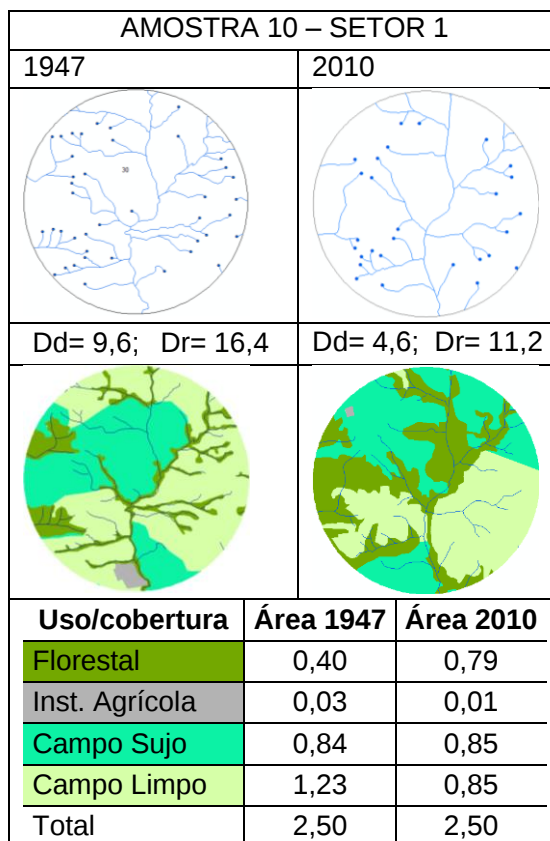


Figura 9: Conjunto da amostra 10 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Conforme pode ser visualizado na figura 21, o conjunto da amostra 10, também seguiu o comportamento padrão da bacia, com decréscimo nos índices de Densidade de Drenagem (Dd) e de Rios (Dr), de um cenário para outro.

Observa-se um pequeno aumento nas Áreas Florestais e Campos Sujos, e um decréscimo nos Campos Limpos e Instalações Agrícolas. Conforme se observa nos mapas geomorfológicos, há uma diminuição nos canais pluviais. Com o aumento das Áreas Florestais, a água das chuvas tende a infiltrar mais do que escoar superficialmente.

O conjunto da amostra 11 pode ser observado na Figura 22:

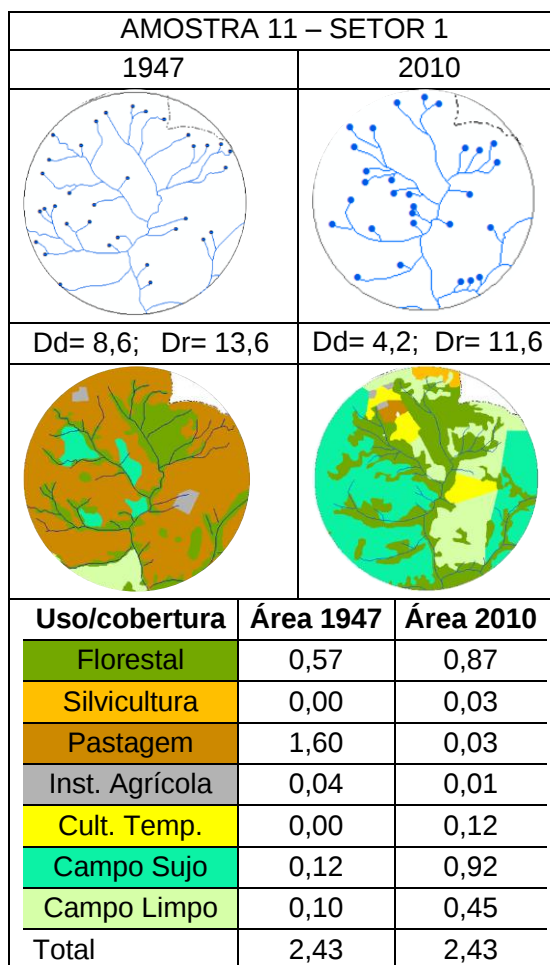


Figura 10: Conjunto da amostra 11 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Conforme observa-se na figura 22, a amostra 11 apresenta uma área total um pouco menor, pois sua posição encontra-se inserida além dos limites da bacia. Ressalta-se que ela fora propositalmente assim posicionada por ser setor de interesse da pesquisa, uma vez que ela abrange significativo número de nascentes.

Observa-se assim como na maioria das amostras do setor 1, que a amostra 11 também manteve o padrão geral da bacia com diminuição nos índices de Densidade de Drenagem (Dd) e de Rios (Dr), de um cenário para outro.

No que concerne à Cobertura e Uso da Terra, a configuração foi bastante alterada de um cenário para o outro, conforme pode ser visualizado na Figura 22. Onde predominavam as Pastagens no ano de 1947, cedeu lugar em 2010 aos Campos Sujos, limpos e algumas áreas de cultura temporárias

O conjunto da amostra 12 pode ser observado na Figura 23:

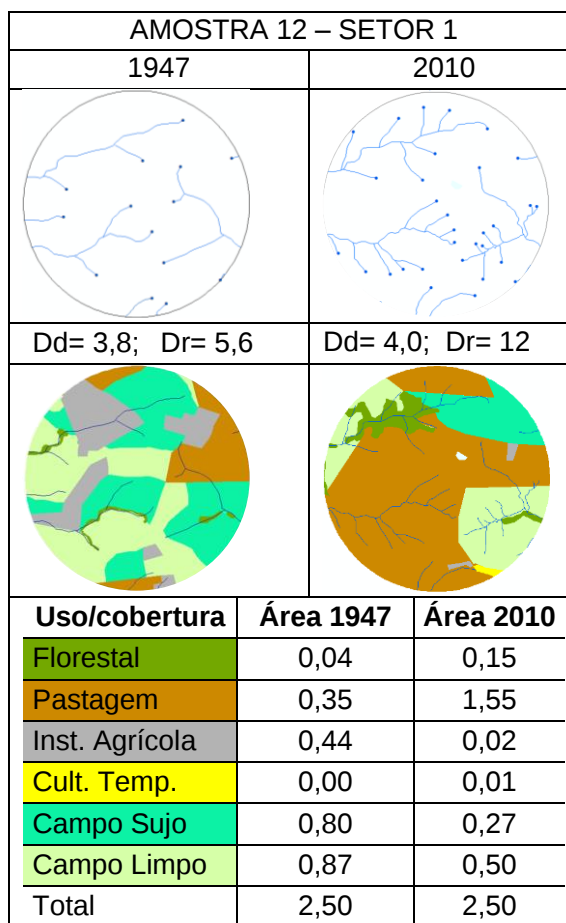


Figura 23: Conjunto da amostra 12 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Conforme observa-se na figura 23, o conjunto da amostra 12, não seguiu o padrão da bacia, pois ambos os índices de Densidade de Drenagem (Dd) e Rios (Dr) tiveram aumento de um cenário para outro. Conforme observado no Anexo 3, há presença de inúmeras rupturas de declive que podem ser indícios de retomadas erosivas que se manifestaram nas cabeceiras de drenagem, contribuindo para esse aumento tanto no número de nascentes como no comprimento dos canais, pois estas áreas de nascentes, abrangidas pela amostra 12, estão vinculadas à canais fluviais diretamente conectados ao reservatório do Chasqueiro e que portanto podem estar se reajustando às modificações impostas com reflexos nas nascentes.

A configuração da Cobertura e Uso da Terra também fora bastante alterada. As Pastagens tiveram aumento de área bem significativo, enquanto os Campos Limpos e sujos tiveram decréscimo de áreas.

O conjunto da amostra 13 pode ser observado na Figura 24:

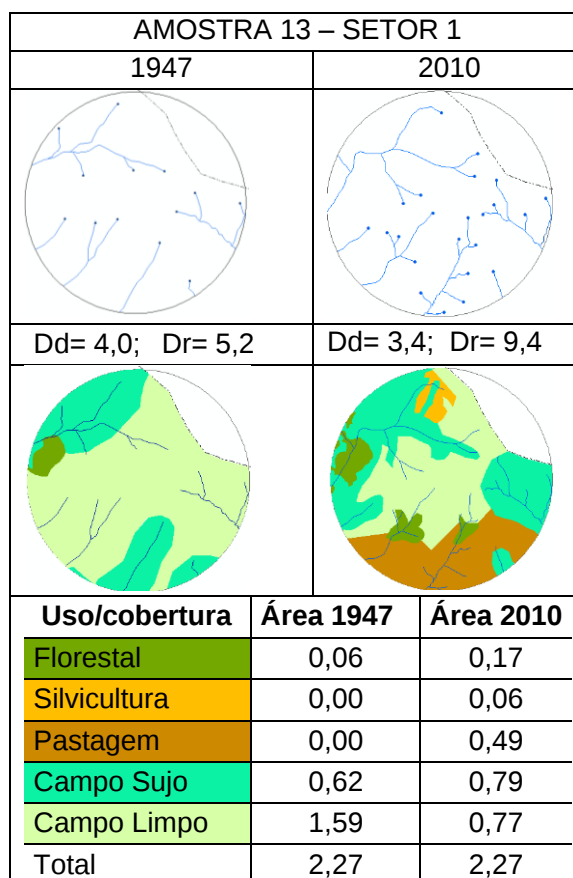


Figura 114: Conjunto da amostra 13 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

A exemplo da amostra 11, a amostra 13 também foi posicionada não totalmente dentro da bacia, logo tem uma área menor.

Como pode-se observar na Figura 24, a Densidade de Drenagem (Dd) segue o padrão de comportamento da bacia com diminuição em seu índice de um cenário para outro. Já a Densidade de Rios (Dr) apresenta um aumento significativo, indicando uma forte retomada erosiva, e como pode ser visualizado no Anexo 3, há forte presença de rupturas de declive na área bem como colos erosivos.

Os Campos Sujos e Áreas Florestais aumentaram, e os Campos Limpos diminuíram. Também nota-se a inserção de Pastagens e Silvicultura no cenário de 2010. O aumento das Áreas Florestais e de campo sujo, sobretudo em compartimentos de fundo de vale, pode indicar também a manutenção e evolução no número de nascentes

Considerações sobre o setor 1, o Setor da Alta Bacia: das treze amostras pertencentes a este setor, oito seguiram o mesmo comportamento da bacia em geral, ou seja, apresentaram redução nos índices de Densidade de Drenagem e de Rios, indicando uma baixa capacidade de geração de novas nascentes. Quanto a

Cobertura e Uso da Terra predominaram as Áreas Florestais, Campos Limpos e sujos, uma vez, que esse é o setor das nascentes, logo ele encontra-se em áreas com altitudes mais elevadas, o que justifica a presença de Áreas Florestais, por exemplo. Outro fator importante nesse setor é a presença de afloramentos rochosos, que foram verificados em campo. Esses afloramentos dificultam bastante a mecanização da agricultura, fazendo com que as Áreas Florestais sejam preservadas também em virtude desse fator (Figura 25). Cabe ressaltar também que em períodos de estiagem os canais fluviais localizados nas áreas de nascentes onde predominam esses afloramentos podem ter seu fluxo diminuído em função de déficits na recarga do lençol freático. Esta situação pode explicar a diminuição das Densidades de Rios e de Drenagem em amostras do setor de nascentes onde as coberturas foram mantidas ou evoluíram. Nota-se também que a presença de Áreas Florestais aumentou neste setor, podendo-se inferir que pode haver correlação com a diminuição de alguns índices de densidade de rios e densidades de drenagem pois presume-se que há aumento de evaporação e evapotranspiração, fazendo com que mais água evapore não ficando assim no leito do rio.

Das treze amostras, cinco tiveram um comportamento diferente do padrão da bacia, são as amostras 5, 6, 8, e 13 com aumento unicamente na Densidade de Rios e as amostras 8 e 12 com aumento em ambos índices. Essas alterações podem se dar em decorrência da retomada erosiva e também em função da alteração do nível de base.



Figura 12: Afloramentos rochosos com a presença de Áreas Florestais no Setor da Alta Bacia da Bacia do Arroio Chasqueiro (Felipim, T. 2013).

5.3.2. Setor de Transição.

Este setor abrange um total de 92,05 Km² e nele estão distribuídas 10 amostras circulares, de 14 a 23. Este setor é onde as transições começam ocorrer: as altitudes ficam menores, há um predomínio de vertentes retilíneas, com entroncamento de canais de ordens superiores, onde também começam a aparecer os canais localizados em compartimentos de fundo de vale plano. No que diz respeito a Cobertura e Uso da Terra, nesse setor também se verifica o predomínio de uso da terra em detrimento das coberturas originais. A Silvicultura aparece com maior intensidade, bem como as Culturas Temporárias.

As dez amostras deste setor serão descritas abaixo, sendo que o conjunto da amostra 14 pode ser observado na Figura 26:

A amostra 14 do setor 2, está representada na Figura 26:

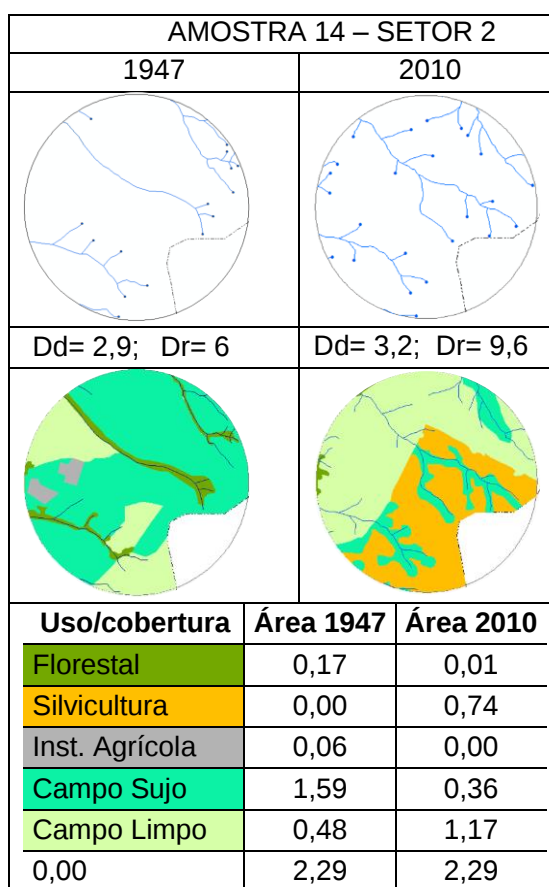


Figura 26: Conjunto da amostra 14 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Na Figura 26 está o conjunto da amostra 14, onde pode ser observado um aumento em ambas as densidades, indicando uma forte retomada erosiva.

No que concerne ao uso e cobertura da terra ocorreram mudanças significativas, sendo que o campo sujo deu lugar ao campo limpo e também à Silvicultura. Observa-se a preservação das nascentes em meio a Silvicultura, indicando assim uma dinamização dos processos desencadeados pelo sistema fluvial. Toda área de Silvicultura deve proteger as nascentes, nessa amostra fica nítida essa preocupação, ainda que não ocorram Áreas Florestais nas Áreas de Preservação Permanente nos fundos de vales mas sim Campos Sujos, que podem evoluir para Áreas Florestais.

O conjunto da amostra 15 pode ser observado na Figura 27:

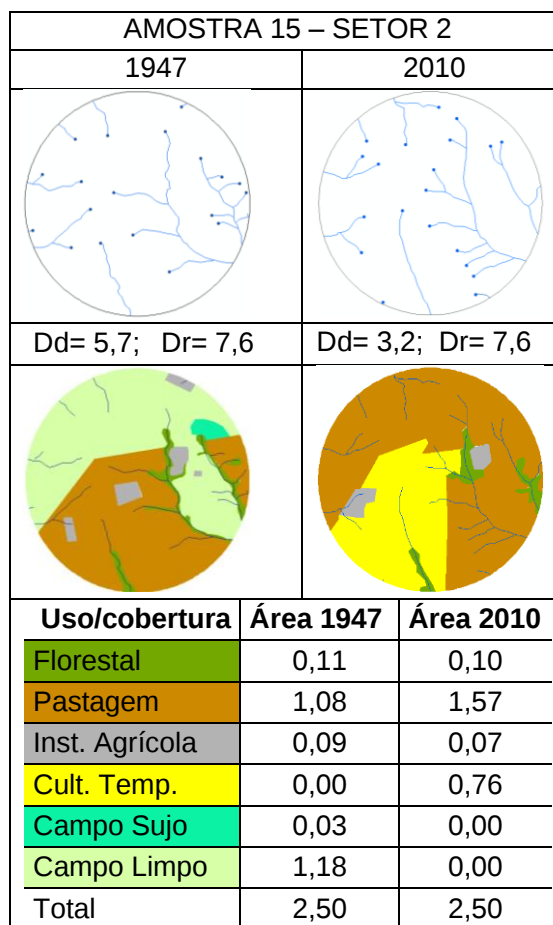


Figura 13: Conjunto da amostra 15 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Na Figura 27 está representado o conjunto da amostra 15, apresentando uma diminuição na densidade de drenagem (Dd) e manutenção da densidade de rios (Dr). Conforme pode ser visualizado, algumas nascentes tiveram seus locais alterados, ou seja, foram extintas em alguns locais, porém conseguiram gerar canais em outros locais, mas seu número permaneceu o mesmo.

As áreas de Pastagem aumentaram de um cenário para outro, e a presença de Culturas Temporárias aparece no cenário de 2010. Já os Campos Limpos e sujos cederam lugar às Pastagens.

O conjunto da amostra 16 pode ser observado na Figura 28:

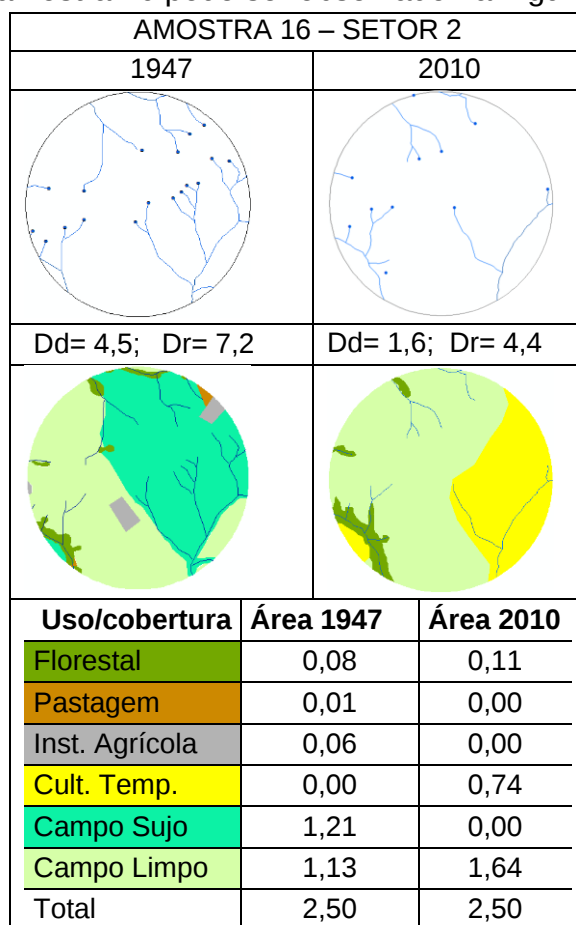


Figura 14: Conjunto da amostra 16 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Conforme pode ser visualizado na Figura 28, o conjunto da amostra 16 teve comportamento idêntico ao da bacia como um todo, com diminuição em seus índices de Densidade de Drenagem (Dd) e de Rios (Dr), facilmente compreendido quando cruzado com os dados de Cobertura e Uso da Terra, pois os Campos Sujos deram lugar aos Campos Limpos e às Culturas Temporárias, que necessitam de técnicas bastante interventivas, seja de aplainamento ou terraceamento das superfícies, o que promove em muitos casos a extinção de nascentes. Deve-se considerar ainda que as áreas de Culturas Temporárias pressionam as áreas de cobertura vegetal, diminuindo a manutenção da cobertura original.

O conjunto da amostra 17, está representado na Figura 29:

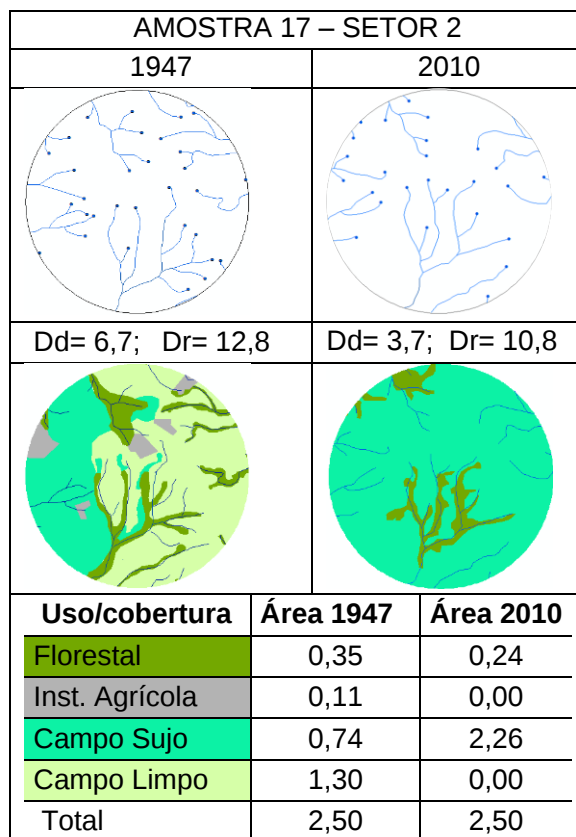


Figura 29: Conjunto da amostra 17 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

O comportamento do conjunto da amostra 17 pode ser visualizado na Figura 29, onde constata-se que a amostra seguiu o padrão da bacia, com diminuição em seus índices de Densidades de Drenagem (Dd) e Densidade de Rios (Dr)

Verifica-se também que os Campos Limpos e as Instalações Agrícolas desapareceram, dando lugar aos Campos Sujos. A evolução de Campos Limpos para Campos Sujos, é uma evolução natural esperada, uma vez que essa área não seja condicionada à ações antrópicas, nota-se também que as Áreas Florestais tiveram um pequeno decréscimo, fato que contribui para a diminuição das Densidades de Rios e Drenagem.

A amostra 18 está representada na Figura 30:

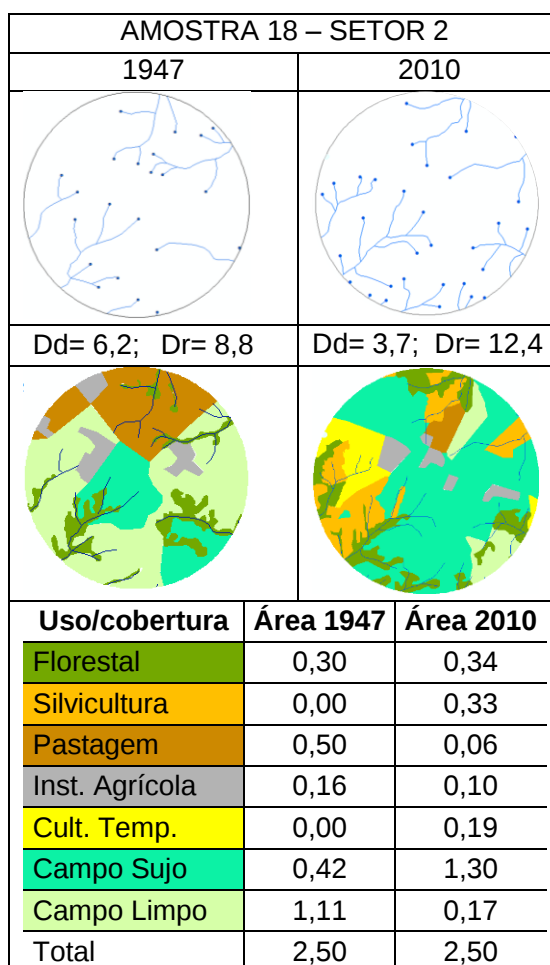


Figura 15: Conjunto da amostra 18 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Neste conjunto da amostra 18, visualizado na Figura 30, observa-se que a Densidade de Drenagem (Dd) diminuiu, seguindo o padrão de toda a bacia, porém a Densidade de Rios (Dr) teve seu índice elevado.

Sobre a Cobertura e Uso da Terra observa-se uma diminuição significativa dos Campos Limpos, bem como das Pastagens. Ressalta-se que há presença de Culturas Temporárias e Silvicultura, inexistentes no cenário de 1947, e também o aumento significativo dos Campos Sujos. Observa-se um aumento de nascentes e duas coberturas e usos: um aumento nas Áreas Florestais, que pode condicionar ao aumento no número de nascentes; e o outro aumento em área de cultura temporária e Silvicultura, uma vez que a cobertura original é retirada do solo, a água tende a escorrer e não infiltrar, podendo potencialmente, com o tempo, gerar canais de primeira ordem.

A amostra 19 está representada na Figura 31:

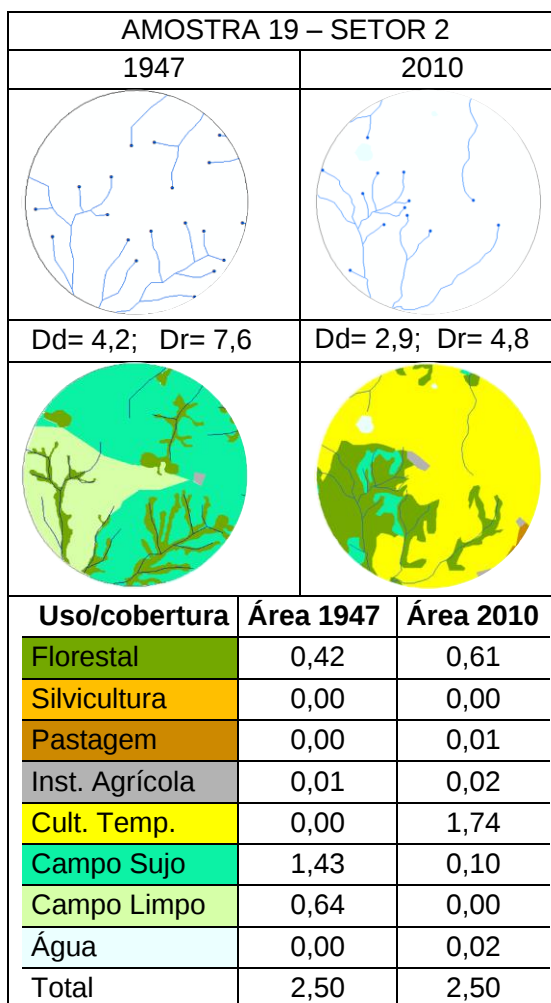


Figura 16: Conjunto da amostra 19 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Na Figura 31 encontra-se o conjunto da amostra 19, com comportamento análogo ao da bacia, ou seja, apresentou uma diminuição em seus índices de Densidade de Drenagem (Dd) e de Rios (Dr), que pode ser explicado com o cruzamento dos dados de Cobertura e Uso da Terra, pois nota-se que nas áreas de aumento das Culturas Temporárias ocorreu a maior diminuição de canais fluviais, em virtude das técnicas de cultivo, que por muitas vezes soterram fundos de vale fazendo com que os canais desapareçam.

A amostra 20 está representada na Figura 32:

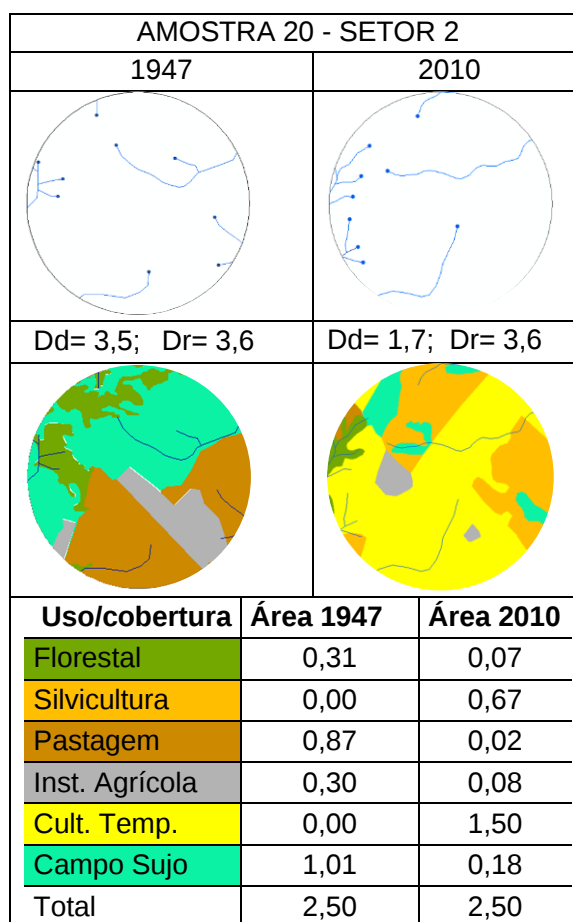


Figura 17: Conjunto da amostra 20 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

O conjunto da amostra 20 está representado na Figura 32, onde observa-se que a Densidade de Drenagem (Dd) seguiu o comportamento geral da bacia, tendo seu índice diminuído, e a Densidade de Rios (Dr), a exemplo da amostra 15, manteve seu índice de um cenário para outro.

No que concerne à Cobertura e Uso da Terra, várias mudanças podem ser observadas: a Área Florestal, Pastagem, Instalações Agrícolas e Campos Sujos, tiveram suas áreas reduzidas, dando lugar às Culturas Temporárias e à Silvicultura.

Verifica-se uma redução significativa nas áreas de Instalações Agrícolas ao passo que as Culturas Temporárias aparecem ocupando essas áreas, isso pode ser explicado pelo fato de que nessa porção da bacia encontram-se alguns Projetos de Assentamentos Rurais. Quando esses assentamentos passaram a existir, grandes propriedades foram decompostas em propriedades menores, onde a principal atividade econômica está voltada para as Culturas Temporárias.

O conjunto da amostra 21 está representada na Figura 33:

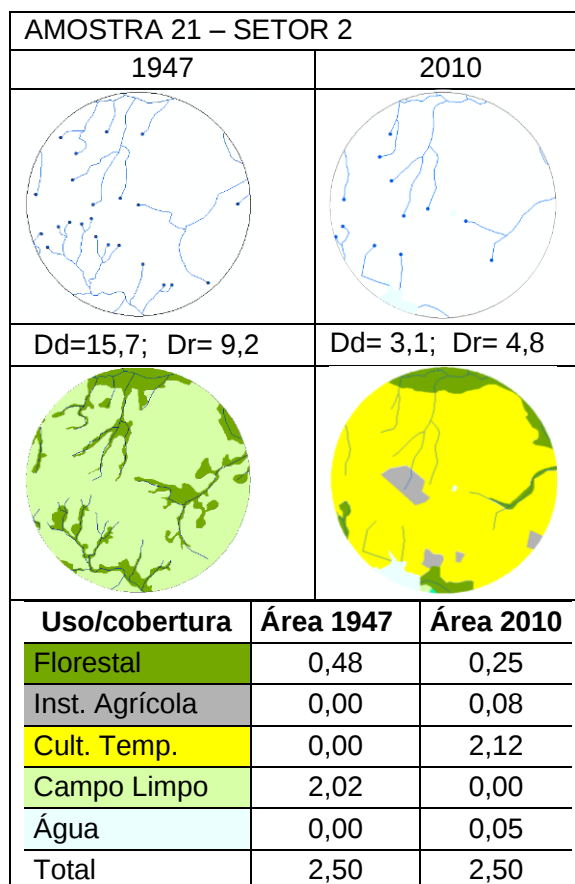


Figura 18: Conjunto da amostra 21 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Na Figura 33, visualiza-se o conjunto da amostra 21, onde nota-se que o comportamento dela segue o padrão da bacia como um todo, ou seja, apresenta diminuição em seus índices de Densidade de Drenagem (Dd) e Rios (Dr). Observa-se, entretanto a presença de pequenos reservatórios de água do no cenário de 2010.

Drásticas mudanças na Cobertura e Uso da Terra podem ter desencadeado as diminuições de Dd e Dr, pois conforme nota-se na Figura 33, os Campos Limpos que predominavam em 1947 deram lugar às Culturas Temporárias, que através de suas técnicas cada vez mais modernas de preparação do solo para cultivos acabaram por soterrar os fundos de vale, fazendo com que vários canais desaparecessem.

O conjunto da amostra 22 está representada na Figura 34:

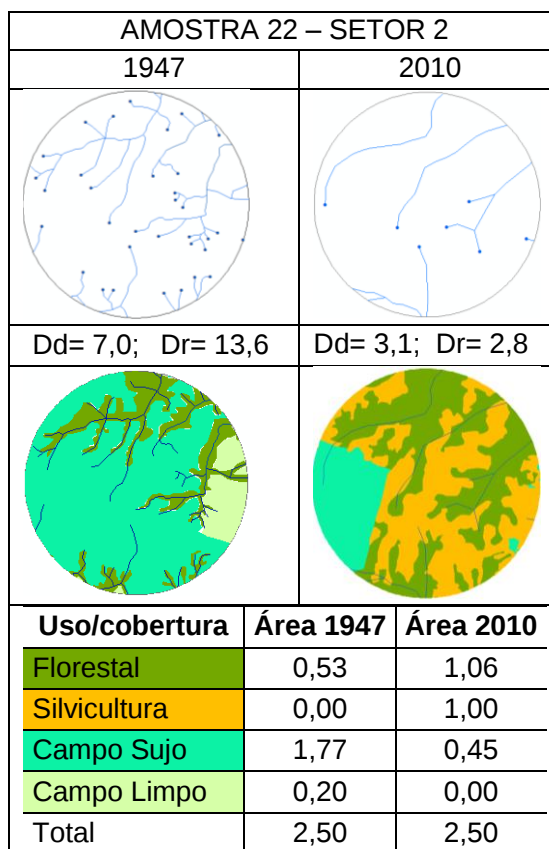


Figura 19: Conjunto da amostra 22 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Na Figura 34, visualiza-se o conjunto da amostra 22, onde nota-se que o comportamento dela segue o padrão da bacia como um todo, ou seja, apresenta diminuição em seus índices de Densidade de Drenagem (Dd) e Rios (Dr).

Embora tenha ocorrido um aumento das Áreas Florestais, a presença da Silvicultura tem destaque nessa amostra, pois ela ocupa lugares onde antes ocorriam Campos Sujos, e uma vez que é estabelecido um plantio de Silvicultura, o solo deve ser preparado antes, com terraceamentos ou aplainamentos, fazendo com que os canais fluviais sejam extintos. Embora não se percebam terraços agrícolas na área em virtude do plantio já estar em estágio bem avançado, com copa nas árvores, o próprio cultivo de Silvicultura já sugere a presença de terraços agrícolas e uma demanda muito maior de água do solo para o crescimento deste cultivo.

O conjunto da amostra 23 está representado na Figura 35:

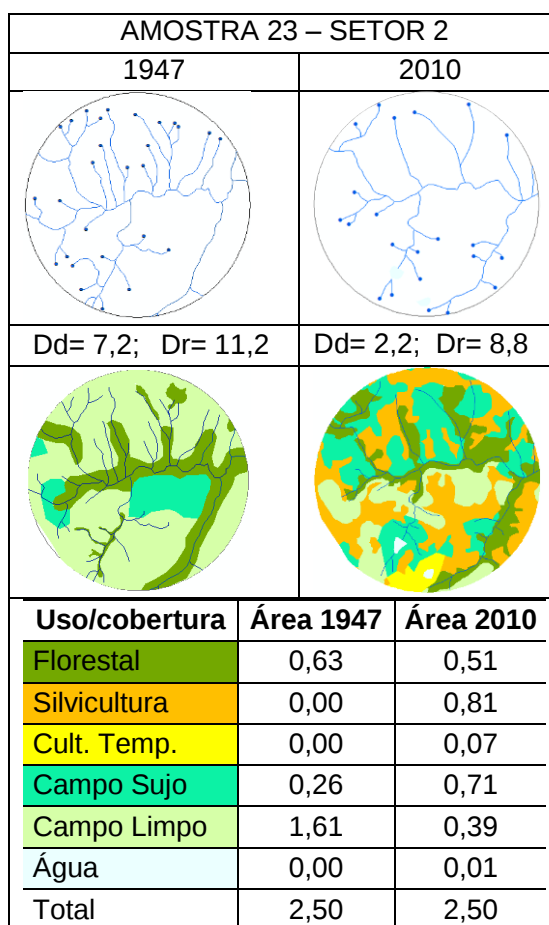


Figura 205: Conjunto da amostra 23 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

O conjunto da amostra 23 está representado na Figura 35, onde observa-se que as Densidades de Drenagem (Dd) e de Rios (Dr) seguiram o comportamento geral da bacia e tiveram seus índices diminuídos de um cenário para o outro.

No que concerne a Cobertura e Uso da Terra, várias mudanças podem ser observadas: a área florestal diminuiu, bem como os Campos Limpos. Porém nota-se a inserção da Silvicultura, Culturas Temporárias e pequenos reservatórios de água, que podem ter contribuído para uma reconfiguração do equilíbrio dinâmico da rede de drenagem.

Nota-se que as Áreas Florestais diminuiriam assim como o número de canais fluviais, provavelmente em virtude da implantação da Silvicultura, uma vez que os Campos Limpos também sofreram alterações, ou evoluíram para Campos Sujos ou tiveram suas áreas tomadas pela Silvicultura, presente em toda porção leste da bacia.

Considerações sobre o setor 2, o Setor de Transição: das 10 amostras aplicadas neste setor, oito tiveram comportamento idêntico ao da bacia como um todo. Apenas uma amostra, a amostra 14 apresentou um aumento na Densidade de drenagem (Dd), e em duas amostras, a 14 e a 18, a Densidade de Rios (Dr) aumentou, em virtude da retomada erosiva, da alteração do nível de base e também da dinâmica e uso da terra, que potencializam ou dinamizam processos naturais.

No que diz respeito a Cobertura e Uso da Terra nota-se a presença mais acentuada de Silvicultura e Culturas Temporárias, em detrimento dos Campos Sujos e Campos Limpos.

Como este é um setor de transição, é nesse setor que as mudanças começam a ser mais notadas. Ao observarmos os mapas geomorfológicos (Anexos 2 e 3) percebemos, que é nesse ponto que altitudes começam a ficar menos elevadas, as vertentes retilíneas começam a prevalecer, bem como os canais fluviais localizados em compartimentos de fundo de vale em “V” começam dar lugar aos canais fluviais localizados em compartimentos de fundo de vale planos indicando o início dos processos deposicionais em detrimento dos processos erosivos vinculados aos canais fluviais.

5.3.3. Setor Marginal ao Reservatório:

Este setor abrange uma área de 63,29 km² e concentra um total de 07 amostras circulares. São verificadas superfícies mais planas com predomínio de vertentes retilíneas e canais fluviais em compartimentos de fundo de vale plano. O uso da terra predominante é a cultura temporária. Neste setor espera-se que as alterações na configuração espacial das amostras, estejam ligadas mais diretamente ao próprio reservatório, mas sempre levando em consideração a dinâmica de Cobertura e Uso da Terra bem alterada ao redor do reservatório.

As sete amostras deste setor estão descritas abaixo.

O conjunto da amostra 24, do setor 3, está representada na Figura 36:

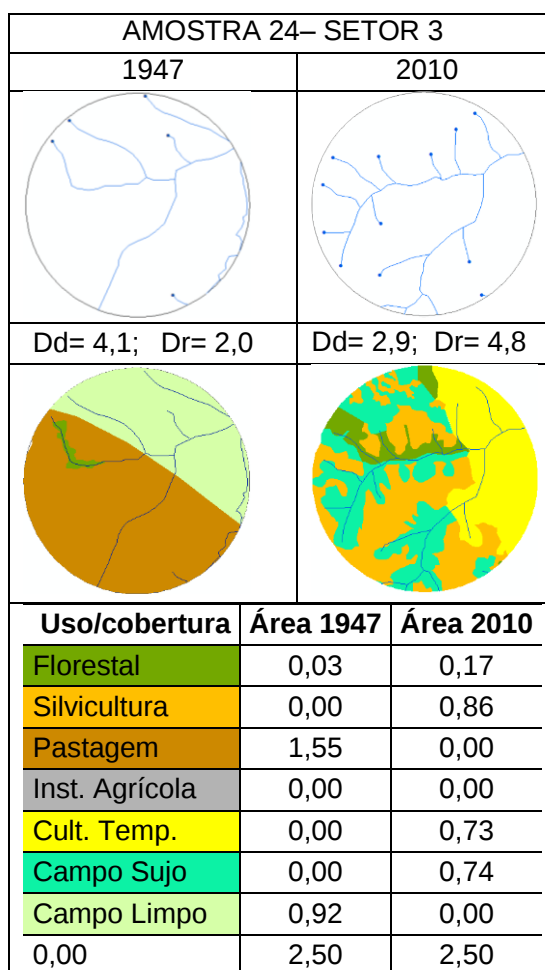


Figura 21: Conjunto da amostra 24 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Na figura 36 encontra-se o conjunto da amostra 24, pode-se notar que a Densidade de Drenagem (Dd) seguiu o padrão da bacia, porém a Densidade de Rios (Dr) teve um aumento significativo, podendo ser em virtude da retomada erosiva. Também verifica-se a presença de inúmeros canais fluviais, como pode ser observado no Anexo 3. Entretanto deve-se levar em consideração que a área florestal aumentou, e os Campos Sujos apareceram em meio às áreas de Silvicultura. Os Campos Limpos e as Pastagens foram extintos, ou seja, a configuração da dinâmica de uso e cobertura da terra foi intensamente alterada, bem como em toda porção leste da bacia, que teve como principal alteração a implantação da Silvicultura. Nota-se também áreas de Culturas Temporárias, que nesse setor é predominante, muito em virtude das baixas altimetrias que propiciam práticas agrícolas mais intensas.

O conjunto da amostra 25 está representada na Figura 36:

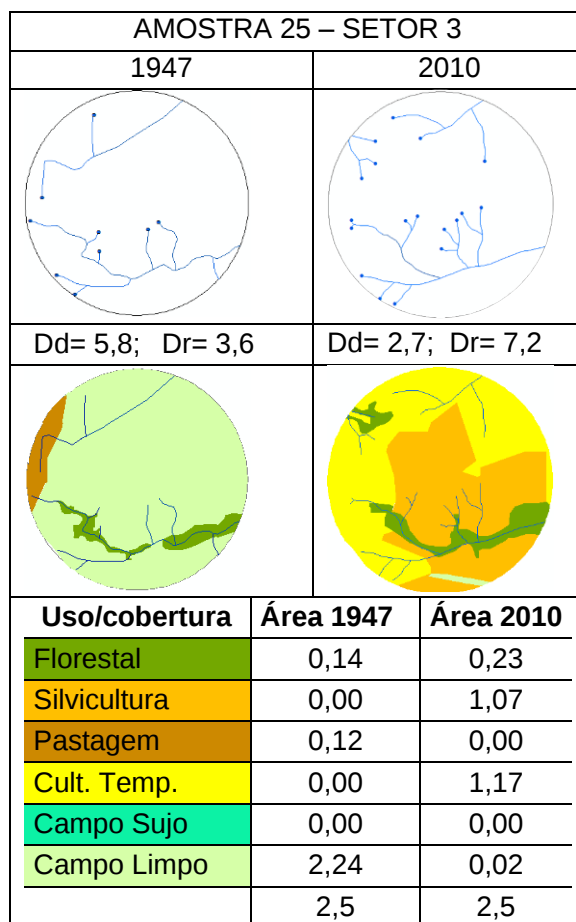


Figura 22: Conjunto da amostra 25 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

No conjunto da amostra 25 representada pela Figura 37, há um decréscimo na Densidade de Drenagem (Dd) de um cenário para outro e um acréscimo na Densidade de Rios (Dr). Isso indica fortemente que nas amostras marginais ao reservatório quem está atuando na reorganização da rede de drenagem é o próprio reservatório, em função da alteração do nível de base e mudanças no nível do lençol freático. Uma vez que o comprimento dos canais diminui, espera-se que o número de nascentes também diminua, o que não ocorre nessa amostra, pois observa-se que o número de nascentes aumenta. Se observarmos os mapa geomorfológico de 1947 (Anexo 2) notamos a presença de canais fluviais localizados em compartimentos de fundo de vale planos, ao contrário em 2010 (Anexo 3), onde predominam canais localizados em compartimentos de fundo de vale em “V”, indicando de fato uma reativação fluvial, ilustrada na Figura 38, e que pode, nesse

sentido, aumentar o número de nascentes sem necessariamente contribuir para o aumento na extensão dos canais fluviais.

No que se refere à Cobertura e Uso da Terra, as amostras também seguem o padrão do setor, com a diminuição dos Campos Limpos em detrimento das áreas de Silvicultura e Culturas Temporárias.



Figura 38: Canal fluvial de primeira ordem com presença de retomada erosiva. Felipim, T(2013).

O conjunto da amostra 26 está representada na Figura 39:

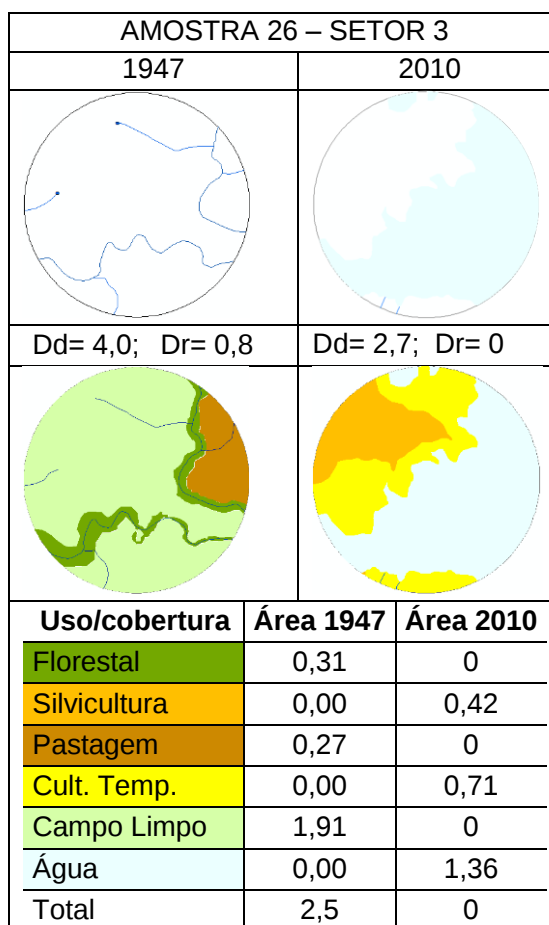


Figura 23: Conjunto da amostra 26 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Na Figura 39 está a organização do conjunto da amostra 26. Tanto as Densidades de Drenagem (Dd) e de Rios (Dr) seguiram o padrão da bacia, ambas tiveram seus índices diminuídos. Tanto que a Densidade de Rios no cenário de 2010 foi nula, pois a amostra já está abrangendo uma parte do reservatório, logo os canais fluviais que ali existiam foram alagados.

No que se refere à Cobertura e Uso da Terra, as amostras também seguem o padrão do setor, com diminuição dos Campos Limpos em prol da Silvicultura e Culturas Temporárias, no caso dessa amostra, como parte dela foi inundada, nota-se também a presença do reservatório.

O conjunto da amostra 27 está representada na Figura 40:

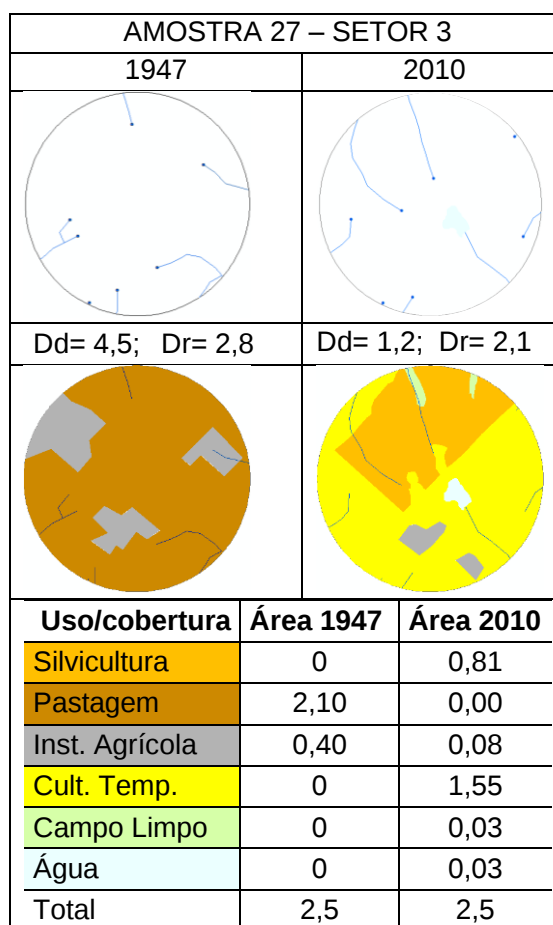


Figura 24: Conjunto da amostra 27 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Na figura 40, visualiza-se o conjunto da amostra 27, que seguiu o padrão da bacia no que diz respeito ao decréscimo nos índices de Densidade de Drenagem (Dd) e Rios (Dr).

Essa amostra encontra-se sob forte influência do reservatório, porém deve-se levar em consideração que entre um cenário e outro há um período de 63 anos que não foram analisados, logo, não existem dados das mudanças ocorridas nesse período, o que pode ter ocorrido é uma mudança logo que o reservatório fora construído, e com o passar dos anos e as práticas agrícolas que ali existiam os canais tiveram capacidade de resiliência..

A configuração da Cobertura e Uso da Terra também foi intensamente alterada, pois em 1947 a predominância nessa porção da bacia era de Pastagens e Instalações Agrícolas e em 2010 ocorrem usos como a Silvicultura, Culturas Temporárias e um pequeno reservatório.

Ressalta-se que a área onde a amostra está situada são áreas onde ocorreram assentamentos rurais, onde principal atividade econômica são lavouras de Culturas Temporárias.

O conjunto da amostra 28 está representada na Figura 41:

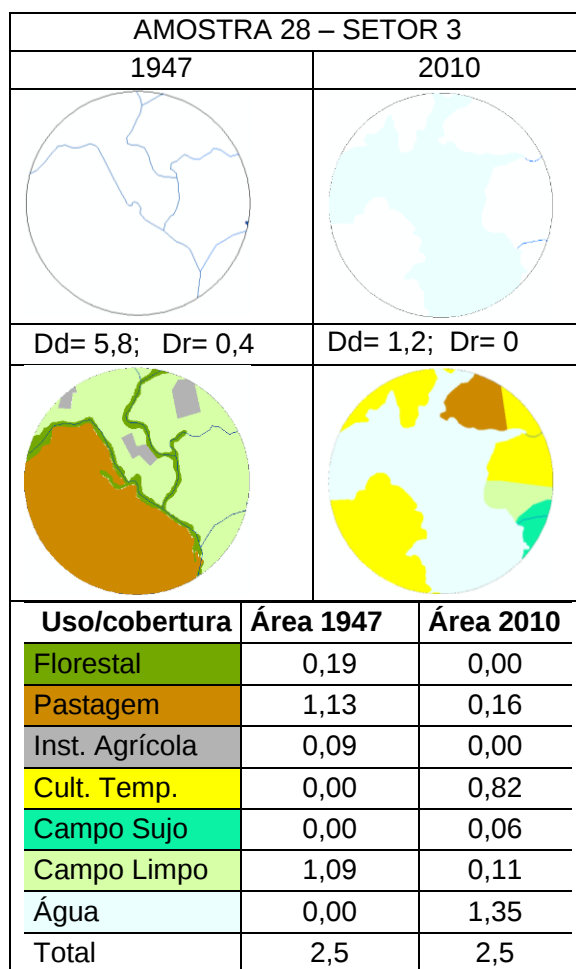


Figura 25: Conjunto da amostra 28 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Na Figura 41 está organização do conjunto da amostra 28, onde tanto as Densidades de Drenagem (Dd) e de Rios (Dr) seguiram o padrão da bacia, ambas tiveram seus índices diminuídos. A Densidade de Rios no cenário de 2010 foi nula, pois a amostra já está abrangendo uma parte do reservatório, logo os canais fluviais que ali existiam foram alagados, o mesmo ocorreu na amostra 26 (Figura 39).

No que se refere à Cobertura e Uso da Terra, a amostra apresentou diminuição dos Campos Limpos das Pastagens em prol da evolução das áreas de Culturas Temporárias, no caso dessa amostra, como parte dela foi inundada, nota-se também a presença do reservatório.

O conjunto da amostra 29 está representada na Figura 42:

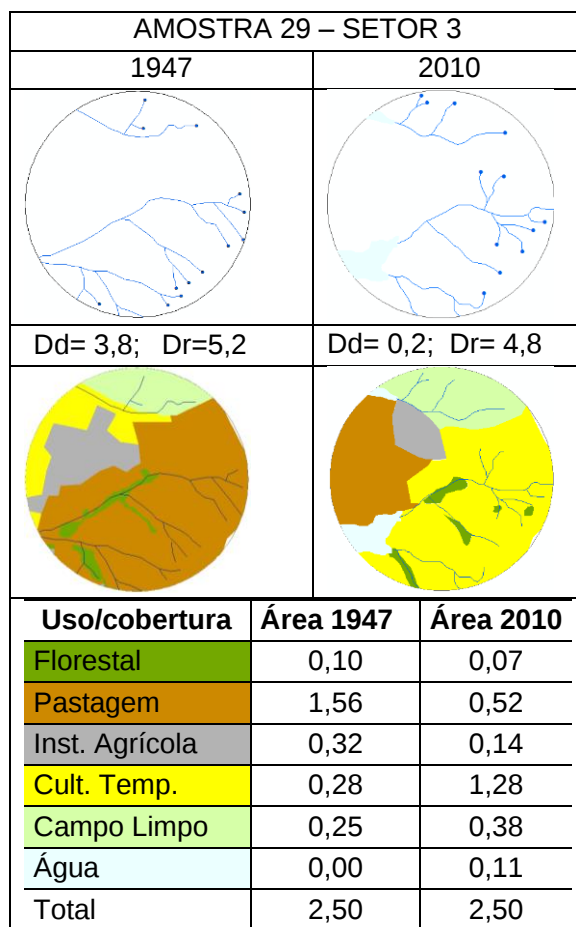


Figura 26: Conjunto da amostra 29 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Na figura 42, visualiza-se o conjunto da amostra 29, que seguiu o padrão da bacia no que diz respeito ao decréscimo nos índices de Densidade de Drenagem (Dd) e Rios (Dr).

A configuração da Cobertura e Uso da Terra também foi bastante alterada, sendo que as Pastagens tiveram sua área diminuída, as áreas de Culturas Temporárias aumentaram, as Áreas Florestais, campo limpo e Instalações Agrícolas também tiveram decréscimo. Nota-se também nessa amostra a presença de uma pequena parte do reservatório.

O conjunto da amostra 30 está representada na Figura 43:

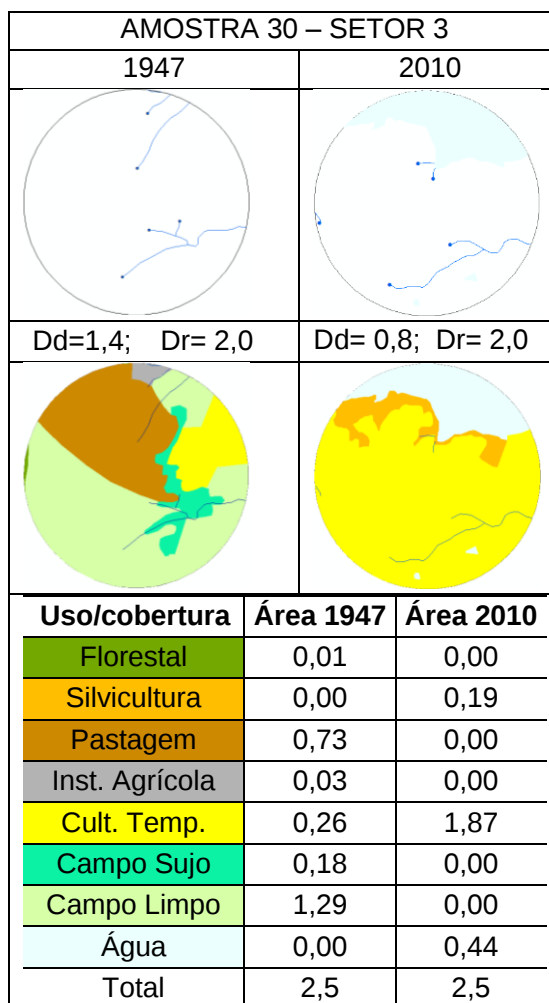


Figura 27: Conjunto da amostra 30 com dados sobre Dd, Dr e áreas de uso/cobertura da terra

Na figura 35, visualiza-se o conjunto da amostra 30, que seguiu o padrão da bacia no que diz respeito ao decréscimo no índice de Densidade de Drenagem (Dd). Já a Densidade de Rios (Dr), manteve seu índice.

A configuração da Cobertura e Uso da Terra também foi bastante alterada, pois as Pastagens tiveram sua área diminuída, as áreas de Culturas Temporárias aumentaram, os Campos Limpos, Campos Sujos e as Instalações Agrícolas foram extintos nessa amostra. Nota-se ainda nessa amostra a presença de uma pequena parte do reservatório e glebas de Silvicultura.

Considerações sobre o setor 3, o Setor Marginal ao Reservatório: depois de extraídos os resultados das amostras verificou-se que as alterações nas densidades de rios, seja com aumento, manutenção ou nulo, estão ligadas a própria construção do reservatório, que com o alagamento dos fundos de vale e alteração

do seu nível de base, desencadeou uma reconfiguração dos canais de drenagem das suas margens, seja no aumento ou diminuição das Densidades de Rios e de Drenagem.

No que tange a Cobertura e Uso da Terra, as Culturas Temporárias apresentaram uma evolução mais significativa, uma vez que nesse setor encontram-se alguns projetos de assentamentos rurais.

Cabe salientar que com trabalho de campo constatou-se que as práticas agrícolas dos assentamentos às margens do reservatório são inapropriadas, pois o plantio não é direto, ainda utiliza-se a prática de arar o solo e sem terraceamentos, não respeitando também um limite mínimo de Área de Preservação Permanente. Com isso, a tendência é que com a ação das chuvas o solo seja transportado e se deposite no fundo do reservatório de forma direta e mais dinâmica, diminuindo assim sua vida útil. Na Figura 44 pode-se observar esse manejo inadequado do solo e a inexistência de área de preservação permanente adequada na margem do reservatório.



Figura 28: Uma das margens do reservatório, sem Área de Preservação Permanente suficiente e práticas inadequadas de manejo do solo. Felipim, T. (2013)

5.4 Algumas medidas de proteção ambientais para a bacia.

Após realizadas as análises das amostras circulares e também da bacia como um todo, pode-se lançar mão de estratégias para proteção ambiental.

Segundo a Lei Nacional 9.433/97, a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Para tanto, a Lei estabelece que os Planos de Recursos Hídricos são plano diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da política nacional de recursos hídricos e serão elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o País. Devem ser de longo prazo, permitindo a execução dos programas e projetos estabelecidos e a consecução dos objetivos propostos. Em sua elaboração deve-se valorizar o processo de planejamento, de forma participativa, descentralizada e democrática, como destacado na Síntese Executiva do Plano Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL/MMA/SRH, 2006).

Segundo Leal (2012), o conteúdo básico dos planos, previsto na Lei 9.433/97, inclui: diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos; análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo; balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais; metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis; medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas; prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos; diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; e propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

Ainda de acordo com Leal (2012), o planejamento de recursos hídricos constitui um instrumento fundamental para o gerenciamento da água e da bacia hidrográfica, uma vez que pode induzir ou restringir o uso e ocupação do solo e a implantação de planos de desenvolvimento econômico em sua área de abrangência, pelo disciplinamento e controle do acesso e uso da água. Nesse sentido, gerenciar águas e bacias hidrográficas exige que se considerem diversos processos naturais e sociais interligados, com abordagem holística e sistêmica, visando compatibilizar o

uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas com a garantia de disponibilidade de água para a sustentabilidade do desenvolvimento econômico, social e ambiental.

As medidas que forem tomadas devem levar em consideração também uma abordagem sistêmica, onde os elementos do sistema físico-ambiental estejam interligados com os elementos socioeconômicos, tendo em vista que um sistema sofre interferências diretas e indiretas.

Outro fator importante na hora de um bom planejamento para proteção ambiental é ter mente a interrelação delicada entre o uso da terra, a rede de drenagem e a construção do reservatório. E ainda ter presente a concepção de que existe uma interligação entre as cabeceiras, a média bacia, a baixa bacia e a foz. Isso significa que qualquer estratégia implica no uso dos recursos naturais e atividades antrópicas devem ser planejadas dentro dos limites naturais da bacia e não nos limites políticos.

Observou-se pelas análises dos mapas e das amostras circulares, que algumas medidas podem ser adotadas, como: preservação da mata ciliar no entorno das nascentes, controle da erosão com manejo do solo e práticas agrícolas adequadas, evitar desmatamento, imposição de restrições ao uso da terra principalmente nas margens do reservatório a fim de prolongar sua vida útil e também implantar uma Área de Preservação Permanente eficaz.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois de analisados os resultados provenientes dos produtos cartográficos, pode-se estabelecer algumas considerações finais, pertinentes ao trabalho, aos objetivos propostos, bem como para as hipóteses lançadas para essa pesquisa.

O objetivo geral da pesquisa que era identificar e analisar as alterações morfohidrográficas na bacia do Arroio Chasqueiro, decorrentes do barramento imposto ao sistema fluvial e da dinâmica de cobertura e uso das terras em dois cenários distintos: 1947 e 2010 foi atingido, pois: (a) os mapeamentos foram realizados com êxito e possibilitaram *identificar* as alterações morfohidrográficas que ocorreram na bacia do Arroio Chasqueiro, tanto na rede de drenagem e na geomorfologia quanto na Cobertura e Uso da Terra, fato que possibilitou (b) *analisar* as alterações no âmbito geral da bacia e também em setores onde foram distribuídas amostras circulares, com o intuito de verificar possíveis variações das alterações gerais constatadas.

Quanto aos objetivos específicos:

(1) Identificar as principais formas do relevo da área, com ênfase às feições que expressam maior dinâmica erosiva, a partir de mapeamentos geomorfológicos dos anos de 1947 e 2010. Considera-se o objetivo alcançado, pois, ao realizar os mapeamentos geomorfológicos buscou-se, sobretudo no cenário de 2010,

evidenciar as formas erosivas, como os sulcos e colos erosivos, mudanças nos divisores suaves e agudos e nas rupturas topográficas suaves e abruptas que puderam ser quantificadas durante a análise dos resultados para fins de verificação das alterações ocorridas.

(2) Avaliar a Densidade de Rios (D_r) e a Densidade de Drenagem (D_d) da bacia do Arroio Chasqueiro em dois cenários distintos (1953 e 2011). Considera-se que o objetivo proposto foi alcançado, pois após terem sido elaborados os mapas geomorfológicos pode-se mensurar e avaliar o comprimento total da rede de drenagem e o número de nascentes, para posteriormente compreender os índices de Densidade de Rios e de Drenagem para a bacia como um todo e para as amostras circulares dispostas nos diferentes setores da bacia. O comportamento geral da bacia foi de redução nos índices das Densidades de Drenagem e Densidade de Rios, quando comparados de um cenário para outro, evidenciando as relações destas alterações com as modificações diretas e indiretas impostas ao sistema morfohidrográficos.

(3) Obter dados sobre a Cobertura e Uso da Terra nos cenários de 1947 e 2010, a fim de analisar a interferência do processo de ocupação na alteração da configuração espacial dos canais de drenagem da bacia do Arroio Chasqueiro. Objetivo alcançado com êxito, pois os mapas de Cobertura e Uso da Terra apontaram para mudanças significativas de um cenário para outro, sendo que no cenário de 2010 o predomínio dos usos é evidente, sobretudo das Culturas Temporárias, em detrimento das coberturas regionais típicas como os campos limpos e sujos. Ainda assim é importante destacar o aumento nas áreas Florestais, que contribuem na manutenção do equilíbrio dos canais fluviais.

As considerações finais desta pesquisa também podem ser realizadas fazendo referência às hipóteses que foram lançadas.

Hipótese 1- O barramento do sistema fluvial da bacia do Arroio Chasqueiro desencadeou mudanças nos índices de Densidade de Rios e de Drenagem. Essa hipótese foi considerada *Parcialmente Comprovada*, pois, dinâmica de Cobertura e Uso da Terra verificada na bacia hidrográfica foi bastante significativa e pode ter contribuído de forma mais decisiva nas alterações verificadas. Entretanto, nas superfícies próximas do reservatório ocorreram mudanças nas densidades de drenagem e de rios que podem significar um reajuste dos canais às mudanças no nível de base e possíveis modificações no nível do lençol freático. Considera-se, no

entanto, que seja pouco viável que somente o barramento tenha desencadeado o conjunto total de alterações na rede de drenagem verificado a partir dos mapeamentos.

Hipótese 2 – A interceptação do sistema de drenagem da bacia do Arroio Chasqueiro foi responsável pela reorganização dos perfis transversais dos canais fluviais com ampliação dos segmentos de canal localizados em compartimento de fundo de vale plano, indicando aumento nos processos de sedimentação.

Hipótese *Parcialmente Comprovada*. Embora tenham ocorrido alterações espaciais significativas na rede de drenagem e nas formas do relevo (destacadas nos mapeamentos geomorfológicos), não ocorreu a esperada ampliação dos segmentos de canais fluviais localizados em compartimento de fundo de vale plano e sim um decréscimo dos mesmos com significativa evolução dos segmentos de canal fluvial localizados em compartimentos de fundo de vale com seção transversal em “V”, fato que indica retomadas erosivas em vários pontos da bacia. Cabe destacar, no entanto, que a diminuição dos canais localizados em compartimentos de fundo de vale com seção transversal plana se deu também em função do alagamento causado pelo reservatório Chasqueiro.

Hipótese 3 – A reorganização da rede de drenagem em função do barramento imposto desencadeou a evolução de feições do relevo que indicam maior dinâmica erosiva.

Hipótese *Parcialmente Comprovada*, pois verificou-se que a evolução das feições erosivas, em sua maioria, está atrelada ao uso da terra, pois as técnicas para cultivo do solo muitas vezes desencadeiam ou dinamizam processos erosivos que se dá sobretudo com a retirada da cobertura vegetal original deixando solo exposto por muitas vezes deixando-o mais suscetível a erosão.

Entretanto foi verificado através dos mapeamentos e de trabalho de campo que em alguns canais das margens do reservatório, estão ainda se ajustando à alteração do nível de base, fazendo com que esses canais sofram uma retomada erosiva, que possivelmente esteja ligada diretamente ao reservatório.

Hipótese 4 – A rede de drenagem será um indicador geoambiental para a bacia do Arroio Casqueiro na análise das alterações desencadeadas pela ação antrópica dentro da escala de tempo histórica;

Ao elaborar a pesquisa lançou-se a ideia de geoindicadores ambientais para avaliar as alterações na escala de tempo humana, em até 100 anos. Como o período analisado desde o cenário de morfologia original até o cenário de morfologia antropogênica é de 63 anos, a proposta dos geoindicadores se encaixou de forma adequada à proposta.

Ao analisar as redes de drenagem a partir dos mapas geomorfológicos de 1947 e 2010, verificam-se mudanças: houve uma diminuição no número das nascentes, no comprimento dos canais fluviais e canais pluviais, sendo verificadas também diferenças na configuração espacial dos canais. Logo, constata-se que eles sofreram muitas alterações possivelmente atreladas à construção do reservatório.

Os geoindicadores segundo definição da OCDE (1993) devem ser aplicados num tripé de estado-pressão-resposta. Neste sentido, para considerar o estado da bacia, deve-se compreender o cenário de morfologia original, onde as características da bacia ainda não passaram por alterações significativas em função da ação antrópica. Como pressão considera-se o conjunto de intervenções antrópicas diretas e indiretas que a bacia sofreu com a construção do reservatório e a partir da dinâmica de Cobertura e Uso da Terra, onde todo sistema morfohidrográfico foi obrigado a buscar um novo perfil de equilíbrio. Por fim, a reposta corresponde aos ajustamentos do sistema morfohidrográfico decorrentes destas ações antrópicas, podendo ser mensuradas quantitativamente e qualitativamente, já em um cenário de morfologia antropogênica.

Assim, como pode-se medir o comprimento da rede de drenagem, compará-la entre os cenários e constatar alterações em escala de tempo humana ligadas às atividades antrópicas, pode-se dizer que a aplicação de geoindicadores como avaliador dessas mudanças *Comprova* esta hipótese.

Hipótese 5 – A dinâmica de Cobertura e Uso da Terra na bacia do Arroio Chasqueiro teve papel coadjuvante na alteração espacial dos canais fluviais, sendo que o barramento realizado interferiu de forma mais decisiva na reorganização do sistema de drenagem da área.

Hipótese *Parcialmente Comprovada*, pois, ao analisar os mapas de Cobertura e Uso da Terra (Anexos 4 e 5) verificam-se mudanças expressivas. Houve uma predominância dos usos em detrimento das coberturas da terra no cenário de 2010, assim, não é possível afirmar que a dinâmica de uso da terra teve papel coadjuvante na alteração espacial dos canais fluviais, sobretudo na média bacia, onde nota-se

uma transição das coberturas para os usos atrelados às Culturas Temporárias vinculadas à organização de assentamentos rurais. Logo, como as práticas agrícolas para cultivo do solo são muitas vezes hostis, elas acabam por soterrar fundos de vale, comprometendo a integridade dos canais fluviais.

Ressalta-se também que nas margens do reservatório, embora a configuração de uso da terra esteja bastante alterada, as mudanças da reorganização da rede estão ligadas mais diretamente ao reservatório do que ao uso da terra.

Acredita-se que a presente pesquisa contribuiu para a compreensão das alterações morfohidrográficas em áreas com predomínio de atividades antrópicas agropastoris e controladas por reservatórios para o abastecimento agrícola. Considera-se também a necessidade da existência de mapeamentos intermediários aos levantamentos realizados, a fim de compreender como estas alterações morfohidrográficas foram ocorrendo ao longo dos 63 anos. A existência de cenários intermediários poderia reforçar ainda mais a análise das alterações ambientais pautadas nos geoindicadores, pois seria possível compreender a magnitude dos processos de diminuição nas densidades de drenagem e de rios que foram verificadas, uma vez que distintos ciclos socioeconômicos ocorreram e tiveram impactos nas atividades agropastoris da área ao longo das seis décadas que separam um cenário do outro.

Por fim, destaca-se a importância de estudos que relacionem a abordagem antropogeomorfológica com o uso de geoindicadores na análise de alterações ambientais dinamizadas pelo homem. Esta questão ganha ainda mais destaque em estudos realizados em áreas com o predomínio de atividades rurais, pois, tanto a Antropogeomorfologia como os estudos pautados na utilização de geoindicadores sempre tiveram maior espaço em ambientes urbanos onde as alterações são mais severas e intensas em curtos períodos de tempo. Avaliar a potencialidade de análises antropogeomorfológicas a partir do uso de geoindicadores em áreas rurais constitui em desafio às pesquisas geográficas no entendimento da dinâmica de sistemas naturais controlados por mecanismos diferentes daqueles reconhecidos em ambientes urbanos, e reconfigurados sazonalmente em função de sua relação direta com os ciclos das práticas agrícolas.

7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABTCP. Conhecendo seu papel – Uma visão geral sobre fabricação e utilização – 3ª edição – Ripasa O papel – Revista Mensal de Tecnologia em celulose e Papel – abril/2006

ABLER, R.; ADAMS, J. S.; GOULD, P. **Spatial Organization:** the geographer view of the world. Englewood Cliffs: Prentice-hall, 1971. 587 p.

BARROS, L.G.M **O Uso dos Sistemas na Geografia – esboço metodológico.** REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V. 1, N.4, p. 59 – 68, 2012.

BERGER, A. Introduction to geoindicator checklist. In: Berger. A. & Iams. W. J. (eds.).**Geoindicators: assessing rapid environmental changes in Earth systems.** Rotterdam,A. Balkema, 1996. p. 466.

BOTELHO, R.G.M; SILVA, A.S. **Bacia Hidrográfica d qualidade Ambiental.** In: Reflexões Geografia Física no Brasil. Org: Vitte, A.C; GUERRA, A.J.T. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

BRASIL. Ministerio das Minas e Energia. Secretaria Geral. Programa de Integração Regional. **RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais.** Folha SH. 22

Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguaiana e SI 22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro, 1986. v. 33.

BRIGUENTI, E. C. **O Uso de Geoindicadores na Avaliação da Qualidade Ambiental da Bacia do Ribeirão Anhumas, Campinas/SP**. 2005, 179 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - IG/UNICAMP, Campinas, 2005

BROWN, E. H. **O homem modela a Terra**. *Boletim Geográfico*. v. 30, n. 222, 1971. (p. 1 –18).

BUZATO, E. **Avaliação de Impactos Ambientais no município de Ubatuba: uma proposta a partir dos geoindicadores**. 2012. Tese (Doutorado): Departamento de Geografia da faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

CANIL, K. **Indicadores para monitoramento de processos morfodinâmicos: aplicação na bacia do ribeirão Pirajuçara (SP)**. 2006. 152f. Tese (Doutorado): Departamento de Geografia da faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006

CAPELLARI, B. **Aplicação de Geoindicadores na Bacia do sistema hidrográfico Arantes- São Domingos, MG**, 2011. Tese (Doutorado): Departamento de Geografia da faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo:Ed. Contexto. 1991. 147 p.(Coleção Caminhos da Geografia).

CHORLEY, R. J. **A geomorfologia e a teoria dos sistemas gerais**. *Notícia Geomorfológica*, Campinas, v. 11, n. 21, p. 3 – 22, jun. 1971.

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B.A. **Physical Geography: A Systems Approach**. Londres: Prentice Hall, 1971

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Bluncher, 1999. 236p.

_____. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Bluncher, 1980

COLTRINARI, L. **As mudanças ambientais globais e geoindicadores**. Pesquisas em Geociências v. 28 (2): 307-314, 2001.

CONCEIÇÃO, F. Documentário Arroio Grande. Prefeitura Municipal de Arroio Grande, 2010

CUNHA, C. M. L. **A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental**. 2001. 128f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001

CUNHA, N. G da; SILVEIRA, R.J da C; SEVERO, C.R.S. **Estudo dos Solos do município de Arroio Grande**- Pelotas :EMBRAPA/CPACT; Ed. UFPel, 1996.

DREW, D. **Processos interativos Homem-Meio Ambiente**. São Paulo: DIFEL, 1986. 206 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2009.xxvi, 412p.

FELIPIM, T. **O uso de anaglifos digitais como subsídio para elaboração de mapeamentos geomorfológicos na bacia do Arroio Chasqueiro – RS**. XV Encontro de Pós-Graduação 2013 – UFPEL

GREGORY, K. J. **A Natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.367 p.

GUERRA. A. J. T; CUNHA, S. B da (org) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4ª Ed. – Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, 2001.

HASENACK, H.; WEBER, E. (Org.). Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRS-IB-Centro de Ecologia, 2010. 1 DVD- ROM. (Série Geoprocessamento, 3).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico uso da terra**. 2ª Ed. Brasília: IBGE, 2006. 91p. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 7)

LAMBIM, E.F.; GEIST, H.J.; LEPEERS, E. Dynamics of land use and land-cover – change in tropical regions. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28, p. 205-241, 2003.

LIMBERGER, L. **Abordagem sistêmica e complexidade na geografia**. Geografia - v. 15, n. 2, jul./dez. 2006. Disponível em <http://www.uel.br/revistas/geografia>

LISBÔA, T. H. C. **Os depósitos tecnogênicos e a alteração da linha de costa do distrito sede de Florianópolis/SC**. 2004, 96 f. Dissertação (Mestrado). Curso de mestrado em Geografia do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina. UFSC/Florianópolis, 2004

McMaster, R.B; SHEA, K.S. **Generalization in Digital Cartography**. Washington, DC: Association of American Geographers, 1992.

MENDES, A.M. **Barragem do Chasqueiro, Arroio Grande, RS – da construção aos desafios atuais de gestão de recursos hídricos**. UFPel, 2010 – Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia)

MOLETTA, I.M. **Área degradada pela extração de areia: um estudo da derivação da paisagem no Bairro Umbará**, 2005. DISSERTAÇÃO Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, 2005.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Jerusalém: Ketem Pub. House, 1983.

NUNES, B. A.; RIBEIRO, M. I. C.; ALMEIDA, V. J. et al. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1995. 112p.

OECD. **Core set of indicators for environmental performance reviews**. OECD, Paris. 1993.

OLANDA, R. B de. **Produção de sementes de trevo vesiculoso como alternativa econômica para os sistemas de produção em projeto de reforma agrária: o caso do Assentamento Novo Arroio Grande, Arroio Grande/RS**. Dissertação (Mestrado) – PPG em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, UFPel. Pelotas, 2008.

PARK, C. C. **Man-induced changes in stream channel capacity**. In: GREGORY, K. J. River channel changes. Chichester: Wiley, 1977. 8, p. 121-144

PELOGGIA, A. U. G. As cidades, as vertentes e as várzeas: a transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v.16, p. 24-31, 2005

PEREIRA, U. C. **PAISAGEM ALTERADA**: o homem como agente geomorfológico - mudança no relevo através da mineração em Minaçu (GO). Espaço Revista , vol. 15 nº 1 jan/jun.2013.

PEREZ FILHO, A.; SOARES, P.R.B.; ESPÍNDOLA, C.R. Processos erosivos e reativação de canais de drenagem no planalto ocidental paulista. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 9, 2001, Recife. **Anais...**Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2001. V.1.

PESAVENTO, S. J. **História do Rio Grande do Sul**. 8. ed. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1997. 142 p. Revisão.

PINTON, L.G; CUNHA, C.M.L. **Avaliação da dinâmica dos processos erosivos lineares e sua relação com a evolução do uso da terra**. Geociências . (São Paulo) vol.27 no.3 São Paulo , 2007

RODRIGUES, C. Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, 17 (2005) 101-111.

RODRIGUES, T. R. I. Influência de reservatórios hidrelétricos na gênese e evolução da rede de drenagem no baixo curso do Rio São José dos Dourados (SP) -- Campinas, SP: [s.n.], 2006 (Tese de Doutorado)

ROOS, J.L.S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 7ª ed – São Paulo: Contexto, 2003.

RUFINO, R. C. **Avaliação da qualidade ambiental do município de Tubarão (SC) através do uso de indicadores ambientais**. 2002. 107f. Dissertação (mestrado): UFSC. Florianópolis, 2002.

SANTOS FILHO. **Antropogeomorfologia Urbana**. In: GUERRA, A. J. T. (org.) Geomorfologia Urbana. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2011.

SANTOS, R.F. **Planejamento Ambiental, teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SIMON, A. L. H. A dinâmica de uso da terra e sua interferência na morfohidrografia da bacia do Arroio Santa Bárbara – Pelotas (RS) - Rio Claro: 2007. (dissertação de Mestrado).

_____. Influência do reservatório de Barra Bonita sobre a morfohidrografia da baixa bacia do Rio Piracicaba – SP: contribuições à geomorfologia antropogênica – Rio Claro: 2010 (Tese de Doutorado)

SOMBROEK, W. G. **Soil Studies in the Merin Lagoon Basin: Merin Z`3 lagoon regional project. Treinta y Tres**:CLM/PNUD/FAO, 1969 v.1.

SOUZA, T.A; Oliveira, C.O. Avaliação da potencialidade de imagens tridimensionais em meio digital para mapeamento geomorfológico. REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.2, N.4, p.1348 – 1355, 2012.

TOMMASELLI, A. M. G. Fotogrametria Básica. Presidente Prudente: UNESP. Disponível em:

http://www4.fct.unesp.br/docentes/cartotomaseli/Fotogrametria_1/apostila.php

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, SUPREN. 1977. 97p.

_____. **Principles ET méthodes de la géomorphologie**. Paris: Maisson, 1965. 469p.

VALE, C. C. **Séries geomórficas costeiras do estado do Espírito Santo e os habitats para o desenvolvimento dos manguezais: um visão sistêmica**. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. 2004.

VERSTAPPEN, H.T.; ZUIDAN, R.A van. **ITC system of geomorphological survey: manual ITC textbook**. Enshebe: 1975. V. 1

ANEXOS

ANEXO 1: Base cartográfica da Alta e Média Bacia do Arroio Chasqueiro – RS

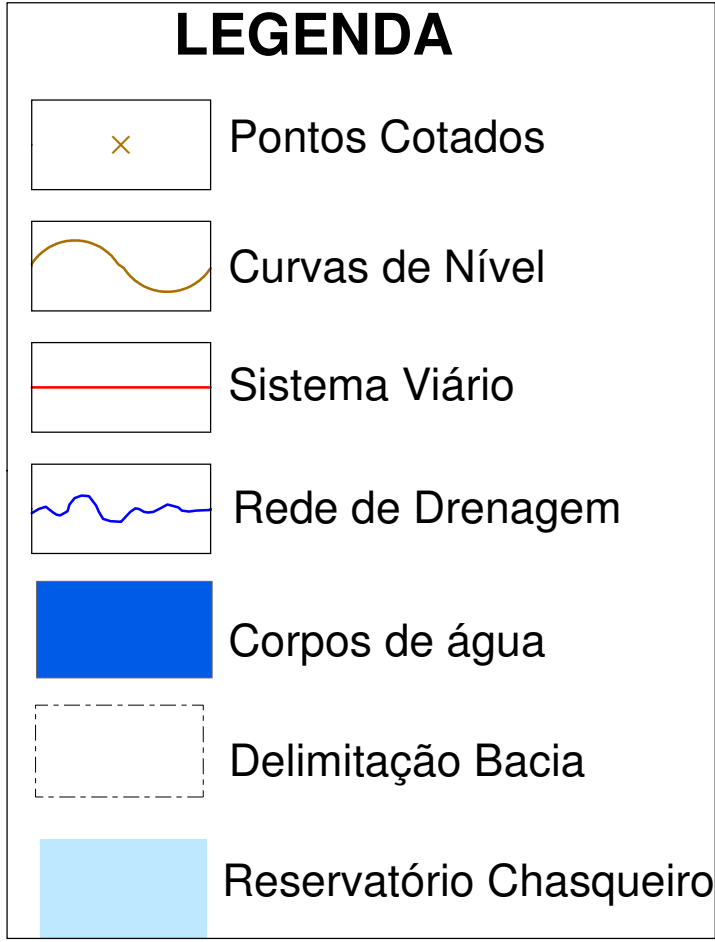
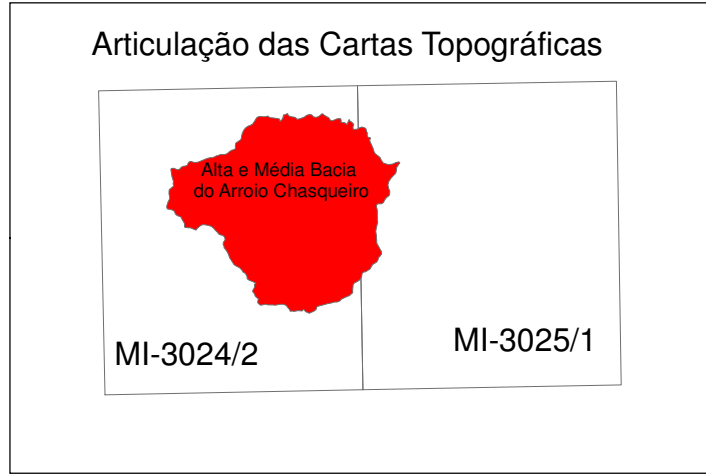
ANEXO 2: Mapa Geomorfológico da Alta e Média Bacia do Arroio Chasqueiro – RS (1947)

ANEXO 3: Mapa Geomorfológico da Alta e Média Bacia do Arroio Chasqueiro – RS (2010)

ANEXO 4: Mapa de Cobertura e Uso da Terra da Alta e Média Bacia do Arroio Chasqueiro – RS (1947)

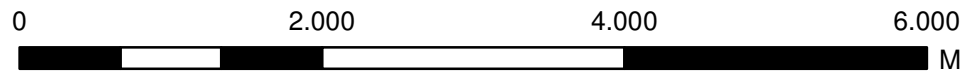
ANEXO 5: Mapa de Cobertura e Uso da Terra da Alta e Média Bacia do Arroio Chasqueiro – RS 2010

BASE CARTOGRÁFICA DA ALTA E MÉDIA BACIA DO ARROIO CHASQUEIRO ARROIO GRANDE - RS

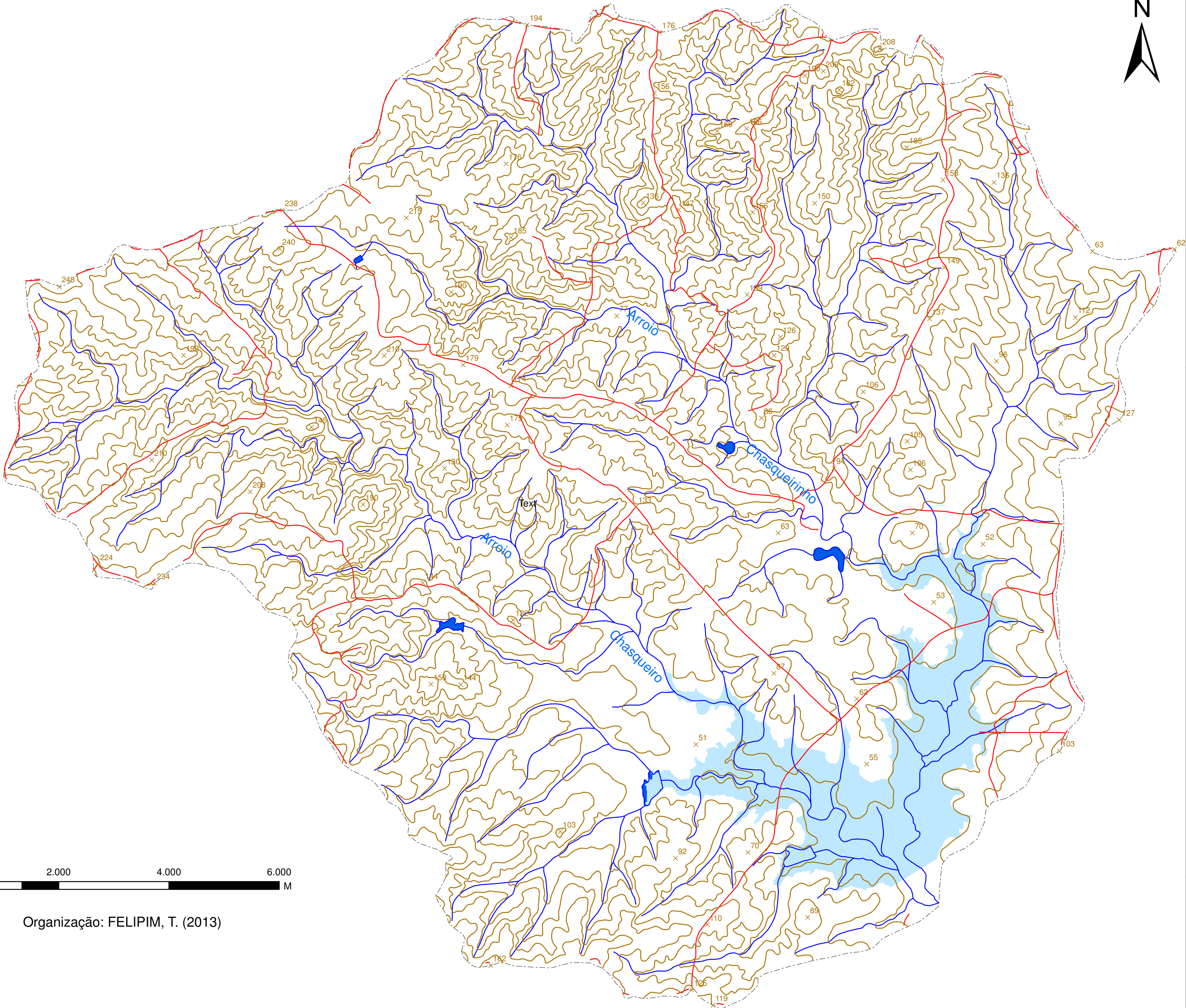


Equidistância das curvas de nível: 20m
Projeção Universal Transversa de Mercator. Fuso 22S
Datum Vertical: Marégrafo de Torres
Datum Horizontal: Córrego Alegre

Fonte: DSG - 1975. Cartas topográficas 1:50.000
Folha Arroio Grande (SI-22-A-II-2)
Folha Matarazzo (SI-22-V-A-III-1)



Organização: FELIPIM, T. (2013)



53°15'0"W

53°10'0"W

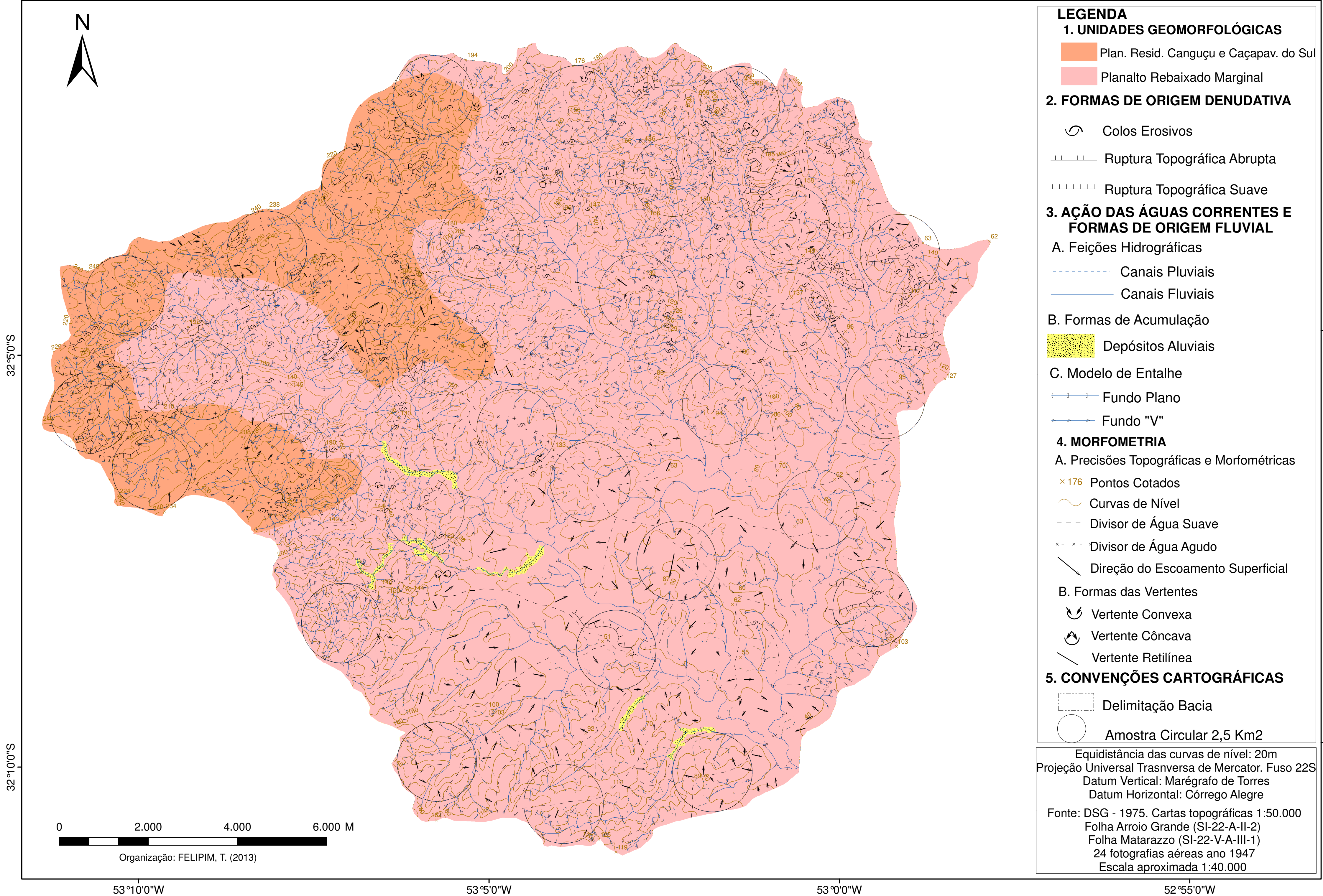
53°5'0"W

53°0'0"W

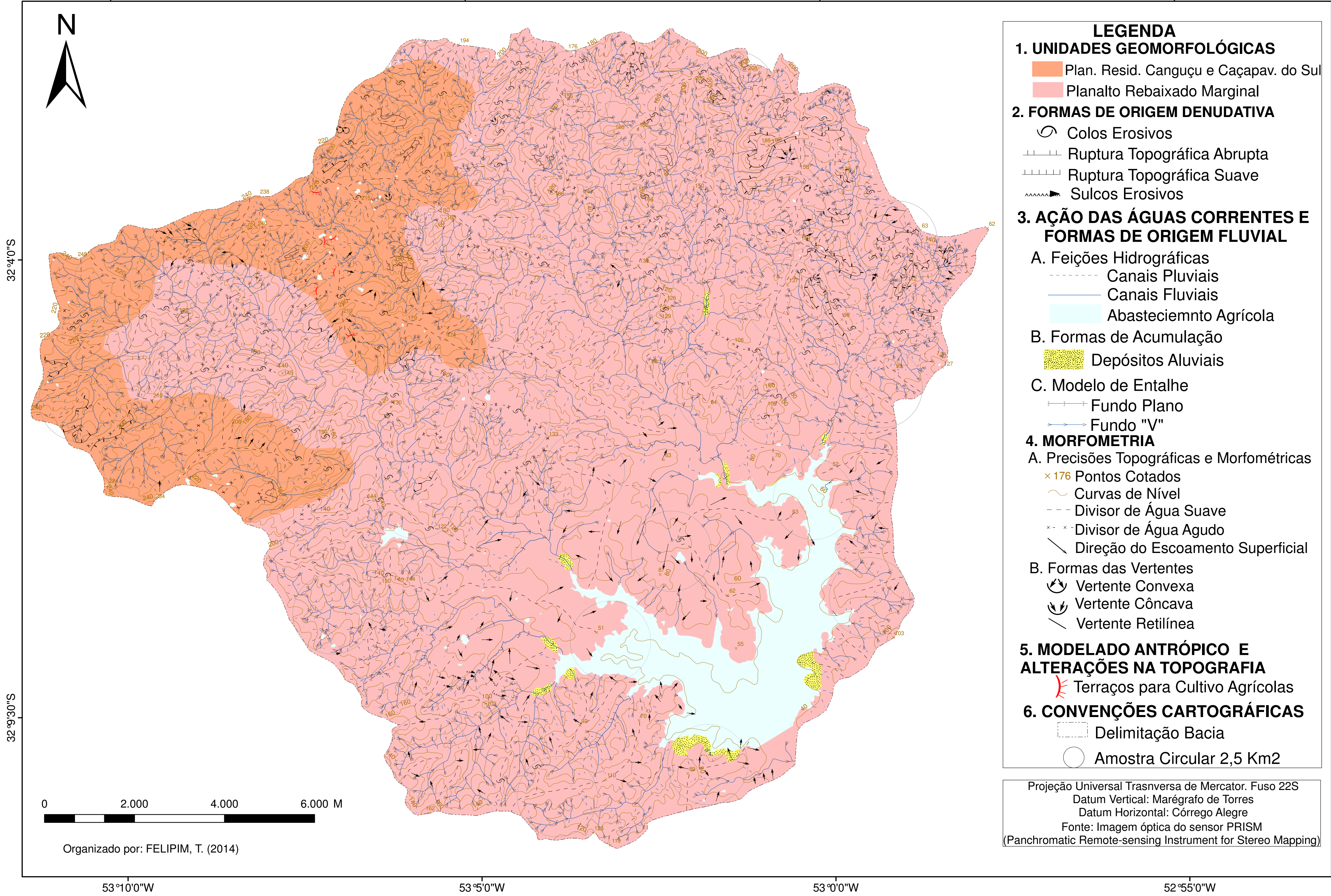
32°5'0"S

32°10'0"S

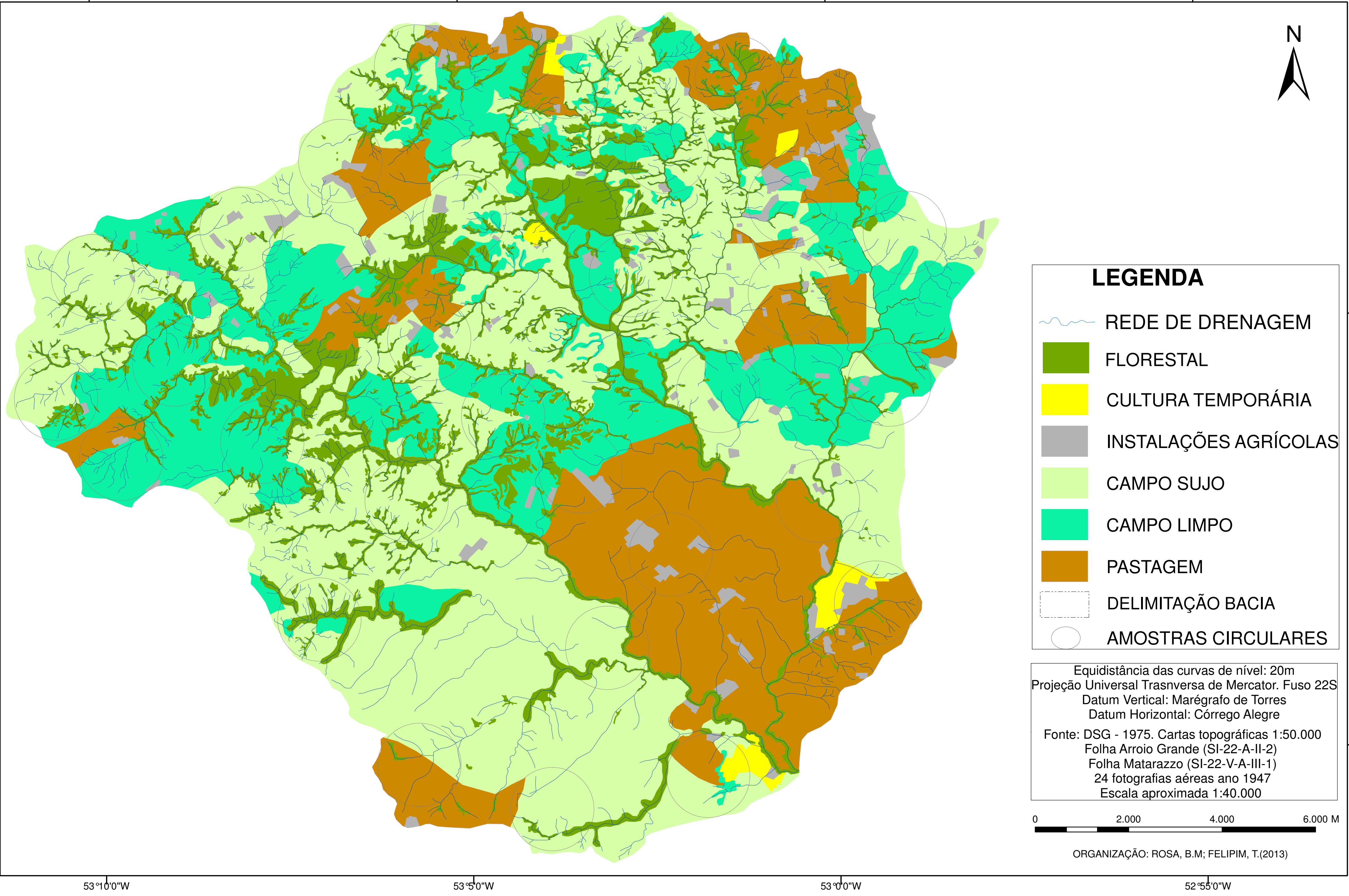
MAPA GEOMORFOLÓGICO DA ALTA E MÉDIA BACIA DO ARROIO CHASQUEIRO - RS (1947)



MAPA GEOMORFOLÓGICO DA ALTA E MÉDIA BACIA DO ARROIO CHASQUEIRO - 2010



MAPA DE COBRERTURA E USO DA TERRA DA ALTA E MÉDIA BACIA DO ARROIO CHASQUEIRO - RS (1947)



MAPA DE COBERTURA E USO DO SOLO DA ALTA E MÉDIA BACIA DO ARROIO CHASQUEIRO (2010).

